МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение сельскохозяйственных наук РАН

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

300 лет Российская Академия Наук

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук

2-4 октября **2023** год

КУРСК 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение сельскохозяйственных наук РАН

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук
2-4 октября 2023 года

Курск – 2023

УДК 631.5/.9:631.6.02(042)
DOI 10.18411/ isbn 978-5-6050675-5-9

Перспективные направления рационального землепользования и цифровизация земледелия. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летиюРоссийской академии наук. Курск, 2-4 октября 2023 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023. – 523 с.

Представленные в сборнике доклады посвящены современным проблемам рационального землепользования, цифровизация земледелия, управления плодородием почв, защиты почв от эрозии. Сборник включает 125 доклада из основных регионов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья: Азербайджана, Беларуси, Молдовы и Казахстана. Важное внимание уделено перспективным направлениям рационального землепользования в ландшафтах, ресурсосбережению, энергосбережению и интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия. Предложены инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Рассмотрены проблемы цифровизации в сельском хозяйстве, пути их решения, развитие отечественных цифровых технологий в землепользовании, перспективные направления цифровизации инженерной сферы АПК, современные тренды развития информационных технологий в агробизнесе. Представлены перспективы биологизации и экологизации земледелия, воспроизводства почвенного плодородия, разработки систем управления плодородием почв в агроландшафтах, оценки состояния здоровья почвы по показателям её плодородия. Показано использование цифровых технологий, интегрального индекса биологического состояния для агроэкологической оценки почв, определение зон потенциального плодородия почвы методом кластерного анализа данных сплошного агрохимического обследования. Рассмотрено современное состояние эрозии почв, диагностические критерии степени деградации эродированных почв и улучшения их плодородия. Показано влияние главных природных факторов на формирование поверхностного стока талых вод в Лесостепной зоне. Дана оценка динамики площадей противоэрозионных и полезащитных лесных насаждений с применением геоинформационных систем.

Сборник представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов ВУЗов, ССУЗов сельскохозяйственного и биологического профиля, работников АПК и специалистов агрохозяйств всех форм собственности.

Редакционная коллегия:
А.В. Гостев, директор ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
доктор сельскохозяйственных наук.
Д.В. Дубовик, первый заместитель директора ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук.
Н.П. Масютенко, руководитель ВНИИЗиЗПЭ - структурного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ», профессор, доктор сельскохозяйственных наук.

Ответственные за выпуск:
Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. Отделом.
М.Ю. Дегтева, учёный секретарь ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
кандидат биологических наук.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов.**
Перевод **Л.Е. Тарасовой.**

ISBN – 978-5-6050675-5-9

© ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023 г.

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
THE RUSSIAN FEDERATION

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences

Committee of Agro-Industrial Complex of Kursk Region

Federal State Budgetary Scientific Institution
«FEDERAL AGRICULTURAL KURSK RESEARCH CENTER»

CURRENT PROBLEMS OF CONSERVATION FARMING

Proceedings
of the VII International Scientific and Practical Conference
October 2-4, 2023

Kursk-2023

UDC 631.5/9:631.6.02(042)
DOI 10.18411/isbn 978-5-6050675-5-9

Prospective areas of rational land use and digitalization of Arable farming. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, devoted to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Kursk, October 2-4, 2023 - Kursk: FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center», 2022. – 523 p.

The papers presented in the volume are devoted to modern problems of rational land use, digitalization of farming, soil fertility management, soil erosion control.The volume includes 125 papers from main regions of the Russian Federation and neighboring countries: Azerbaijan, Belarus, Moldova and Kazakhstan. Important attention is paid to Special attention is paid to the perspective g directions of rational land use in landscapes, resource conservation, energy conservation and intensification of adaptive landscape agriculture. Innovative technologies of crop cultivation are suggested. The problems of digitalization in agriculture, ways to solve them, the development of domestic digital technologies in land use perspective directions of digitalization of engineering sphere of agro-industrial complex, modern trends in the development of information technologies in agribusiness are considered. The prospects of biologization and ecologization of **Arable** farming, soil fertility reproduction, development of soil fertility management systems in agrolandscapes, assessment of soil health by indicators of soil fertility are presented. The use of digital technologies, integral index of biological state for agroecological assessment of soils, determination of zones of potential soil fertility by cluster analysis of continuous agrochemical survey data is shown. The current state of soil erosion, diagnostic criteria for the degree of degradation of eroded soils and improvement of their fertility are considered. The influence of the main natural factors on the formation of the surface runoff of meltwater in the Forest-steppe zone is shown. The dynamics of the areas of anti-erosion and field-protective forest plantations with the use of geoinformation systems is estimated.

The volume is of interest to researchers, teachers, postgraduates, students of universities, agricultural and biological colleges, agricultural workers and specialists of agricultural enterprises and farms of all forms of ownership.

Editorial Board:
A.V. Gostev, Director of FSBSI «Kursk FARC»,
Doctor of Agricultural Sciences;
D.V. Dubovik, First Deputy Director of FSBSI «Kursk FARC»,
Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences;
N.P. Masyutenko, Head of ARRI of Arable Farming and Soil Erosion Control – a structural division of FSBSI «Kursk FARC»,
Professor, Doctor of Agricultural Sciences.

Persons responsible for the volume release:
G.P. Glazunov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Department,
M.Yu. Degteva, Scientific Secretary of FSBSI «Kursk FARC»,
Candidate of Biological Sciences,

Computer layout: **G.P. Glazunov**
Translated by **L.E. Tarasova**.

ISBN – 978-5-6050675-5-9
© FSBSI « Federal Agricultural Kursk Research Center», 2023

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ

Тютюнов С.И., Навольнева Е.В., Азаров А.В.
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», г. Белгород
E-mail: *Navekavika@gmail.com*

Резюме. *В условиях Центрально-Черноземного региона в длительном полевом опыте исследовано влияние способов основной обработки почвы и удобрений на питательный режим почвы. Наибольшее влияние на подвижные формы элементов питания оказал уровень удобренности.*

При длительном использовании удобрений агрохимические свойства почвы постоянно меняются. В зависимости от структуры севооборота, типа и свойств почвы, применяемой системы удобрений почвенное плодородие в той или иной степени улучшается [1]. В свою очередь необдуманное использование почвы определённо ведёт к снижению её основного свойства – плодородия. Также важнейшим звеном системы земледелия является механическая обработка почвы, которая во многом определяет агроэкологическую составляющую агроландшафта [2].

В настоящее время в практике сельскохозяйственного производства сложились в основном два принципиально различных приема основной обработки почвы – отвальная (вспашка) и безотвальная. Исследования Белгородского ГАУ показали, что на выбор оптимального способа основной обработки почвы существенное влияние оказывает тип агроландшафта [3].

Исследования проводились в многолетнем полевом опыте, который был заложен в 1987 году. Почва опытного участка чернозём типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Пахотный слой характеризуется агрохимическими показателями: гумус – 5,25 %, подвижный фосфор – 72,5 мг/кг, подвижный калий 103,5 мг/кг, pH_{KCl} – 6,05.

Изучаемый севооборот – зернопропашной, с чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень, кукуруза на силос.

Схема опыта предусматривала использование трёх способов обработки почвы: отвальная обработка (вспашка), безотвальная обработка и минимальная обработка. Применялись органические и минеральные удобрения. В качестве органических удобрений использовали навоз крупного рогатого скота. Вносили один раз за ротацию севооборота под сахарную свёклу, в дозе 40 т/га и 80 т/га, соответственно 8 и 16 т/га севооборотной площади. Минеральные удобрения вносили осенью под основную обработку (азофоска и диаммофоска) при этом насыщенность севооборота составляла $N_{64}P_{64}K_{64}$ – одинарная доза и $N_{128}P_{128}K_{128}$ – двойная доза, а также изучалась органо-минеральная система

удобрений, где рассматривали различные комбинации с используемыми в опыте удобрениями.

Учёт динамики азота необходим как для понимания процессов, происходящих в почве, так и для разработки практических мероприятий, направленных на оптимизацию азотного режима в агроэкосистемах.

Содержание нитратного азота определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86) в период возобновления весенней вегетации озимой пшеницы и после её уборки.

В весенний период возобновления вегетации озимой пшеницы, содержание нитратного азота в слое почвы 0-30 см было при проведении глубокой обработки почвы без оборота пласта – 9,3 мг/кг, по безотвальной 12,1, по минимальной – 12,3 мг/кг (Рис. 1). Применение минеральных удобрений в дозе $N_{64}P_{64}K_{64}$ доводило данный показатель до 16,6, 18,2, 21,9 мг/кг соответственно. Использование удвоенной дозы минеральных удобрений доводило данный показатель до среднего обеспечения при проведении вспашки – 19,1 мг/кг и высокой по степени обеспеченности почвы нитратным азотом до 22,3 и 26,9 мг/кг при безотвальной и минимальной обработках.

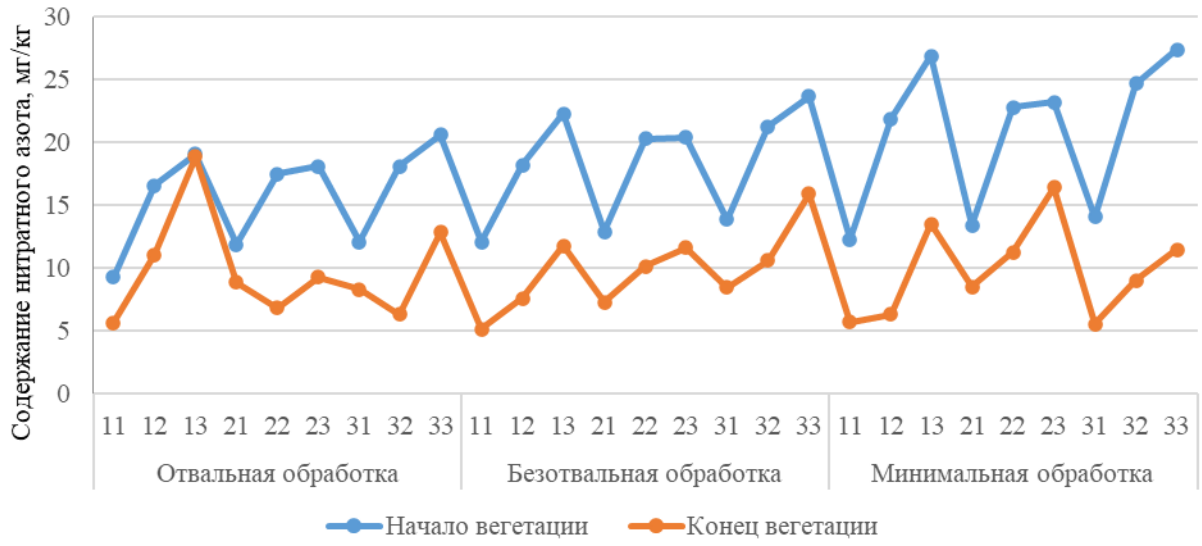


Рисунок 1 – Влияние агротехнических приёмов на содержание нитратного азота в шестой ротации, мг/кг (0-30 см)

Примечание. Индексы на оси абсцисс означают: первый – доза органических удобрений, второй – доза минеральных удобрений. 1 – без удобрений, 2 – 8 т/га с.п. (или $N_{64}P_{64}K_{64}$), 3 – 16 т/га с.п. (или $N_{128}P_{128}K_{128}$).

Четвёртый год последействия органических удобрений обеспечил меньший рост содержания нитратного азота, в сравнении с контрольным вариантом – 18,1-23,2 мг/кг, с ростом содержания при уменьшении глубины основной обработки почвы.

Использование минеральных удобрений в количестве $N_{64}P_{64}K_{64}$ и $N_{128}P_{128}K_{128}$ по фону навоза способствовало повышение нитратного азота в почве по отвальной обработке почвы до 18,1-20,6 мг/кг, при проведении безотвальной обработке до 21,3-23,7 мг/кг, а при минимальной обработке до 24,7-27,4 мг/кг.

К периоду уборки содержание нитратного азота значительно снизилось. Так, на варианте без применения удобрений количество азота снизилось на 3,7-6,9 мг/кг и составило 5,2-5,7 мг/кг, что соответствует очень низкому содержанию, согласно градации по степени обеспеченности почвы нитратным азотом. На уровне очень низкого содержания нитратного азота отмечено и при использовании органических удобрений – 5,6-8,9 мг/кг, в зависимости от дозы и глубины обработки почвы. Применение удвоенной дозы минеральных удобрений позволило сохранить максимальное количество нитратного азота – 11,8-18,9 мг/кг, который доходил до уровня средней обеспеченности. При органо-минеральной системе удобрений, за счёт максимальных доз обоих видов удобрений, азота сохранялось в пределах 11,5-16,0 мг/кг.

Содержание подвижного фосфора (определяли методом Чирикова, ГОСТ 26204-91) в пахотном слое почвы (0-30 см) находилось в пределах 47,9-52,1 мг/кг, что соответствует низкой и переход к средней группе обеспеченности при проведении минимальной обработки почвы (Рис. 2).

Использование навоза КРС приводило к накоплению подвижного фосфора в почве и росту до средней обеспеченности этим элементом при применении 8 т/га с.п. (севооборотной площади), в то время как удвоенное увеличение дозы этих удобрений привело к переходу со среднего до повышенного содержания фосфора и составило 149,3 мг/кг при глубокой отвальной обработке почвы, 115,8 – при безотвальной и 100,8 мг/кг – при минимальной обработке почвы. При этом использование органической системы удобрений, в дозе 80 т/га позволило достичь оптимального содержания подвижного фосфора для чернозёма типичного в Центрально-Черноземной зоне (100-120 мг/кг, согласно исследованиям Акулова П.Г. [4]).

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{60}$ – под озимую пшеницу способствовало увеличению содержания фосфора до 122,2-148,7 мг/кг – повышенное содержания, а применение $N_{180}P_{120}K_{120}$ – до 150,5-215,9 мг/кг, что соответствует высокому содержанию.

Максимальное содержание подвижного фосфора достигалось при использовании органо-минеральной системы удобрений. При совместном использовании обоих видов удобрений, в дозах, рассчитанных на простое воспроизводство плодородия почв фосфора содержалось – 154,1-180,8 мг/кг, что на 102,0-132,9 мг/кг больше, чем без применения удобрений. А внесение органических и минеральных удобрений, в дозах рассчитанных на расширенное воспроизводство плодородия почв обеспечило рост фосфора в пахотном слое на 239,4-289,8 мг/кг и составило 289,5-337,7 мг/кг – очень высокая обеспеченность. При этом при доведении фосфора почвы ориентировочно до 400 мг/кг в почве, может значительно уменьшится прирост биомассы возделываемых культур.

Согласно проведённой математической обработке полученных данных, следует отметить, что без применение удобрений и при использовании одной дозы минеральных удобрений – влияние обработки почвы не зафиксировано. В тоже время при других уровнях и комбинациях удобренности преимущество в накоплении фосфора имела вспашка, а между безотвальной и минимальной

существенности различий не зафиксировано.

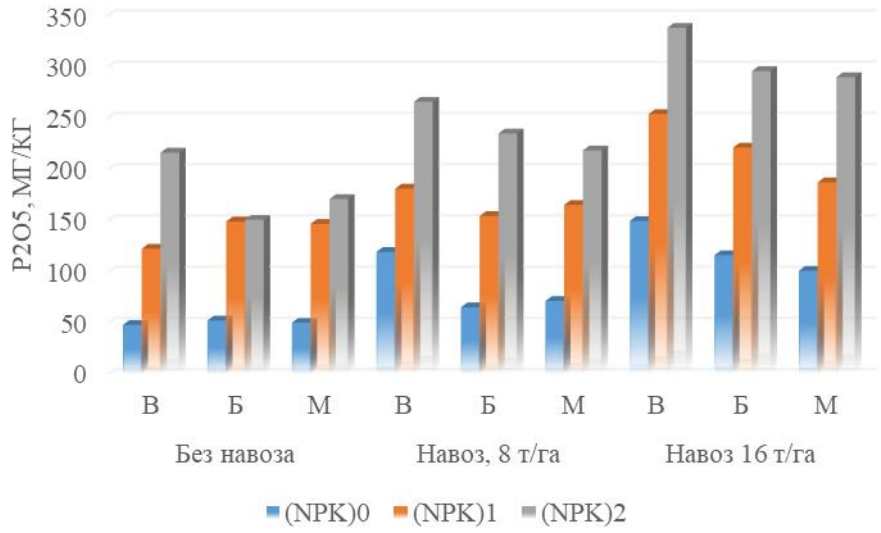


Рисунок 2 – Влияние агротехнических приёмов на содержание подвижного фосфора в шестой ротации, мг/кг (0-30 см)

Примечание. В – вспашка (отвальная обработка), Б – безотвальная, М – минимальная обработка почвы; $(NPK)_0$ – без удобрений, $(NPK)_1$ – $N_{64}P_{64}K_{64}$, $(NPK)_2$ – $N_{128}P_{128}K_{128}$.

Считается, что потребность внесения калия в почву, возникает гораздо позже на чернозёмах чем азота и фосфора, однако если в структуре севооборота имеются кормовые или технические культуры, то содержание калия в пахотном слое почвы играет одну из первостепенных ролей. Содержание подвижного калия определяли по методу Чирикова.

В пахотном слое почвы, без применения удобрений содержалось подвижного калия 114,1-121,7 мг/кг, в зависимости от способа основной обработки почвы, что согласно группировки по обеспеченности питательными элементами относится к повышенному содержанию элемента (рис. 3). Применение минеральной системы удобрений способствовало росту содержания подвижного калия в почве на 3,9-47,1 мг/кг и переходу к группе высокой обеспеченности данным элементом. Внесение органических удобрений также обеспечивало высокий рост содержания данного элемента – на 18,4-45,1 мг/кг, при этом использование навоза в дозе 80 т/га позволило достичь оптимального содержания калия на чернозёме типичном (140-160 мг/кг) и составило 133,6-159,2 мг/кг, с меньшим содержанием на безотвальной обработке почвы. Использование совместно органических и минеральных удобрений в одинарных дозах, также способствовало оптимальному содержанию калия в слое почвы 0-30 см, а совместное использование этих удобрений в удвоенных дозах обеспечило рост подвижного калия до 217,3 мг/кг при вспашке, 158,8 – при безотвальной обработке и 231,0 – при минимальной обработке почвы, что соответствует очень высокому содержанию согласно группировки обеспеченности почвы этим элементом.

При выявлении закономерностей действия способов основной обработки почвы, следует отметить максимальное влияние на накопление калия в почве – отвальной обработки почвы, исключением являются два наиболее

контрастных варианта – это без применения удобрений и с применением совместно удвоенных доз органических и минеральных удобрений, где лучше проявила себя минимальная обработка, однако данная закономерность математически не доказана и может считаться ошибкой опыта.

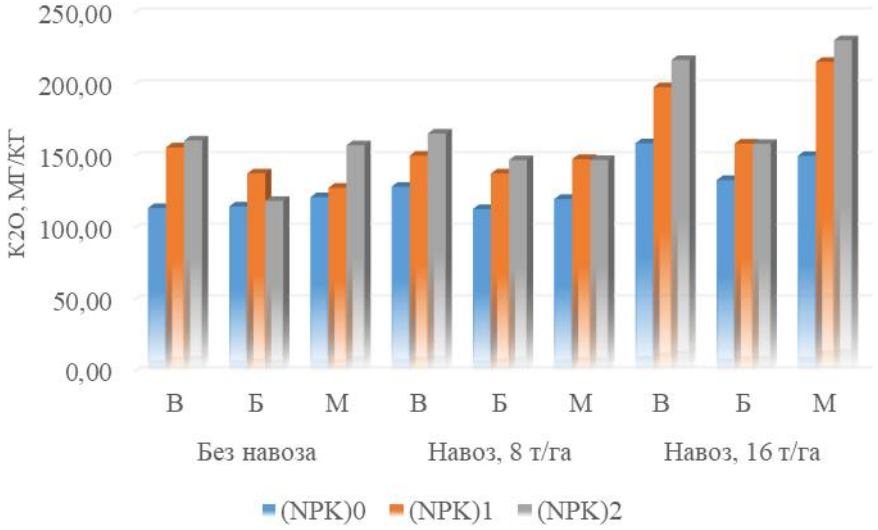


Рисунок 3 – Влияние агротехнических приёмов на содержание подвижного калия в шестой ротации, мг/кг (0-30 см)

Примечание. В – вспашка (отвальная обработка), Б – безотвальная, М – минимальная обработка почвы; $(NPK)_0$ – без удобрений, $(NPK)_1$ – $N_{64}P_{64}K_{64}$, $(NPK)_2$ – $N_{128}P_{128}K_{128}$.

Такими образом, используемая система удобрений оказала существенное действие на содержание подвижных форм основных питательных элементов. При этом, оптимальные показатели для чернозёма типичного достигались за счёт использования органических удобрений в дозе 16 т/га с.п. или за счёт совместного применения органических и минеральных удобрений в одинарных дозах. Также следует отметить, что заметное действие на накопление элементов оказывала глубокая отвальная обработка почвы.

Библиографический список

1. Карпова Э.С. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой песчано-легкосуглинистой почвы под влиянием длительного применения удобрений в льняном севообороте. – «Агрохимия», 1975, № 8.
2. Навольнева Е.В. Влияние агротехнических приёмов и показателей плодородия почвы на урожай озимой пшеницы / Е.В. Навольнева / Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных. Белгород, 2021. С. 571-576.
3. Титовский А.Г. Влияние различных приемов обработки почвы и удобрений на эрозионную устойчивость склоновых земель и их продуктивность на юго-западе ЦЧЗ. Белгород, 1999, С. 23.
4. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов / П.Г. Акулов. Диссертация на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук в форме научного доклада. Москва, 1994. – 73 с.

УДК 631.4

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ИСТОРИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

Хомяков Д.М.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва
E-mail: *khom@bk.ru*

Резюме. *На основании анализа 150-летнего периода развития агропроизводства в России, показано, что почвы, их характеристики и плодородие должны быть в числе обязательных критериев эффективности землеустройства. Оно может быть определено как комплекс мероприятий по изучению состояния и оценке почв, планированию и организации рационального их использования и охран.*
Ключевые слова: *почва, управление почвенными ресурсами, землеустройство, системы земледелия, агроландшафты.*
Summary. *Based on the analysis of the 150-year period of development of agricultural production in Russia, it is shown that soils, their characteristics and fertility should be among the mandatory criteria for the effectiveness of land management. It can be defined as a set of measures for studying the condition and assessment of soils, planning and organizing their rational use and protection.*
Key words: soil, soil resource management, land management, farming.

Результаты исследования. Сведение лесов, расширение площади запашки, способствовали появлению первых признаков истощения высокоплодородных степных почв России. Еще в 1842 году правительством было определено, что неурожаи повторяются через каждые 6-7 лет, продолжаясь по два года кряду. Участились сильные засухи: 1873, 1875, 1880 и 1883 годов. Стало очевидным: необходимо начать системное изучение почв и агроладшафтов. Итоги работ В.В. Докучаева стали основой российского почвоведения [1,2].

В 1892 году стартовала «Особая экспедиция лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России». Одним из базовых объектов исследований являлась Каменная Степь (современный Таловский муниципальный район Воронежской области, ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»). Побуждающим мотивом начала этой работы явилась грандиозная засуха 1891-1893 годов, обрекшая на голод 35 млн. жителей 28 губерний России. Руководитель работ В.В. Докучаев считал, что эта беда «...нагрянула не вчера, и она есть закономерное и неумолимое следствие неразумного земледелия в степях и лесостепях России». Поэтому бороться надо, в первую очередь, с причинами, порождающими засуху. Главными задачами экспедиции были поиск и обоснование «...на избранных участках возможно правильного соотношения между водою, лесом, лугами и другими хозяйственными угодьями ... в целях подъема степной культуры». Именно в экологическом равновесии виделась возможность реального оздоровления «земледельческого организма» России [1]. Российским гением были сформулированы постулаты целей устойчивого развития (ЦУР). К сожалению, даже сейчас их выполнение, провозглашенное ООН к 2030 году, практически нереально [3 и др.]. В.В. Докучаев впервые указал на неразделимую

связь землеустройства и почвоведения при реализации ЦУР в агропроизводстве: рациональное природопользование в сельском хозяйстве всегда начинается с рациональной организации территории.

По данным Всемирной метеорологической организации средняя глобальная температура на Земле в 2022 году была на 1,15 (1,02-1,28) °С выше средней температуры в 1850-1900 годы. Период с 2015 по 2022 стал восемью самыми теплыми годами в истории инструментальных наблюдений, начиная с 1850 года. Две тысячи двадцать второй год стал пятым или шестым самым теплым годом несмотря на то, что три года подряд наблюдалось охлаждающее явление Ла-Нинья, что возникало всего три раза за последние 50 лет.

Концентрация трех основных парниковых газов (углекислого газа, метана и закиси азота) достигла рекордных наблюдаемых максимумов в 2021 году, последнем году, для которого имеются сводные глобальные значения (1984-2021 годы). Годовой прирост концентрации метана с 2020 по 2021 год был самым высоким за всю историю наблюдений. Данные в реальном времени из ряда конкретных мест указывают на то, что уровни концентрации этих трех парниковых газов в 2022 году продолжали расти. Постоянно увеличивается вероятность проявления повторяемости опасных агрометеорологических явлений (длительных волн тепла, засух, пыльных бурь, суховеев, обильных осадков, наводнений, ураганов и т.д.) [4, 5].

В системе мероприятий по защите посевов от засух и суховеев, а почв от водной и ветровой эрозии, повышению урожаев, важнейшее место принадлежит землеустройству и лесомелиорации агроландшафтов. Из всех видов лесных насаждений наибольшее влияние на агрометеорологические условия оказывают полезащитные лесные полосы [6-8 и др.].

Засуха в 1946 года, охватившая более 50% посевных площадей Советского Союза (Украину, Северный Кавказ, Черноземье, Поволжье, юг Западной Сибири, Казахстан) привела к голоду 1947 года, унёсшего жизни более 500 тыс. человек. Советом Министров СССР и ЦК ВКП(б) 20.10.1948 было принято Постановление «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Главной целью была борьба с засухой и опустыниванием земель в степных и прилегающих к ним районах, преодоление эрозии почв, предотвращение песчаных и пыльных бурь.

Проект на 1949-1965 годы, предусматривал создание 8 крупных государственных лесных полос в степных и лесостепных районах общей протяжённостью 5320 км, расположенных вдоль пойм и водоразделов крупных рек (Волга, Днепр, Дон, Урал, Северный Донец и др.). При общей площади лесопосадок 118 тыс. га они должны были стать мощным заслоном на пути движения суховейных ветров из Средней Азии и прикаспийских пустынь и обеспечить защиту основных зерновых районов. Планировалось создать сеть полезащитных лесных насаждений, охватывающих территорию до 120 млн га. Две трети объёма посадок занимал дуб. Лесные полосы должны были покрыть 7–8% всей

сельскохозяйственной территории СССР.

Для предотвращения процессов опустынивания было запланировано облесение и закрепление песков в Астраханской, Грозненской и Сталинградской областях, Ставропольском крае. Эту территорию можно использовать под пастбища с травостоем из засухоустойчивых культур. Ставилась задача увеличить площадь лесов в Ростовской области с 122 до 745 тыс. га, в Сталинградской – с 345 до 896 тыс. га, в Астраханской – с 80 до 245 тыс. га. Всего в течение 15 лет должны были высадить 10-12 млн гектаров леса.

В 1950-1951 годах началось строительство мощных гидроэлектростанций (ГЭС), судоходных каналов, новых оросительных и обводнительных систем. За 15 лет планировалось построить свыше 44 тыс. прудов и водоемов, 5 гигантских оросительных систем, способных мелиорировать 28 млн га суши. Общая мощность гидроэлектростанций составила 4 млн кВт. Куйбышевская (ныне Жигулёвская) и Сталинградская (ныне Волжская) ГЭС на период строительства были крупнейшими по мощности в мире.

Для устойчивости урожаев планировалось внедрить в агропроизводство травопольную систему земледелия, разработанную на основе исследований П.А. Костычева и В.Р. Вильямса. Часть пашни в севооборотах засевалась многолетними бобовыми и мятликовыми травами. Травы служили кормовой базой животноводства и естественным средством восстановления плодородия почв. Внедряли более прогрессивные методы обработки полей: применялись чёрные пары, зябь и лущения стерни; правильная система внесения органических и минеральных удобрений; посев отборных семян высокоурожайных сортов, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям.

ВАСХНИЛ разработала квадратно-гнездовой способ посева леса, снизивший трудоёмкостью операций. Посадка дубов осуществлялась группами (гнёздами), обеспечивая всходам необходимую защиту от сорняков и других пород деревьев. Создавались новые средства механизации и автоматизации, но большинство работ проводились вручную. Помимо научных организаций под общим руководством АН СССР, в проекте приняли участие 80 тыс. колхозов, 2 тыс. совхозов, 3 тыс. МТС и созданные лесозащитные станций (более 350).

За 5 лет было высажено более 2,3 млн га леса, создан экологический каркас из лесополос с включением в них 10-15% плодово-ягодных деревьев и кустарников (смородины, облепихи, вишни и других), склоны балок и оврагов, берега водоёмов обсажены деревьями и кустарниками. Появилось свыше 13 тыс. прудов и водоемов, заготовлено 6000 тонн семян древесных и кустарниковых пород. С 1948 по 1953 годы в стране посадили леса в 2,5 раза больше, чем за предыдущие 25 лет. Осуществляемые мероприятия привели к росту урожайности зерновых на 25-30 %, овощей – на 50-75 %, трав – на 100-200 % (по сравнению с урожаями на незащищенных полях). Удалось создать кормовую базу для развития животноводства. Производство мяса и сала в 1951 году по сравнению с 1948 годом возросло на 80 %, в том числе свинины – на 100 %, производство молока – на 65 %, яиц – на 240 %, шерсти – на 50 %.

В полном объеме, план, рассчитанный до 1965 года, реализован не был -

программу свернули. Лесные полосы начали вырубать, несколько тысяч прудов и водоёмов были заброшены, созданные лесозащитные станции ликвидированы. Пленум ЦК КПСС 02.03.1954 принял Постановление «О дальнейшем увеличении производства зерна в стране и об освоении целинных и залежных земель». Госпланом СССР было намечено распахать в Казахстане, Сибири, Поволжье, на Урале и в других районах страны не менее 43 млн га целинных и залежных земель.

Казахстан шел в числе первых по объемам намечаемых работ. В республике в 1954-1955 годах нужно было освоить 6,4 млн га новых земель. Для реализации плана по поручению ЦК КПСС в Казахстан прибыло свыше 300 тыс. механизаторов, организовано 90 новых зерновых совхозов. К освоению новых земель было привлечено 283 МТС, 1697 колхозов и 247 совхозов. Только весной 1954 года было вспахано 1545 тыс. га целинных и залежных земель.

В 1962-1963 годы сотни тысяч тонн вспаханной в Казахстане почвы были подняты в воздух сильным ветром. Начались масштабные пыльные бури. В стране разразился продовольственный кризис. Продав 600 тонн золота из резервов, СССР, впервые после войны, закупила за границей около 13 млн тонн хлеба. Уже в 1967 году, в период сильной засухи, было отмечено, что меньше всего от неё и суховеев пострадали районы с хорошо устроенной системой лесозащитных полос, которые способствовали снижению скорости ветра.

После уроков 1967 года было решено возобновить мероприятия по созданию искусственных лесных насаждений, но не в масштабах начала 1950-х годов. В 1980-е годы посадка леса проводилась в размере 30 тыс. га в год. С 1985 года работы по расширению и модернизации лесопосадок прекращены. Доля полезащитных лесных полос в структуре создаваемых насаждений к 1991 году сократилась до 11,2 %. В 1995 году на землях сельскохозяйственного назначения было высажено лишь 19,8 тыс. га полезащитных лесных полос, после 1995 года объём ежегодной высадки составлял около 2 тыс. га. Начиная с 1996 года – работы приостановлены. В настоящее время состояние насаждений, которые создавались в 50-70-е годы, их возраст 40-60 лет, неудовлетворительное. Отмечена деградация древостоя, повреждения пожарами, болезнями и вредителями, несанкционированными рубками. В 2006 году большинство таких полос были выведены из структуры Минсельхоза и оказались бесхозными.

Сильные засухи и пыльные бури отмечались в южных регионах европейской части России в 1960, 1963, 1969, 1972, 1974, 1984, 2010, 2015, 2017, 2020 и 2022 годах. Они нанесли значительный ущерб сельскому хозяйству. Сильные весенние ветра (до 28-30 м/сек), вызывают гибель посевов большинства культур на больших площадях, где слой почвы в 2-5 см полностью утрачен, а ее потери достигают 20-50 т/га, гумуса – до 5-6 т/га.

В начале весны 2015 года по Калмыкии, Дагестану, Волгоградской, Ростовской и Астраханской областям пронеслись пыльные бури, аналогов которых не было уже 30 лет. Верхний слой почвы 5-7 см в отдельных местах до 9-11 см из-за высоких температур, нехарактерных для марта месяца и сухого воздуха был сильно высушен. Старовозрастные лесные полосы, расположенные

на расстояниях более 1 км друг от друга, не смогли снизить скорость ветра до величин ниже критических, препятствующих движению почвенных частиц. Поля, не занятые озимыми культурами, остались практически без защиты.

В Волгоградской области пыльная буря 27-31.03.2015 проявила себя в очень интенсивном режиме на площади 78 тыс. га, при средней интенсивности на площади 106 тыс. га и слабой интенсивности на площади 149 тыс. га с суммарной площадью 330 тыс. га. Начиная с 2017 года пыльные бури на юге России стали практически ежегодным явлением. Сильнейшие бури накрыли Астраханскую область, Калмыкию, Ставропольский край, Дагестан и 2022 году.

За всю историю защитного лесоразведения в России на сельскохозяйственных землях было создано 5,2 млн га защитных лесных насаждений, сейчас их площадь уменьшилась до 2,5 млн га, что составляет 1,2 % сельскохозяйственных угодий - в 3-6 раз меньше научно обоснованных норм облесения, при потребности 7020,0 тыс. га. По расчетам, необходимо создать еще 4459,4 тыс. га [8].

Библиографический список

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. – Санкт-Петербург – Издательство: тип. Е. Евдокимова, 1892. – 142 с.
2. Докучаев В.В. Русский чернозем. – Санкт-Петербург. – Издательство: тип. Деклерона и Евдокимова, 1893. – 389 с.
3. Growing Challenges for Sustainable Development: Can the UNECE Region Turn the Tide in 2023? - Geneva, Switzerland: United Nations. – 2023.- 87 p.
4. State of the Global Climate 2022. WMO-No. 1316. - Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. - 2023. – 55 p.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. - Москва, 2023. – 104 стр.
6. Защитное лесоразведение в СССР. Под ред. Павловского Е. С./Абакумов Б. А., Бабено Д.К., Бартенев И.М. и др. - М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.
7. Кретинин В. М. Агролесоводство (монография). – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 268 с.
8. Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. – № 3. – 2022. – С. 8-13.

УДК 631/635; 502/504; 911

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛАНДШАФТАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Трофимов[1,2] И.А., Трофимова[1] Л.С., Яковлева[1] Е.П.
[1]ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии
им. В.Р. Вильямса», г. Лобня;
[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет
имени Г.Р. Державина», Институт естествознания, г. Тамбов
E-mail: [1]*viktrofi@mail.ru*

Резюме. *На основе агроландшафтно-экологического районирования необходимо развитие регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированной сбалансированной системы земледелия, растениеводства, кормопроизводства и животноводства, адаптированной к разнообразным природным условиям Дальнего Востока.*

Ключевые слова: *ландшафты, земледелие, растениеводство, животноводство, баланс.*

Summary. *On the basis of agro-landscape and ecological zoning, it is necessary to develop a*

regionally, landscape and ecologically differentiated balanced system of agriculture, crop production, feed production and animal husbandry adapted to the diverse natural conditions of the Far East.
Key words: *landscapes, agriculture, crop production, animal husbandry, balance.*

Одним из важнейших национальных приоритетов развития огромной и разнообразной по природным условиям территории России является адаптивное, регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированное землепользование.

Дальний Восток занимает 36 % территории России. Более 80 % его территории относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям. Он характеризуется сложными природно-климатическими и социально-экономическими условиями: географическим положением, особенностью климата, рельефа, гидросети и др. [1, 2].

Изучение пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей является необходимой основой создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства этого крупнейшего региона страны.

С целью информационного обеспечения рационального землепользования нами выполнена работа по агроландшафтно-экологическому районированию кормовых экосистем Дальневосточного природно-экономического района [3].

В предыдущие годы разработано также агроландшафтно-экологическое районирование Центрального, Центрально-Черноземного, Поволжского, Северо-Кавказского, Волго-Вятского, Северного, Северо-Западного, Уральского, Западно-Сибирского, Восточно-Сибирского природно-экономических районов России.

Районирование выполнено на основе карты почвенно-экологического районирования МГУ им. М.В. Ломоносова [4] и разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения сельскохозяйственных земель [5, 6]. Оно опирается на концепцию сохранения и повышения плодородия почв (Всероссийского НИИ кормов имени В.Р. Вильямса); концепции экологического каркаса агроландшафтов и эколого-хозяйственного баланса (МГУ им. М.В. Ломоносова, Института географии РАН) и другие материалы.

По данным проведённого нами агроландшафтно-экологического районирования Дальнего Востока разработаны базы данных по земельным и кормовым угодьям, дана характеристика пространственного распределения биологических и экологических закономерностей агроэкосистем для создания и развития экологически безопасносной системы земледелия, растениеводства, кормопроизводства и животноводства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

Для Дальнего Востока характерны рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы. Это зависит от природно-климатических условий региона, короткого вегетационного периода сельскохозяйственных растений и развития деградационных процессов, которые усиливаются в результате сельскохозяйственной деятельности. Более 80 % территории Дальнего Востока

относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям.

Сельскохозяйственные угодья расположены преимущественно на равнинных территориях в южной части Дальневосточного природно-экономического района и характеризуются значительным развитием негативных процессов. В том числе, наличие больших площадей кислых почв (66 %), переувлажненность (22 %) и заболоченность (23 %).

В целом сельскохозяйственное производство на большей части Дальнего Востока развивается в сложных природных условиях. Почвы здесь характеризуются низким естественным плодородием в сравнении с европейскими регионами России. Растениеводство и земледелие часто развиваются в условиях засух, как правило, в первой половине вегетационного периода, или подвержены переувлажнению в период муссонных дождей во время уборки урожая [7].

Выявлено истощительное природопользование, приводящее к снижению естественного плодородия почв, деградации сельскохозяйственных земель, развитию эрозионных, дефляционных и друих негативных процессов.

Выявлены отсутствие или недостаточность рационального природопользования, которое базируется на гармонизации сельского хозяйства и природы, максимальном использовании восстановительных возможностей природы (энергии солнца, агроландшафтов, многолетних трав, фиксировании микроорганизмами биологического азота из воздуха), отсутствие компромисса между экономикой и экологией [8, 9, 10].

Выявлена разбалансированность сельского хозяйства (земледелия, растениеводства, животноводства). В зонах рискованного земледелия выявлено преобладание растениеводства над животноводством, вопреки природным условиям региона, более благоприятным для развития животноводства.

В растениеводстве и земледелии выявлены разбалансированность агроландшафтов, структуры посевных площадей (значительное преобладание экономически привлекательных культур); нарушение севооборотов, переход к севооборотам с короткой ротацией и даже монокультуре. Недостаточная доля отведена основным почвообразователям – многолетним травам и травяным экосистемам.

В животноводстве преобладают скороспелые отрасли животноводства (птицеводство, свиноводство) с быстрой окупаемостью затрат и получением прибыли.

Перспективно уделить большее внимание развитию животноводства и кормопроизводства, наиболее адаптированных к условиям Дальнего Востока. Благодаря этому будут востребованы богатейшие, воспроизводимые природные ресурсы кормовых угодий и оленьих пастбищ Дальнего Востока.

Рациональное природопользование должно базироваться на гармонизации сельского хозяйства и природы, сбалансированности земледелия, растениеводства, животноводства, сбалансированности агроландшафтов, структуры посевных площадей и севооборотов.

В регионе необходимо развитие экологически безопасносной сбалансированной системы земледелия, растениеводства, кормопроизводства и

животноводства, адаптированной к условиям Дальнего Востока.

Экологически устойчивому развитию сельскохозяйственного производства будет способствовать внедрение адаптивно-ландшафтной системы земледелия, которая предусматривает приспособляемость производства продукции к различным элементам агроландшафта, формам хозяйствования и материальным ресурсам на основании достижений науки.

Повышение продуктивности сельскохозяйственных земель и сохранение плодородия почв возможно только при создании благоприятных условий для продуктивного долголетия агроландшафтов, почвообразования и развития почвенной биоты, обеспечения активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов.

Установлено, что большая часть территории Дальнего Востока характеризуется наличием ряда неустранимых природных факторов, негативных процессов и является рискованной для развития растениеводства и земледелия.

Рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы определяются природно-климатическими условиями Дальнего Востока, которые усиливаются в результате нерациональной сельскохозяйственной деятельности. С другой стороны, богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы Дальнего Востока, в том числе кормовые, являются перспективными для устойчивого развития животноводства.

Решение проблемы устойчивого развития экологически безопасносной сбалансированной системы земледелия, растениеводства, кормопроизводства и животноводства, адаптированной к условиям Дальнего Востока, должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов региона.

На основе агроландшафтно-экологического районирования обеспечивается биологизация и экологизация сельского хозяйства. Оно становится более адаптивным, что позволяет с наибольшей эффективностью использовать местные природные ландшафтные ресурсы, свести к минимуму воздействие негативных факторов.

Библиографический список

1. Асеева Т.А., Киселев Е.П., Сухомиров Г.И. Сельское хозяйство Дальнего Востока: условия, проблемы и потенциал развития / Под ред. Н.Е. Антоновой. – Институт экономических исследований ДВО РАН; Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства ХФИЦ ДВО РАН. – Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2020. – 162 с.
2. Дальний Восток [Электронный ресурс]. URL: https://mygeografi.ru/dalnij-vostok (дата обращения 17.07.2023).
3. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Земля и сельское хозяйство Дальнего Востока // Жизнь Земли. – 2022. – Т. 44. – №2. – С. 192-201.
4. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С. Масштаб 1:2500000 / М.: Талка+, 2013. 16 л.
5. Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. Москва–Киров: "Дом печати – ВЯТКА", 2010. – 336 с.
6. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М.

Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. – М.: Издательский Дом «Наука», 2015. – 198 с.
7. Аграрный сектор Дальнего Востока; проблемы и перспективы развития / Под общ. ред. А.С. Шелепы. Хабаровск: ГНУ ДВНИИЭОП АПК Россельхозакадемии, 2013. – 212 с.
8. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Шпедт А.А., Асеева Т.А. Агроландшафтно-экологическое районирование – основа устойчивого развития сельского хозяйства Восточной Сибири и Дальнего Востока // Биосфера. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 193-199. – DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.695.
9. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Районирование Дальнего Востока для оценки перспектив развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 4. – С. 61-65.
10. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Природно-сельскохозяйственное районирование земельных угодий Дальнего Востока // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2022. – № 1 (169). – С. 114–120.

УДК 631.459.21

ЭРОЗИЯ ПОЧВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Демидов В.В.
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова», Москва
E-mail: *demidov951@yandex.ru*

Резюме. В статье, на основании литературных источников, проведен анализ распространения эрозионных процессов в различных регионах мира и причины их вызывающие. Приведены данные, характеризующие площади нарушенных эрозией земель как в зарубежных странах, так и на территории РФ.
Ключевые слова: эрозия, почвенный покров, деградация.
Summary. In the article, on the basis of literary sources, the analysis of the spread of erosion processes in various regions of the world and their causes is carried out. The data characterizing the areas of lands disturbed by erosion both in foreign countries and on the territory of the Russian Federation are presented.
Key words: erosion, soil cover, degradation.

В условиях современной цивилизации эрозия почв является одной из глобальных проблем окружающей среды. В результате эрозионных процессов происходит уничтожение почвенного покрова под воздействием природных факторов – воды и ветра. Интенсивность почвенной эрозии значительно превосходит скорость формирования почвы. **Почва – это исчерпаемый ресурс**, поскольку её потеря и деградация невосполнима за время человеческой жизни [1].

По данным ООН каждые пять секунд эрозия уничтожает участок земли размером с футбольное поле. При этом на восстановление всего 2-3 сантиметров плодородного слоя уходит около тысячи лет [8]. Главенствующая роль эрозии среди других процессов деградации почв связана, во-первых, с её широким распространением, во-вторых, с глубиной и необратимостью изменений почвенного покрова, в-третьих, с громадными размерами причиняемого эрозией экологического и экономического ущерба.

В 1990 г. Международный справочно-информационный почвенный центр в Нидерландах совместно с ЮНЕП составили карту антропогенной

деградации почв, которая наглядно показала глобальный размер этого крайне опасного процесса. Выяснилось, что разной степени деградации подвержены почти 2 млрд. га почв, из них 55,6 % приходится на водную эрозию, 27,9 % – на ветровую (дефляцию), 12,2 % – на засоление, загрязнение, истощение почв, 4,2 % – на механическое переуплотнение и подтопление [9].

Согласно расчетам, сейчас сельскохозяйственные земли обрабатываются на площади 1,5 млрд. га. Потеря плодородных освоенных почв продолжается и в наше время. Ежегодно из сельскохозяйственного использования выбывает около 8 млн. га за счет отчуждения на другие хозяйственные нужды и около 7 млн. га – в результате различных процессов деградации. Таким образом, каждый год человечество в конце XX в. теряло около 15 млн. га продуктивных угодий. А между тем установлено, что процесс деградации почв идет с возрастающей скоростью: во второй половине прошлого века она увеличилась в 30 раз по сравнению со средне исторической [9].

Польский ученый Ziemnicki (1978) в своё время указывал, что вымывание 18 см почвы, покрытой естественной растительностью, длилось около 500 000 лет, а в сельском хозяйстве на культурных склонах, в зависимости от вида культуры и направления возделывания, это происходит за период от 70 до 5 лет [7].

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) обращает внимание на то, что 95 % продовольствия, которое мы потребляем, прямо или косвенно поступает из наших почв. Даже искусственное мясо, выращенное из горохового белка, нуждается в питательных веществах почвы не меньше, чем пшеница или картофель [4].

Известно достаточно много примеров, когда распространение эрозии происходило на огромных территориях достаточно быстро и приводило к истощению почв и разрушению земель. Эрозия наносит значительный ущерб землям в Канаде, Китае, Индии, Австралии, большинстве стран Африки, Европы и Азии. Так, например, 300 лет назад южная граница пустыни Сахары проходила на 400 км севернее, чем сегодня.

Деградация почв затрагивает регионы по всему миру. Ниже приведём цифры, характеризующий площади эродированных почв в мире, представленные Союзом органического земледелия в работе «Состояние мировых почв в 2022 году» [4].

В Южной Америке эрозия затрагивает более 68 % почв. По данным Совета по защите природных ресурсов, опустынивание угрожает от 27 до 43 % территории в Боливии, Чили, Эквадоре и Перу. Более половины земель в Аргентине, Мексике и Парагвае «непригодны для возделывания» из-за опустынивания. Около 125 миллионов человек, живущих в полузасушливых землях и субгумидных регионах, находятся в зоне риска. Координатор Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (UNCCD) по Латинской Америке и Карибскому бассейну Хосе Мигель Торрико заявил, что «ежегодные затраты на деградацию земель оцениваются для Латинской Америки и Карибского бассейна в $60 млрд. в год».

В Соединенных Штатах ко второй половине 50-х годовой прошлого века эрозия разрушила почти 40 млн. га пашни. К настоящему времени здесь

уничтожено или серьезно повреждено почти 115 млн. га пахотных земель. Эрозия почвы ежегодно обходится США примерно в $37,6 млрд в виде потерь производительности.

В Австралии более 80 % пашни подвержено эрозии. Во время дождевых ливней смыв почвы достигает 100 т/га. В практике фермеров принято считать, что потеря 7 кг почвы вследствие эрозии равен потерям 680 г хлеба.

Почти две трети земель Индии находятся в состоянии деградации. Ежегодные потери урожая из-за эрозии почвы в 7,2 млн. тонн, что составляет от 4 до 6,3% годового сельскохозяйственного производства. Индия по численности населения уже обогнала Китай и стала самая густонаселенная страна на Земле. Это ещё больше обострить проблему почвы.

В Африке деградирует до 65 % продуктивных земель, а опустынивание затрагивает 45% территории континента. Огромную часть этой проблемы составляет обезлесение, и это тоже непростая задача. Ежегодные потери составляют 4 млн. га леса.

По мнению ученых Канады, вследствие развития ветровой и водной эрозии через 50-100 лет некоторые почвы превратятся в бесплодную пустыню, так как во многих регионах страны ежегодно потери почвы на пашне достигают 9 т/га или превышают допустимый уровень. Общий объём потерь от ветровой эрозии – 160 млн. т грунта, от водной – около 117 млн. т.

Таким образом, ухудшение состояния земель затрагивает и богатые и бедные страны. Однако, наиболее остро проблема стоит в Азии и Африке. В некоторых районах Индии и Китая в связи с эрозией и загрязнением почвы ситуация уже близка к критической (площадь сельскохозяйственных угодий недостаточна для того, чтобы прокормить здесь живущих, и резервов для её увеличения нет).

Немногим лучше ситуация и в Европе. Так, по данным Доминика Арруэ, директора группы «Infosol» в Национальном институте агрономических исследований в Орлеане, в одной Франции ежегодно исчезает около 60 тыс. га хороших пахотных земель (основная причина – эрозия почв и урбанизация). Как считают французские ученые, чтобы ответить на этот вызов, необходимо совершить несколько технологических скачков. В частности, немало экспертов возлагают основные надежды на широкое пользование в будущем трансгенных растений, позволяющих получать урожай даже на пустынных и засоленных почвах, площадь которых более и более увеличивается. [6].

Не менее опасно и то, что, по мнению ряда, ученых эрозия становится не только одним из основных источников исчезновения плодородных почв и загрязнения атмосферы, но и важным фактором изменения климата, который всё отчетливее приобретает глобальный масштаб. Европейские ученые обратили внимание на то, что процесс эрозии пахотных земель и опустынивание могут оказывать значительно большее влияние на качество воздуха в глобальном масштабе, чем полагали ранее. Учитывая, что примерно четверть территории европейского континента находится под угрозой опустынивания. Большая её часть сосредоточена в Южной Европе.

Средиземноморье, безусловно, является европейским регионом, наиболее

подверженным деградации почв и опустыниванию, имея самый высокий общий уровень эрозии и самый низкий уровень органического вещества почвы. В последних исследованиях отмечается, что «рост населения, быстрые изменения в землепользовании, связанная с этим социально-экономическая деятельность и изменение климата оказывают сильное давление на почвы региона». Исследователи утверждают, что почвы Средиземноморья достигают «критических пределов своей способности оказывать экосистемные услуги». К таким услугам относятся земледелие и улавливание углерода [5].

По прогнозу ООН, население мира к 2050 г. увеличится на 3,3 млрд человек и достигнет более 9 млрд. Если в течение первой половины XX в. площадь под зерновыми на душу населения сократилась в мире с 0,23 до 0,12 га, то к 2005 г. она составит всего 0,07 га. А это уже критическая величина, компенсировать которую дальнейшим повышением плодородия почв будет очень трудно. Пришла пора понять, что плодородная почва – это конечный природный ресурс, для жизни человека не менее значимый, чем чистый воздух и пресная вода! [9]. Если мы не начнем действовать прямо сейчас, то к **2050 году в результате эрозии будет уничтожено 90% всей почвы планеты**. Речь идет о разрушении её верхнего плодородного слоя водой, ветром или в результате интенсивной обработки. В некоторых случаях почвенная эрозия происходит естественным образом во всех климатических условиях и на всех континентах. Но преимущественно она вызвана деятельностью человека, такой как интенсивное земледелие и вырубка лесов [8]**.**

Нынешние темпы деградации почв ставят под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои самые насущные потребности. Обеспечить их продовольствием можно за счет повышения урожайности и улучшения качества выращиваемой продукции на здоровых почвах. К тому же почва служит своего рода фильтром и очищает ежегодно десятки тысяч кубических километров воды. Выступая в качестве основного хранилища углерода, почвы помогают также регулировать выбросы CO_2 и других парниковых газов, и, таким образом, являются важной составляющей в борьбе с изменением климата.

В России эрозия интенсивно распространяться начала в конце XIX века. Уничтожение лесной растительности, освоение новых земель с применением отвальной вспашки, уничтожение травянистой растительности, к тому же ещё и низкий уровень агротехнологий обеспечили быстрое развитие эрозии. В наибольшей степени пострадала Центрально-Черноземная зона. В 1946 г. в ЦЧЗ России под пашней находилось 41,2 % территории, под лесом – 20 %, под целиной – 23,2 %. К 1987 г. площадь пашни выросла до 69 %, а площади лесов и целинных земель уменьшилась до 25,6 %. В 1914 г. доля пашни уже составляла около 80 %, площадь лесов – 6-7 %. В настоящее время в ряде регионов удельный вес пашни достигает 90% и более [5].

Сельскохозяйственное производство на большей части территории России ведется в сравнительно неблагоприятных климатических и почвенно-гидрологических условиях. В 2020 году российские ученые оценили состояние земель в России на основе концепции нейтрального баланса их деградации. С

использованием принципа «полного охвата» расчёт для России в целом показывает долю деградированных земель 12,3 %, что представляется сильно усредненным показателем для страны с высоким разнообразием социально-экономических и физикогеографических условий. Варьирование доли деградированных земель, рассчитанной по данному методу, составляет от около 63-67 % в Ростовской и Волгоградской областях до менее 1% в Амурской, Калужской и Ивановской областях [4].

На 1 января 2022 года по данным Росреестра в Российской Федерации общая площадь сельскохозяйственных угодий в составе земель с.-х. назначения составила 197,7 млн. га, в том числе общая площадь пашни – 116,2 млн. га (58,7 %). Общая обследованная площадь угодий в 2021 г. составила 11 460,77 тыс. га. Установлено, что в общей обследованной площади на территории Российской Федерации наибольшую долю среди негативных процессов составила **водная** (1 823,12 тыс. га, или **15,9 %** обследованной площади) и **ветровая эрозии** (1 404,22 тыс. га, или **12,3 %**). Другие виды негативных процессов также получили распространение, но на значительно меньших площадях, составляя по переувлажненным почвам 561,19 тыс. га, или 4,9 %, по их засолению – 197,26 тыс. га, или 1,7 % [2, 3].

Общая площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных водной эрозии, по степени эродированности распределяется следующим образом: *слабосмытые почвы* наиболее распространены – занимают 1 466,65 тыс. га, что составляет 80,4 %, *среднесмытые* на площади 312,18 тыс. га (17,1 %), *сильносмытые* – на 44,29 тыс. га (2,5%). Основную долю почв, подверженных дефляции составляла: *слабодефлированные почвы*, занимают 1 007,09 тыс. га, что составляет около 71,7%, *среднедефлированные* распространены на 361,63 тыс. га (25,8%), *сильнодефлированные* – на 35,50 тыс. га (2,5%) [2, 3].

В заключении следует отметить, что, к сожалению, приходиться констатировать, следующее. Во-первых, проведение мероприятий по защите почв от эрозии приносит дополнительные расходы, а в настоящее время не каждое сельскохозяйственное предприятие способно выполнять подобные работы, чтобы уменьшить или замедлить эрозионные процессы. Однако случается, что и крупные предприятия, у которых есть возможности для этого, стараются сэкономить на защите почвы от эрозии, выполняя только минимум защитных мероприятий. Во-вторых, решение эрозионных проблем возможно только в результате принятия законодательных актов на государственном уровне.

Библиографический список

1. Глобальный симпозиум по эрозии: [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/ru/ (Дата обращения: 25.08.2023).
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году: [Электронный ресурс]. М., Росреестр, 2023. – 189 с. URL: http://www.rosreestr.gov.ru. (Дата обращения: 14.08.2023).
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2021 году: [Электронный ресурс]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 356 с. URL: https://rshzm.ru/report. (Дата обращения: 14.08.2023).

4. Состояние мировых почв в 2022 году – некоторые цифры: [Электронный ресурс]. URL: https://soz.bio/sostoyanie-mirovykh-pochv-v-2022-godu-nekot/. (Дата обращения: 21.08.2023).
5. Страны лидеры по скорости развития эрозии почв: [Электронный ресурс]. 2021. URL: https://torise.ru/strany-lidery-po-skorosti-razvitiya-erozii-pochv/. http://ikar.ru/1/articles/327/. (Дата обращения: 15.08.2023).
6. Экология и современность. База данных: [Электронный ресурс]. URL: https://www.ggcbs.gomel.by/templates/ggcbs/images/ecology/3197.pdf. (Дата обращения: 18.08.2023).
7. Эрозия – актуальная проблема деградации почв. Статьи экспертов: [Электронный ресурс]. 2021. URL: http://ikar.ru/1/articles/327/. (Дата обращения: 18.08.2023).
8. URL: https://news.un.org/ru/story/2019/12/1368501. (Дата обращения: 24.08.2023).
9. URL: https://obrazovanie-gid.ru/soobscheniya/soobschenie-degradaciya-pochv-ugroza-globalnoj-prodovolstvennoj-bezopasnosti.html/. (Дата обращения: 24.08.2023).

УДК 631.432:621.317.738

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ПОЙМЕННО-ЛУГОВОЙ ПОЧВ ОТ ВЛАЖНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Гюлалыев Ч.Г.
Институт Географии Министерство Науки и
Образования Азербайджанской Республики, г.Баку,
E-mail: *ch_gulaliyev @yahoo.com*

Резюме. *Экспериментальным путем исследованы зависимость коэффициент температуропроводности (К) пойменно-луговой почв (in WRB- Molli-Cileyic Fluvisoil) (IUSS Working Group WRB. 2014) от влажности и гранулометрических состова. Установлено, что с увеличением влажности пойменно-луговой почвы в начале коэффициенты температуропроводности резко растут, затем при определенной влажности достигает максимума и уменьшаются. С увеличением гранулометрических составов температуропроводность носит обратный характер.*
Ключевые слова: *почва, температуропроводность, влажность, гранулометрический состав, пойменно-луговой.*
Summary*. The dependence of the coefficient of thermal diffusivity (K) of alluvial meadow loamy soils (in WRB-Molli-Cileyic Fluvisoil) (IUSS Working Group WRB. 2014) on humidity and granulometric composition.*
It has been established that with an increase in the moisture content of alluvial meadow loamy soils, at the beginning, the coefficients of thermal diffusivity increase sharply, then at a certain humidity it reaches a maximum and decreases.
With an increase in particle size distributions, the thermal diffusivity becomes reverse character.
Key words: *soil, thermal diffusivity, humidity, granulometric composition, alluvial meadow loamy soils.*

Введение. При изучении теплового режима почв и решении целого ряда теоретических, практических вопросов почвоведения необходимо знание теплофизических (*теплопроводность, температуропроводность, объемной теплоемкость и теплоусвояемость*) характеристик различных почв [1, 3, 6,]. Потому что, зная изменчивость теплофизических характеристик, влажность и градиент температуры в почве, можно оценить изменчивость теплового режима почв [5, 7, 8].

Как известно, плодородие пахотных земель и продуктивность возделываемых на них культур, тесно связаны с такими физическими характеристиками как водный и тепловой режим почв. На тепловой и водный режим почв можно положительно воздействовать, если будут известны их термические характеристики, такие как температуропроводность (К). Выравнивание температуры в почве характеризуется коэффициентом температуропроводности. Этот коэффициент почвы имеет важное значение в ее нагреве. Коэффициент температуропроводности зависит от таких свойств почвы как: структура, влажность, объемный вес, химико-минералогический состав, удельная поверхность, гранулометрических состав и ряд других факторов. Поэтому несомненный интерес представляет изучение влияния коэффициента температуропроводности в зависимости от влажности и гранулометрического состава почв.

Объекты и методы. Для примера исследования провели на пойменно-луговых почвах *(in WRB- Molli-Cileyic Fluvisoil)* (IUSS Working Group WRB. 2014) в сухостепной зоне Кура-Араксинской низменности Азербайджанской республики. Разрез расположен в Мугано-Сальянском массиве, село Кюркенди (40°01′57″ с.ш. 48°29′08″ в.д.) Сабирабадского района Азербайджанской республики, на правобережной надпойменной террасе реки Кура (на расстоянии 0,5 км от современной ее поймы к юго-востоку от Куры). Почвообразующие породы представляют собой карбонатно-слоистый аллювий реки Кура. Для наглядности ниже приводим морфологическое описание пойменно-луговых почв.

A_n 0-22 см – Темно-буроватый, легкоглинистый, крупно-комковатый, плотный, корни-корешки, трещины, влажноватый, переход постепенный, слабо вскипает.

Auvz 22-41 см – Серовато-бурый, легкоглинистый, крупно-глыбистый, плотный, корни-корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

AUz 41-52 см – Буровато-палевый, среднесуглинистый, глыбистый, плотный, корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

A/B 52-76 см – Палевый, легкоглинистый, структура не выражена, рыхлый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

B/Cg 76-82 см – Буро-палевый, легкоглинистый, плотноватый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

Cg 82-115 см – Желтовато-палевый, легкоглинистый, пластинчатый, плотный, влажный, бурно вскипает.

Климат объекта исследования, находящегося в регионе с мягкой зимой и жарким летом, т.е. в зоне степей и полупустынь, характеизуется суммарной годовой нормой радиации 140 ккал/см^3, среднегодовой температурой – 14^{0}C, средней относительной влажностью воздуха – 76 %. Среднегодовая норма осадков – 310 мм, годовая норма испаряемости – 900-1000 мм, естественная растительность – полупустынная. Гранулометрический состав почвы в среднем тяжелосуглинистый, иногда легкоглинистый. Содержание ила и физической глины в этой фракции умеренно изменяется. В местах, более удаленных от речных русел, на склонах или в неглубоких плоских галлах, где исключается длительный застой

поверхностных вод, формируются молодые почвы, но более тяжелого гранулометрического состава.

Пойменно-луговые почвы Мугано-Сальянского массива по гранулометрическому составу примерно однообразны. Физическая глина (<0,01 мм) по всему профилю незначительно уменьшается. Выявляются некоторые перемещения илистых фракций из верхних в нижележащие горизонты. Илистые фракции по всему профилю распределяются неравномерно, по профилю их содержание колеблется в пределах от 30,70 % до 37,97 %.

Содержание гумуса незначительно – около 2,14 %, вниз до материнской породы приближается к 0,3-0,2 % и меньше. Содержания солей в верхних слоях почв ничтожны, но постепенно повышаются вниз по почвенному профилю. Плотный остаток колеблется от 0,098 до 0,0156 %. В целом почва относятся к незасоленным. Плотность почв меняется в пределах 1,15-1,26 г/см^3, удельный вес – 2,69-2,72 г/см^3, общая порозность – 52,2-57,1 %.

Характеристики влажности почвы для теплофизических коэффициентов изучались в интервале от гигроскопической влажности до предельно полевой влагоемности (Исследования проводились в широком диапазоне влажностей 2-32 %) через каждые 4 %. Плотность почввы исследовали в пределах от 1,1 до 1,4 г/см^3 с шагом 0,1 г/см^3.

Инструментальное определение коэффициента температуропроводности проводилось методом колориметрии, регулярного теплового режима Г.М. Кондратьева. Теоретическое и практическое осуществление этого метода можно найти в трудах Г.М.Кондратьева и его последователей [4]. Полевые и лабораторные работы выполнялись по общепринятым методикам, принятым в почвоведении. Гранулометрический состав – методом пипетки, с обработкой пирофосфатом натрия – методом Н.А. Качинско [2].

Результаты и обсуждение. По итогам лабораторным измерений, при анализе полученных данных были составлены графики зависимостей коэффициентов температуропроводности от влажности (Рис.1) и гранулометрического состава (Рис. 2) пойменно-луговой почвы.

На рис. 1. показана зависимость коэффициента температуроводности от исходных влажностей по генетическим горизонтам исследованных нами почв, при одинаковых значениях плотности, равной 1,3 г/см^3. Как видно из рис.1, коэффициент температуропроводности во всех случаях имеет свою характерную кривую, при различных значениях исходной влажности достигает максимального значения.

Анализируя влажностные кривые *K* почв, замечаем, что, начиная примерно со значений исходных влажностей, наблюдается увеличение численной величины коэффициента температуропроводности. Такой порядок в распределении величины коэффициента температуропроводности почв сохраняется вплоть до максимального значения. Эта влажность является критической, при этой влажности температуропроводность достигает максимального значении. Дальнейшее увеличение исходных влажностей вызывает спад величины коэффициента температуропроводности почвы.

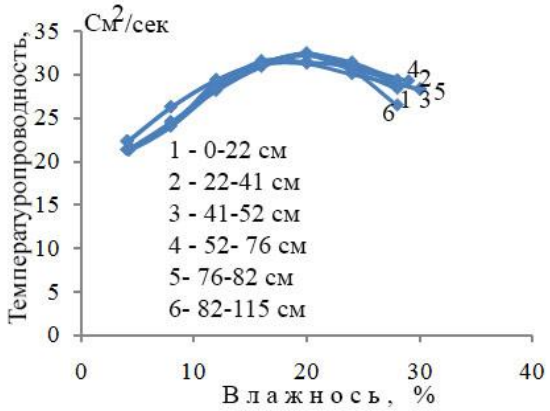


Рисунок 1 – Зависимость *К* от влажности

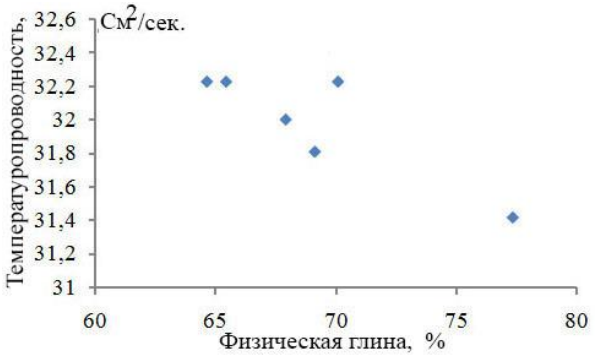


Рисунок 2 – Зависимость *К* от физической глины

Интервал влажностей, при котором коэффициент температуропроводности достигает максимального значения, находится в пределах от 20 до 26 % весовой влажности. При дальнейшем увеличении влажности, коэффициент температуропроводности начинает уменьшаться. Если рассмотреть область влажностей, при которых температуропроводность достигает максимального значения, то можно увидеть, что ширина максимума также дифференцированно зависит от объектов исследования.

В качестве изменения коэффициента температуропроводности от гранулометрического состава показано на рисунке 2 (при максимальном значении коэффициента температуропроводности и 1,3 г/см^3 плотности). Можно увидеть, что при возрастании гранулометрического состава почв теплофизические коэффициенты уменьшаются. Экспериментальные точки распределяются в основном около некоторой прямой линии. Такое линейное распределение теплофизических характеристик почв наблюдается не только при исследовании верхнего горизонта, но и при исследовании теплофизических характеристик почв в зависимости от их генетического профиля. Из рисунка 2 видно, что легко прослеживаются довольно четкие зависимости коэффициента температуропроводности от физического глины. Заметим, что диапазон изменения физической глины находится в интервале от 65 % до 80 %.

Анализ зависимости, представленной на рисунке 2, показывает, что чем меньше содержание физической глины в почве, тем больше ее температуропроводность, т.е. подтверждается теоретически выведенные закономерности: чем крупнее размеры зерен, тем больше теплопроводность вещества. Другими словами, чем выше величина температуропроводности, тем больше процентное содержание частиц размерами более 0,01 мм и тем лучше выражена структурность почв. Это положение в сочетании с другими должно быть учтено при диагностических характеристиках почв.

Подводя итог экспериментальной части проведенных исследований, следует отметить, что все опыты выполнены в многократной повторности.

Заключение. Результаты экспериментальных исследований показывают, что коэффициент температуропроводности (К) почвы от воздушно-сухого её состояния до величины максимальной гигроскопичности резко возрастает,

затем темп роста ее замедляется и при определенной влажности (близкой к значению максимальной молекулярной) достигает наибольшего значения.

Библиографический список

1. Архангельская Т.А. Параметры зависимости температуропроводности минеральных почв от влажности для различных текстурных классов // Почвоведение. – 2020. – № 1. – С. 44-55.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат,1986. – 416 с.
3. Гюлалыев Ч.Г. Влияние влажности и удельной поверхности на температуропроводность почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 8 (130). –С. 71-75.
4. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. – М.: Гостехиздат, 1954. – 408 с.
5. Чичулин А.В., Герайзаде А.П.,Гюлалыев Ч.Г. Характер взаимосвязей между почвами и гидротермическими условиями почвообразования // Таврійський науковий вісник. – 2017. – Вип. 98. – С. 134-142.
6. Polyakov D.G., Arkhangelskaya T.A., Ryabukha A.G., Kovda I.V. Thermal diffusivity of the cryomorphic soils of steppe complexes on limestone // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – N 9. P. 1328-1336.
7. Usowicz B.: Статистико-физическая модель теплопроводности в почве Polish // Почвоведение. – 1992. – Т. 25/1. – P.27-35.
8. Usowicz B. Amethod for the estimation of thermal properties of soil // Agrophysics. – 1993. – № 7. – С. 27-34.

УДК 911.52

НООЛАНДШАФТОСФЕРА ПРИОРИТЕТНАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Старожилов В.Т.

Дальневосточный Федеральный университет ИМО,

Тихоокеанский международный ландшафтный центр, г. Владивосток

E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Резюме. *Нооландшафтосфера, представляющая собой природный «фундамент» практик любого освоения планеты Земля, впервые рассматривается как приоритетная ландшафтная основа развития инновационных технологий землепользования. Формулируется, что внедрение и развитие новых технологий любого типа землепользования любой ландшафтной территории затрагивает прежде всего ландшафтные компоненты и в целом ландшафты. Именно ландшафт и организованная ими нооландшафтосфера является первоначальными объектами при планировании и развитии инновационных технологий землепользования. Утверждается, что развитие технологий землепользования должно осуществляться с применением приоритетной основы – нооландшафтосферы.*

Ключевые слова: *Нооландшафтосфера, ландшафт, землепользование, ландшафтный «фундамент», освоение.*

Summary. *The noolandscapesphere, which is the natural "foundation" of the practices of any development of the planet Earth, is for the first time considered as a priority landscape basis for the development of innovative land use technologies. It is formulated that the introduction and development of new technologies of any type of land use of any landscape area primarily affects landscape components and landscapes in general. It is the landscape and the noolandscapesphere organized by them that are the initial objects in the planning and development of innovative land use technologies. It is argued that the development of land use technologies should be carried out using the priority basis – the noolandscapesphere.*

Key words: *Noolandscapesphere, landscape, land use, landscape "foundation", development.*

Введение. Разработанная в Дальневосточном федеральном университете ландшафтной школой профессора Старожилова нооландшафтосфера как природный «фундамента» пространственной организации территорий любого освоения планеты Земля, ранее не рассматривалась как основа моделирования пространственной организации природного «фундамента» для построения гармонизированных с природой моделей развития инновационных технологий землепользования. В настоящей работе нами на основе многолетних геолого-географических, географических исследований и работы на кафедре почвоведения и организацией в ДВФУ агроландшафтного сектора впервые рассматривается новый инновационный подход к ландшафтным основам организации, планирования и развития инновационных технологий землепользования на основе применения междисциплинарного мышления и комплексного подхода к компонентам природы. Многолетними исследованиями природы (ландшафтов) установлено, что именно ландшафт (как природное тело) и в целом нооландшафтосфера является первоначальными объектами, фокусом и основой для гармонизированного с природой построения моделей землепользования. При построении моделей проектировщики должны иметь материалы по природным основам освоения (ландшафтам) и только после их индикации, анализа и синтеза, оценки проводить работы по проектированию, планированию объектов развития инновационных технологий землепользования. *То есть первоначальным объектом внимания землепользования является нооландшафтосфера и её составляющие природные тела (ландшафты). Они вовлекаются в оценку уже на первоначальном этапе планирования, внедрение новых технологий зависит от результатов оценки возможностей вовлечения ландшафтов в проектирование.* В целом выбор ландшафтных параметров, создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации на основе нооландшафтосферы и её ландшафтных структур, обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития территорий представляют собой важное для развития общества особое ландшафтное научно-прикладное направление ландшафтопользования и по результатам научно-практических разработок ландшафтной школы профессора Старожилова ранее были выделено в особую востребованную при освоении территорий ландшафтную научно-прикладную парадигму деятельности общества. Была названа, так как связана с использованием природных тел, называемых ландшафтами, как парадигма «ландшафтопользование России». Она формулируется как создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий землепользования в связи с освоением территорий, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. В настоящей

работе парадигма «ландшафтопользование России» рассматривается основой для построения нооландшафтосферы, которую предлагается применять как основу развития инновационных технологий землепользования.

Цель публикации: обосновать в Российской науке и практике применять нооландшафтосферу – фундамент практик освоения планеты Земля – как основу развития инновационных технологий землепопользования с использованием моделей научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Материалы и методы. Используется материал по ландшафтам, полученный благодаря работам по Тихоокеанскому ландшафтному поясу, а также при разработке парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индикации и планирования, разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России, а также по ландшафтному звену выстраивания планирования и развития почвенных, сельскохозяйственных, экономических, градостроительных и др. структур осваиваемых территорий, необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан и разработок к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России – Мировой океан. Кроме того, использовались материалы разработок по земледелию: «нооландшафтосфера фундамент практик земледелия планеты Земля» (библиот. 49611061), «Ландшафтопользование парадигма основа моделирования природного фундамента земледелия планеты Земля» (библиот. 49611059), «Ландшафтные структуры адаптации земледелия геосистемы «Восток России-мировой океан» (DOI: 10.35735/9785604701171_248), «Новый программно-целевой подход парадигмы ландшафтопользования к адаптации земледелия» (eLIBRARY ID: 48863915).

Общей методологической основой моделирования, выделения и формулирования нооландшафтосферы как приоритетной основы развития инновационных технологий землепользования используется основа ландшафтного научно-прикладного направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, направленного на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы и общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

При моделировании и выделении приоритетной основы используется методология новой ландшафтной стратегии к пространственному развитию

геосистемы континент-Мировой океан. Это, прежде всего, сформулированные базовые подходы к её разработке на основе современных, прогрессивных результатов ландшафтной научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», разработанной Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Значимым является то, что в основу выделения приоритетной основы положены направленные на практическую реализацию ландшафтного подхода многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырской ландшафтных областей.

Выделение нооландшафтосферы как основы развития инновационных технологий землепользования определяется полученным фундаментальным результатом по ландшафтам континентального обрамления Тихого океана в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс. Важно отметить, что именно с получением фундаментального результата по ландшафтам и их картографических разномасштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать их между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей землепользования. Использование его при освоении в свою очередь повлекло многократное его использование, и чтобы сохранить их сопоставимость необходимо было провести стандартизацию и паспортизацию консервативного внутреннего содержания ландшафтов и составить документ на каждый ландшафт (паспорт). При этом под ландшафтом нами понимается – природное тело, имеющие высотную (верхнюю), глубинную (нижнюю) и горизонтальную (площадную) границы, с внутренним содержанием взаимосвязанных, взаимообусловленных и взаимопроникающих друг в друга компонентов (вещественные комплексы литосферы, тектоника, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы) с дифференциацией, подчиняющейся высотной и широтной зональности, и организованных ответственными за них орогеническим, орографическим, климатическим, фиторастительным факторами в определенных зональных и азональных условиях в каждый момент своего существования.

Кроме того, в качестве доказательной базы определения приоритетной основы развития инновационных технологий землепользования взяты результаты исследования по районированию Тихоокеанского ландшафтного пояса. Используются результаты по ландшафтному районированию континентального и морского звена диалектической пары пояса геосистемы Восток России-Мировой океан. Выделены ландшафтные области, провинции и округа. Применялись результаты применения ландшафтных материалов в различных областях практики, например в гидромелиорации, геохимии, экологии и др. [1-10].

Результаты. Впервые выделена и формулируется нооландшафтосфера – фундамент практик освоения планеты Земля – как основа развития инновационных технологий землепользования с использованием моделей научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий землепользования в связи с освоением, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. Нооландшафтосфера сложена ландшафтами, внутреннее содержание которых включают такие компоненты как вещественные комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы.

Установлена необходимость использования междисциплинарного мышления, междисциплинарного сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом окраинно-континентальной дихотомии и данных по орогеническому, орографическому, климатическому, фиторастительному, биогенному факторам формирования землепользования.

Заключение. На сегодняшний день для Востока России и России в целом в результате применения основ парадигмы «ландшафтопользование России» определены основы ландшафтного «фундамента» для практической реализации его в проведении ландшафтного развития инновационных технологий землепользования. Такой приоритетной основой по результатам исследований профессора Старожилова выделена и формулируется новая глобальная геологическая оболочка Земли, которую предложено называть нооландшафтосфера. Она представляет собой фундамент практик освоения планеты Земля. Использование моделей ландшафтного «фундамента» в ландшафтном развитии инновационных технологий землепользования поможет определить приоритеты и механизмы развития землепользования, разработать меры по стимулированию его развития и приоритетные инфраструктурные проекты, необходимые для пространственного развития землепользования Востока России и России в целом.

Библиографический список

1. Старожилов В.Т. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования. Гераськин М.М., Троицкий В.П., Нестерова О.В., Старожилов В.Т., Пилипушка В.Н. учебное пособие. – Владивосток, 2009.
2. Старожилов В.Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков. / Леонинко А.В., Старожилов В.Т. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №55. – С. 353– 362.
3. Старожилов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья / Фосфаты Дальнего Востока. Влдадивосток, 1980. – С. 131-134.
4. Старожилов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья. / В сборнике: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 100-108.
5. Старожилов В.Т., Суржик М.М. Общее ландшафтоведение и использовании ландшафтного подхода в экологическом мониторинге. – Уссурийск, 2014.

6. Старожилов В.Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите. / Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология: матер. шестой науч. конф.: к всемирным дням Воды и Метеорологии. 2005.– С. 174 -179.
7. Старожилов В.Т. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции: Старожилов В.Т., Матвеенко Т. И., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Коробова И. В. Владивосток, 2009.
8. Старожилов В.Т. Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье. / Изв. Рос. акад. Наук. – Сер.геогр. – 2013. – № 1. – С. 99-104.
9. Старожилов В.Т. и др. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Ткаченко В.И., Евсеев А.Б.: Горн. информ. аналит. бюллет. – 2009. – № 55. – С.271-277.
10. Старожилов В.Т. и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / Солодянкина С.В., Кошкарев А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожилов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В. // География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42. – № 3. – С. 23-36.

УДК 631.512:631:58.03

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Агеев А.А., Анисимов Ю.Б., Калюжина Е.Л.
ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», г. Челябинск
E-mail: *chniisx2@mail.ru*

Резюме. *В настоящей работе целью исследований лаборатории агроландшафтного земледелия за период 2013-2022 гг. являлось определение эффективности ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур, обеспечивающих устойчивость получения урожайности в системе адаптивно-ландшафтного земледелия Южного Зауралья. Ресурсосбережение сосредоточено в направлении дальнейшей минимизации обработки почвы вплоть до систематического прямого посева на фоне факторов интенсификации, что является наиболее экологизированным способом для восстановления почвы и повышения продуктивности пашни в полевых биологизированных севооборотах.*

Summary. *In the current research conducted by the Agrolandscape Agriculture Laboratory during the period from 2013 to 2022, the goal was to determine the effectiveness of resource-saving technologies for cultivating grain crops, ensuring the sustainability of yield production within the framework of adaptive landscape agriculture in the Southern Trans-Urals region. Resource conservation was focused on further minimizing soil tillage, moving towards systematic no-till cultivation in the context of intensification factors. This approach represents the most environmentally friendly method for soil restoration and increasing field productivity in biologized crop rotations.*

Эффективность земледелия в настоящее время, как показывает передовой опыт отечественного и зарубежного сельскохозяйственного производства, определяется, прежде всего, уровнем интенсификации и рациональным использованием природных и антропогенных ресурсов [1].

В Южном Зауралье основным направлением стабилизации производства зерна является совершенствование общепринятых технологий возделывания зерновых культур на основе ресурсосберегающих и почвозащитных систем обработки почвы в полевых севооборотах [2, 3].

Задача современных исследований заключается в выявлении

закономерностей влияния минимизации обработки почвы под различные культуры и отказа от нее на свойства и режимы почв, функционирование агроценозов и обоснование оптимальных вариантов систем обработки почвы применительно к различным условиям ведения земледелия [4-6].

Целью наших исследований являлось установить эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур, обеспечивающих устойчивость получения урожайности в условиях интенсификации и ресурсосбережения в системе адаптивно-ландшафтного земледелия Южного Зауралья.

Объекты и методы исследований. В настоящее время лабораторией агроландшафтного земледелия на опытном поле ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» выполняются полевые эксперименты по изучению ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур при различных системах обработки почвы в полевых севооборотах, включая систематический прямой посев, в условиях северного лесостепного агроландшафта Южного Зауралья [7, 8].

В полевом **опыте 1** исследование проводили в 2013-2020 гг. на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1976 году на опытном поле. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,9-7,3 %. Изучались четыре системы обработки почвы по классификации Кирюшина В.И. и Иванова А.Л. [9]: отвальная **(**контроль**)** с вспашкой**,** комбинированная с сочетанием безотвальной обработки с вспашкой раз за ротацию, минимальная (плоскорезная) и нулевая (No-till) с систематическим прямым посевом. Системы обработки почвы изучались в трех полевых севооборотах с чередованием культур: зернопаровом – пар-пшеница-горох-ячмень; плодосменном – рапс-пшеница-горох-пшеница; зернопаротравяном – пар-озимая рожь-горох-пшеница-однолетние травы-ячмень с насыщением зерновыми культурами от 67 % до 100 %. В севооборотах вносилось N_{20-30} кг д.в. и P_{20-35} кг д.в. на 1 га пашни, которые дифференцировались под отдельные культуры в зависимости от технологии их возделывания и размещения в севообороте. При системе No-till дополнительно на 1 га севооборотной площади вносится 15 кг д.в. азота.

В полевом **опыте 2** целью настоящих исследований в 2014-2022 гг. является изучение эффективности биологизированных севооборотов на фоне применения технологии систематического прямого посева на выщелоченном черноземе северного лесостепного агроландшафта Челябинской области. Схемой опыта предусмотрено 6 вариантов полевых севооборотов в сравнении с бессменным посевом яровой пшеницы: 1. пар – оз. рожь – горох+овёс –пшеница; 2. рапс – пшеница – горох+овёс – пшеница; 3. люпин – пшеница – пшеница – ячмень; 4. соя – пшеница – горох+овёс – ячмень; 5. пар – оз. рожь – люпин – пшеница – лён – пшеница; 6. пшеница (бессменно**)** на 2-х фонах питания: удобренном азотными удобрениями $N_{17,5-40}$ и при естественном плодородии.

В полевом **опыте 3** с 2021 года цель исследования заключалась в дальнейшем изучении минимизации обработки почвы и прямого посева в условиях северного лесостепного агроландшафта Южного Зауралья в системе 4-х польного плодосменного севооборота. Изучаются следующие технологии

возделывания полевых культур, основанных на различных системах обработки почвы: комбинированная, предусматривающая сочетание безотвальной обработки под культуры севооборота на глубину 10-12 см со вспашкой на глубину 25-27 см один раз за ротацию севооборота (контроль), минимальная (мульчирующая), предусматривающая в севообороте ежегодную плоскорезную обработку почвы на глубину 10-12 см., нулевая (без механической обработки почвы), прямой посев, на 2-х фонах удобренности, с азотными удобрениями в дозе N_{30} и при естественном плодородии. В опытах применись общепринятые и новые методики по проведению полевых экспериментов [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Многолетним исследованием в полевом **опыте 1** установлено, что устойчивое производство зерна 2,31 т з.е. с 1 га пашни с рентабельностью 122 % получено в 4-х польном зернопаровом севообороте при комбинированной системе обработки почвы. Технология возделывания зерновых культур с применением минимальной системы обработки почвы оказалась на 2-ом месте по продуктивности, но по уровню рентабельности была равнозначна действию контроля.

Систематический прямой посев в данном севообороте обеспечивал сбор зерна 2,12 т зерновых единиц с 1 га севооборотной площади с рентабельностью 79 % (рис. 1).

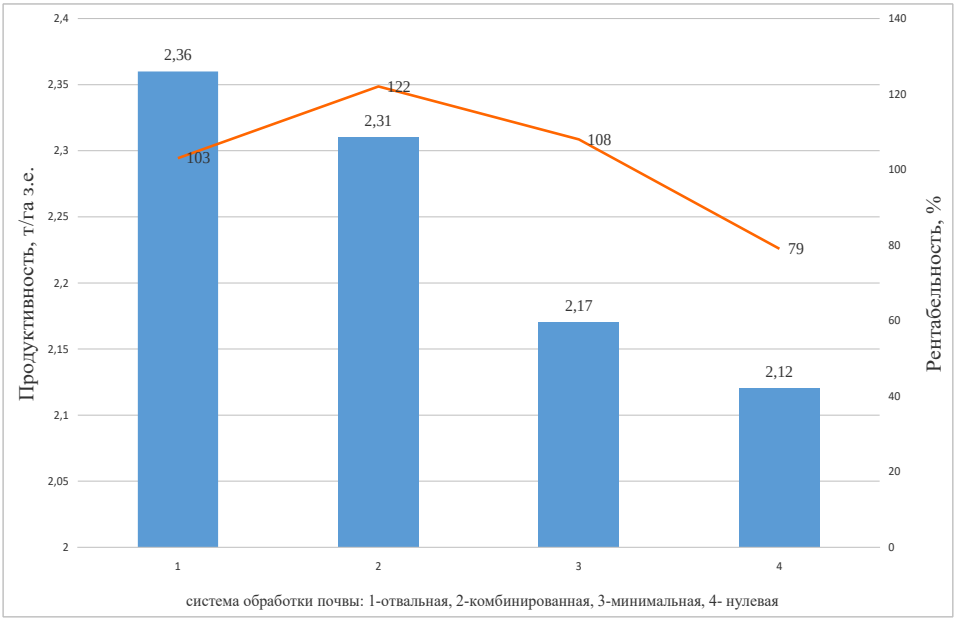


Рисунок 1 – Продуктивность и рентабельность производства зерна в 4-х польном зернопаровом севообороте: пар-пшеница - горох-ячмень, среднее за 2013-2020 гг.

Введение в зерновое производство лесостепного агроландшафта Южного Зауралья более интенсивного 4-х польного плодосменного севооборота в отличие от типичного зернопарового севооборота повышает продуктивность культур по выходу продукции с 1 га пашни и рентабельность на 83 % по минимальной системе обработки почвы и на 73 % по нулевой системе обработки почвы (рис. 2). Таким образом, возделывание сельскохозяйственных культур на черноземах в системе прямого посева с освоением плодосменных севооборотов,

сохранением растительных остатков на поверхности почвы позволяет повысить плодородие почвы, увеличить разнообразие почвенной биоты, экологическую устойчивость агроценоза, используя биологические методы создать благоприятные условия для подавления патогенных микроорганизмов [12].

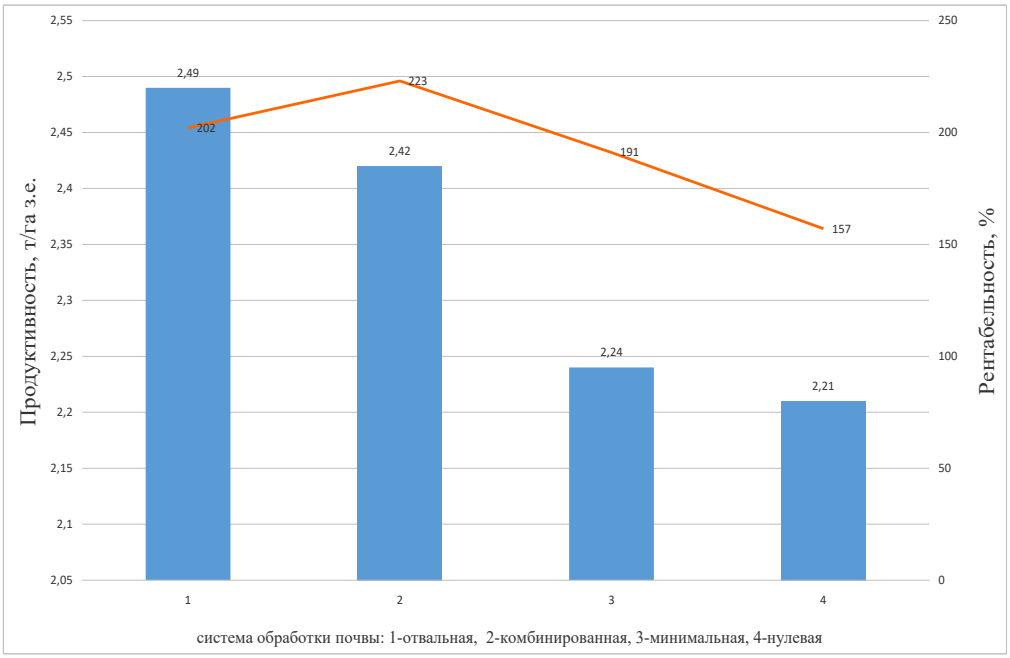


Рисунок 2 – Продуктивность и рентабельность производства зерна в 4-х польном плодосменном севообороте: рапс – пшеница – горох – пшеница, среднее за 2013-2020 гг.

По данным полевого **опыта 2** средняя урожайность зерна в интенсивных 4-х польных зерновых севооборотах с чередованием: рапс – пшеница – горох – пшеница, соя – пшеница – горох – ячмень, люпин – пшеница – пшеница – ячмень на фоне нулевой обработки почвы с применением азотных удобрений получено зерновых единиц 2,3 т, 2,44 т и 2,55 т с 1 га пашни соответственно. Исследованием установлено, что возделывание зерновых культур в севооборотах на фоне систематического прямого посева с использованием приемов биологизации (разнообразие культур) и интенсификации (минеральные удобрения) получено увеличение продуктивности полевых севооборотов на 18 % на естественном фоне минерального питания и на 22 % с умеренными дозами азотных удобрений.

В полевом **опыте 3**, исследованием установлено, что нулевая технология с применением прямого посева на фоне внесения умеренных доз азотных удобрений обеспечила урожайность зерна 2,41 т/га (рис. 3). Она оказалась равнозначна комбинированной технологии по урожайности и рентабельности производства продукции. Средняя урожайность зерна по минимальной технологии составила 2,1 т/га. Наблюдения показали, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы более значимые по нулевой технологии за счет мульчирования соломой и ПКО, количество которых составило 4,6 т/га. Засоренность по удельной массе сорной растительности в посевах культур при применении

прямого посева оказалась ниже порога вредоносности сорняков на фоне опрыскивания глифосатом и баковой смесью гербицидов.

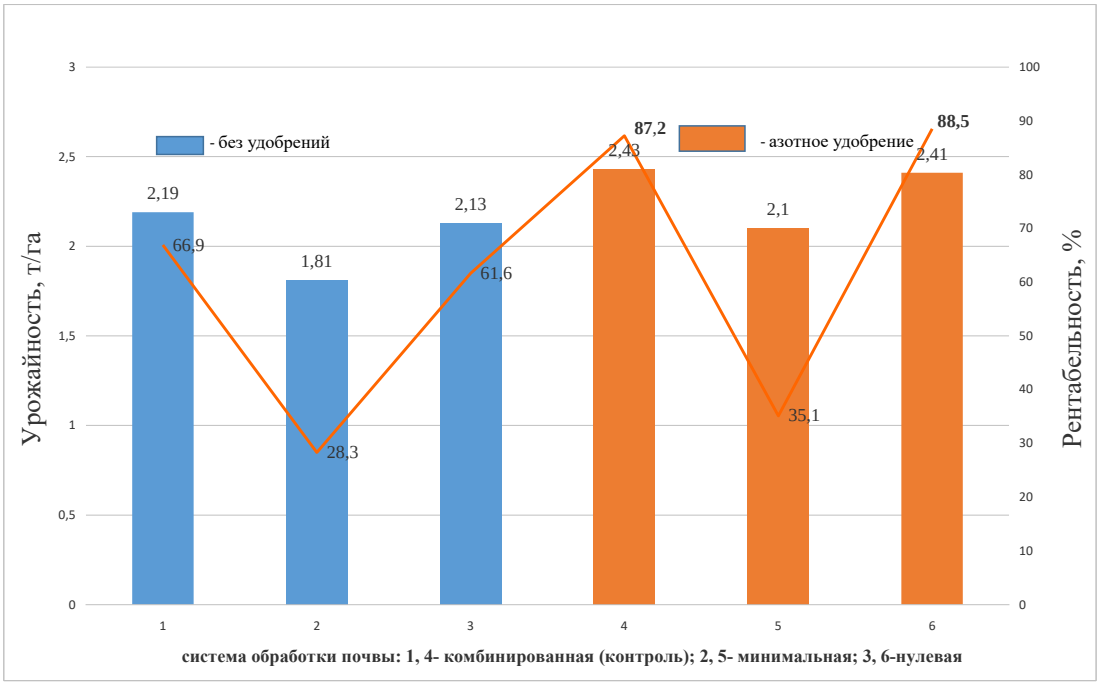


Рисунок 3 – Урожайность и рентабельность производства зерна в 4-х польном плодосменном севообороте в зависимости от систем обработки почвы, среднее за 2021 - 2022 гг.

Выводы. Ресурсосбережение в технологиях возделывания зерновых культур сосредоточено в направлении дальнейшей минимизации обработки почвы вплоть до систематического прямого посева на фоне факторов интенсификации, что является наиболее экологизированным способом для восстановления почвы и повышения продуктивности пашни в адаптивно-ландшафтном земледелия Южного Зауралья. Минимальная обработка почвы равноценна комбинированной технологии по экономической эффективности производства зерна. Нулевая технология (прямой посев) в полевых севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами обеспечивает устойчивый сбор зерновых единиц свыше 2,1 т с 1 га пашни, с максимальным уровнем рентабельности в системе 4-х польного плодосменного севооборота.

В полевых севооборотах на фоне систематического прямого посева с использованием приемов биологизации и интенсификации получено увеличение продуктивности пашни на естественном фоне минерального питания на 18 % и с умеренными дозами удобрений – на 22 %.

Библиографический список

1. Никитин С.Н., Сабитов М.М, Захаров С.А. Возможность минимизации обработки почвы в лесостепи Среднего Поволжья // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (14). – С. 70-79. – DOI 10.25930/2687-1254/008.5.14.2021.
2. Шиятый Е.И. Погода и урожай. Основы растениеводства зерновых культур в Зауралье. (Пособие для фермеров и агротехнолога): коллективная монография под ред. д-ра с.-х. наук, профессора Е.И. Шиятого. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2020. – 264 с.
3. Агеев А.А. и др. Рекомендации семинара по возделыванию зерновых и зернобобовых

культур, посвященного 85-летию селекции яровой пшеницы и 45-летию селекции ярового ячменя в ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». – Челябинск, 2022. – 73 с. – ID: 49344235.
4. Дридигер В.К. Состояние проведения исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 5 (12). – С. 8-16. – DOI 10.25930/0372-3054/001.5.12.2019.
5. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И. Эффективность No-till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (14). – С. 6-13. – DOI 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.
6. Сафин Х.М. Сберегающее земледелие No-till и Strip-till: теория и практика внедрения. – Уфа: Мир печати, 2021. – 204 с.
7. Агеев А.А. Совершенствование минимизации обработки почвы в земледелии Челябинской области // Вестник КГСХА. – 2021. – №2 (38). – С.3-10. – DOI 10.52463/22274227-2021-38-39.
8. Анисимов Ю.Б., Агеев А.А. Оценка плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева зерновых культур в Южном Зауралье // Вестник КрасГАУ. – 2021. – №10 (175). – С. 68-73. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
9. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под редакцией академиков РАСХН В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. – М.: «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
10. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / Под редакцией А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина. – М.: ООО «Изд-во МБА», 2019. – 136 с.
11. Дридигер В.К. О путях и методах изучения прямого посева в необработанную почву // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (14). – С. 6-13. – DOI 10.25930/2687-1254/002.5.14.2021.
12. Иванов А.Л., Кулинцев В.В, Дридигер В.К., Белобров В.П. Освоение технологии прямого посева на Черноземах России // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 2 (14). – С. 18-36. – DOI 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021.

1 СЕКЦИЯ «ПОЧВОЗАЩИТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ»

УДК 631.81.095.337

ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОЙ УРОЖАЙНОСТИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Борисенко Г.О., Азаров В.Б., Лоткова В.В.
ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина», п. Майский
E-mail: *lotkova.2001@mail.ru*

***Резюме**. В статье приведены данные по эффективности доз минеральных удобрений, молибденовых подкормок и различных норм высева семян при формировании урожая зернобобовой культуры нут. Наилучшим вариантом является посев 1 млн. шт. всхожих семян на га при дозе минеральных удобрений N58P114K110 совместно с обработкой молибденовым препаратом, где получено 1,84 т/га урожая зерна. Отмечено закономерное увеличение урожая при повышении нормы высева от 0,6 до 1 млн. шт. всхожих семян на га. На вариантах с обработкой посевов молибденом отмечается наибольшая урожайность по опыту: основного удобрения N58P114K110 получено 1,84 т/га зерна, при дозе N46P57K55 - 1,78 т/га.*

***Summary**. The article presents data on the effectiveness of doses of mineral fertilizers, molybdenum fertilizing and various seed seeding rates in the formation of a crop of leguminous chickpeas. The best option is to sow 1 million pieces of germinating seeds per ha at a dose of mineral fertilizers N58P114K110 together with treatment with a molybdenum preparation, where 1.84 t/ha of grain yield was obtained. A natural increase in yield was noted with an increase in the seeding rate from 0.6 to 1 million pieces of germinating seeds per hectare. In the variants with the treatment of crops with molybdenum, the highest yield is observed according to experience: the main fertilizer N58P114K110 received 1.84 t / ha of grain, at a dose of N46P57K55 - 1.78 t / ha.*

Сегодня сельскохозяйственные предприятия не всегда придерживаются соблюдения чередования культур в севооборотах, отказываясь от выращивания бобовых культур, применяют устаревшую технику и технологии, что приводит к резкому снижению продуктивности пахотных земель. Одним из способов улучшения ситуации представляется внедрение в технологию возделывания нута корректировок, направленных на улучшение системы удобрения и агротехнических параметров. Это является одним из способов повышения плодородия почвы, решением проблем производства кормового и пищевого белка и становление экономической стабильности хозяйств [3, 5].

Внедрение зернобобовой культуры нута позволяет рационально построить севооборот, особенно в южной зоне Белгородской области, где в условиях ограниченного природного обеспечения влагой становится особенно актуально [1].

В Российской Федерации нут весьма мало распространён. По этой культуре проведено сравнительно небольшое количество исследований, а большинство рекомендованных технологий его выращивания базируются на общих подходах к обработке почвы и уходу за посевами. Неосведомленность производителей в особенностях его возделывания приводит к формированию низких урожаев неудовлетворительного качества, высокой засоренности посевов, снижению почвенного плодородия. На внутреннем рынке спрос на нут незначителен, но экспортный потенциал культуры велик [4].

Нут – ценная культура в агротехническом отношении, поскольку является одним из лучших предшественников. После его уборки с пожнивными остатками в почву поступает столько же питательных веществ, сколько их содержится в 15-20 т навоза. По сравнению с другими зерновыми бобовыми культурами, нут менее требователен к влаге и отличается высокой засухоустойчивостью [2]. Это качество делает рассматриваемую культуру перспективной в регионах с низким гидротермическим коэффициентом.

В данной статье представляются результаты получения урожая нута и учета массы 1000 семян в условиях полевого опыта, заложенного в Центрально-Черноземной почвенно-климатической зоне.

Объектом исследования послужила сельскохозяйственная культура нут. В основу разработки методики и проведения исследований положены общепринятые методы по проведению полевых опытов, а также методические рекомендации разработанные в лаборатории земледелия и растениеводства агрономического факультета в предыдущие годы.

Место проведения исследования юго-восточная часть Белгородской области.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый слабоэродированный на лессовидном суглинке.

Опыт проведен в трехкратной повторности вариантов. Расположение делянок линейное. Учет урожая и его качества осуществлялся по итогу уборки урожая в конце июля – начале августа. Метод учета урожая – прямое комбайнирование. Продолжительность опыта 3 года.

Математическая обработка полученных данных проведена по методике Б.А. Доспехова (1985).

В ходе трехлетнего полевого опыта, включающего в себя фактор удобренности посевов нута макроэлементами – азотом, фосфором, калием, а также молибденом и фактор нормы высева семян (густоты посевов) получена максимальная урожайность культуры на уровне 1,84 т/га (табл. 1).

Показатель урожайности зерна нута варьируется от 1,25 до 1,84 т/га. Стоит отметить тенденцию наибольшей прибавки урожая в вариантах с применением молибденсодержащих препаратов. Причем в вариантах с N58P114K110 отмечен больший эффект в сравнении с N46P57K55. Следует отметить, что последний вариант требует меньших затрат фосфора и калия в два раза, при этом различие по урожайности отличается порядка на 0,1 т/га.

Полученные данные позволяют нам судить об эффективности применения молибденсодержащих препаратов, поскольку видно, что их действие практически компенсирует урожайность при меньших дозах азотных (в 1,2 раза), фосфорных и калийных (в 2 раза) удобрений.

При анализе влияния фактора густоты стояния растений мы наблюдаем четкую закономерность увеличения урожайности с повышением значения. Так, например, на контрольном варианте без применения удобрений при высеве 0,6 млн. шт./га получена урожайность 1,25 т/га, при 0,8 млн. шт./га – 1,36 т/га, при 1 млн. шт./га – 1,40 т/га. В самом полном варианте с применением

Таблица 1 – Урожайность и качества зерна нута в зависимости от применения удобрений и густоты стояния растений

Удобрение (Фактор А)	Густота стояния растений (Фактор В) млн. шт./га	Урожайность, т/га	Масса 1000 семян, г
Без удобрений	0,6	1,25	230
	0,8	1,36	236
	1	1,40	240
N46P57K55	0,6	1,48	240
	0,8	1,59	245
	1	1,64	227
N46P57K55 +МО	0,6	1,62	232
	0,8	1,73	236
	1	1,78	236
N58P114K110	0,6	1,50	241
	0,8	1,60	223
	1	1,67	228
N58P114K110 +МО	0,6	1,65	232
	0,8	1,78	232
	1	1,84	236
$НСР_{05}$		0,04	18,2

макро- и микроэлементов N58P114K110+МО при соответствующей густоте стояния растений получены значения, равные 1,65 т/га, 1,78 т/га и 1,84 т/га.

В отношении показателя массы 1000 семян изучаемые факторы не оказывали определенного влияния. Интересно, что наибольшим этот показатель оказался на варианте N46P57K55 без применения молибденсодержащих удобрений и составил 240-245 г. Несколько ниже проявил себя контрольный вариант – 230-240 г. А вот на вариантах с применением молибденсодержащих удобрений и N58P114K110 (как в комбинации, так и без) масса 1000 семян не превышает 241 г. Мы можем наблюдать формирование более мелких семян, но в большем количестве, что и обеспечивает высокую урожайность посевов.

Библиографический список

1. Клостер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б. Возделывание сои по биологической технологии в Белгородской области // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XVII Междунар. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», Курск, 27-29 апреля 2022 года. – Курск: ФГБНУ "Курский ФАНЦ", 2022. – С. 125-128.
2. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения. – Белгород: Отчий край, 2022. – 216 с. – ISBN 978-5-85153-172-9.
3. Кульков С.С., Азаров В.Б., Зюба С.Н., Лоткова В.В. Влияние протравителей молибденсодержащими препаратами на посевные качества семян сои в условиях различной обеспеченности влагой // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 1(37). – С. 64-71. – EDN GCBSSE.
4. Мустанов С.Б., Умурзакова У.Э., Мустанова З.С. Влияние сроков посева различных сортов нута на продуктивность растений // Актуальные проблемы современной науки. – 2020. – № 2(111). – С. 150-152. – DOI 10.25633/APSN.2020.02.06.

5. Сафронов А.А., Сучкова М.Г., Маслова Г.А., Плаксина В.С. Влияние способов посева на урожайность нута в условиях Нижнего Поволжья // Вавиловские чтения – 2019: Междунар. научно-практ. конф., посвященной 132-ой годовщине со дня рождения акад. Н.И. Вавилова, Саратов, 25-26 ноября 2019 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2019. – С. 151-153. – EDN INWKFK.

УДК: 631.51:631.8:632

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЁМОВ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П.
Тамбовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», г. Тамбов
E-mail: *yskorochkin@mail.ru*

Резюме. *Представлены результаты многолетних исследований по проблеме оптимизации системы основной обработки почвы, обеспечивающей снижение энергозатрат, получения высокой продуктивности культур и рентабельности производства продукции в зернопаровом севообороте в условиях северо-востока ЦЧР на чернозёме типичном. Выявлено, что среди систем обработок почвы по выходу зерновых единиц с 1 га севооборотной площади лидирует комбинированная (отвально-поверхностная). Бессменные поверхностная и безотвальная системы обработки почвы приводили к снижению продуктивности гектара пашни в севообороте. Наибольшая рентабельность производства продукции в севообороте (250,3 %) достигнута при использовании комбинированной (отвально-поверхностной) системы обработки почвы в сочетании с применением комплексных средств защиты растений.*

Summary. *The results of long-term research on the problem of optimizing the system of basic tillage, which ensures a reduction in energy consumption, obtaining high crop productivity and profitability of production in the grain-steam crop rotation in the conditions of the north-east of the CCHR on typical chernozem are presented. It was revealed that among the systems of soil treatments for the yield of grain units from 1 ha of crop rotation area, the combined (dump-surface) is the leader. Permanent surface and non-fallow tillage systems led to a decrease in the productivity of a hectare of arable land in crop rotation. The highest profitability of production in crop rotation (250.3 %) was achieved when using a combined (dump-surface) tillage system in combination with the use of complex plant protection products.*

В последние годы всё более актуальной становится проблема снижения затрат и повышения рентабельности производства растениеводческой продукции. Решение этой проблемы во многом зависит от способов и систем обработки почвы, которые являются главными технологическими операциями всего земледелия и в технологиях выращивания полевых культур, как правило, составляют основную часть затрат [1, 2]. От обработки почвы зависят урожайность культур, энергозатраты, рентабельность производства продукции [3, 4, 5]. Исследованиями установлено, что чернозёмные почвы обладают устойчивым сложением, плотность их мало изменяется во времени и находится оптимальной для развития зерновых культур, что является основанием для применения минимизации обработки [6].

В земледелии основная обработка почвы в агротехнологических комплексах возделывания культур осуществляется в основном с использованием вспашки, поверхностных и безотвальных приёмов, которые при определённом

сочетании образуют систему обработки почвы в севообороте [7]. Минимизация обработки почвы в севооборотах приводит к противоречивым результатам по продуктивности культур [8].

Во многих проводимых в различных почвенно-климатических условиях исследованиях установлено, что наиболее эффективны комбинированные системы обработки почвы [9, 10, 11, 12].

В связи с переходом на ресурсосберегающие технологии возникает необходимость в изучении различных способов и систем обработки почвы и определении наиболее эффективных, с максимальным использованием природно-климатического потенциала, обеспечивающих снижение засорённости, высокую урожайность, повышение рентабельности производства продукции и сохранение почвенного плодородия.

В связи с этим основной целью наших исследований являлось решение проблемы оптимизации системы основной обработки почвы в комплексе со средствами химизации в севообороте.

Исследования проводили в 2013-2021 гг. на опытном поле Тамбовского НИИ сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», в стационарном полевом эксперименте в севообороте: чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень. Схема опыта предусматривала изучение в технологиях возделывания полевых культур пяти систем основной обработки почвы: 1 – традиционной отвальной разноглубинной (контроль), 2 – поверхностной и 3 – безотвальной разноглубинной (ресурсосберегающих), комбинированных 4 – (отвально-безотвальной – 25 % отвальная + 75 % безотвальная, отвально-поверхностной – 25 % отвальная + 75 % поверхностная).

В рамках традиционной отвальной системы (контроль) основную обработку почвы осуществляли путём вспашки навесным плугом ПЛН-5-40 на глубину: под зерновые на 20-22 см, под зернобобовые – 25-27 см. Основную обработку при поверхностной системе проводили путём дискования на глубину 10-12 см дискатором БДМ (3/4). Безотвальная разноглубинная система предусматривала основную обработку плугом ПЛН-5-40 без отвалов, глубина обработки как на контрольном варианте. Основную обработку при комбинированных системах осуществляли с использованием плуга ПЛН-5-40 при проведении отвальной и безотвальных обработок и дискатора БДМ (3/4) – поверхностной обработки.

Исследования проводили на удобренном фоне, под основную обработку вносили минеральные удобрения в дозе N60P30K30, в том числе под озимую пшеницу (N30) аммиачную селитру в виде весенней подкормки при возобновлении вегетации, под ячмень вносили азофоску в соотношении питательных элементов 16:16:16 в дозе N30P30K30, а сою возделывали без применения удобрений. Таким образом, уровень удобренности гектара пашни в севообороте составил N20P10K10.

Система защиты посевов культур севооборота состояла из двух уровней:

1. Протравливание семян – фон.

2. Фон + пестициды (фунгициды, инсектициды, гербициды) по вегетации культур в борьбе с болезнями, вредителями и сорняками, для этого использовали зарегистрированные в России высокоэффективные химические средства защиты.

Анализ полученных данных продуктивности гектара пашни в зерно-паровом севообороте по выходу зерновых единиц показывает, что традиционная отвальная разноглубинная с 100 % насыщением вспашкой и комбинированная отвально-поверхностная с 75 % насыщением поверхностной обработкой (варианты 1 и 5), обеспечили равный и наиболее высокий выход зерновых единиц, составивший 2,29 т/га без средств защиты и 2,57-2,58 т/га в комплексе с защитой посевов по вегетации (рис. 1).

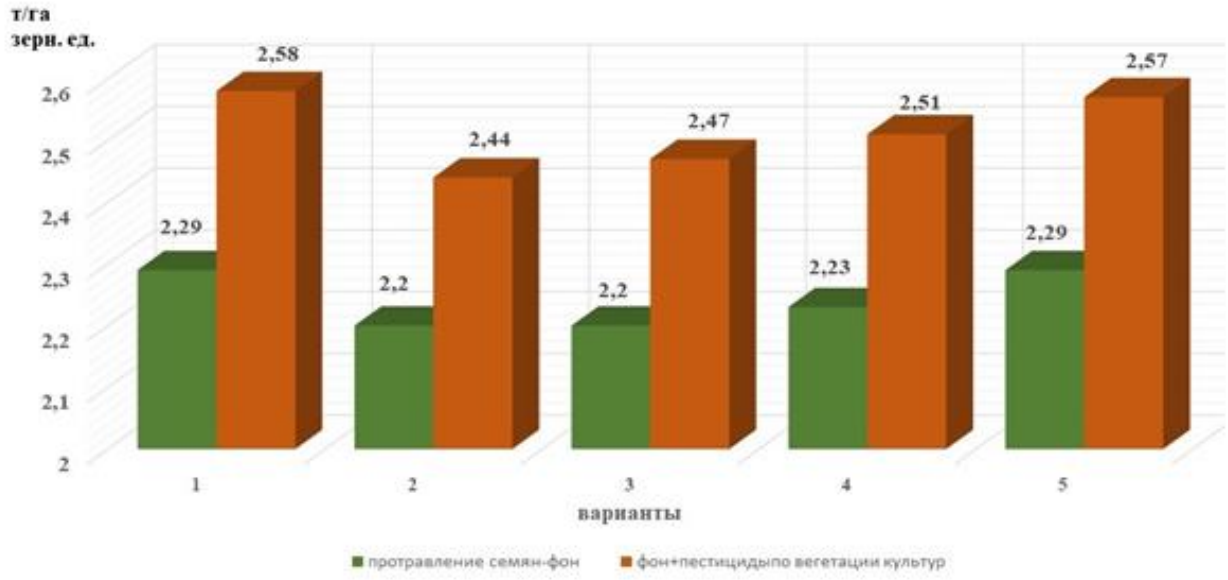


Рисунок 1 – Выход зерновых единиц с гектара пашни
в зависимости от основной обработки почвы (2013-2021 гг.)

Меньший выход зерновых единиц отмечен в вариантах 2, 3, 4 с поверхностной, безотвальной разноглубинной и комбинированной отвально-безотвальной системах обработки – 2,20-2,23 т/га и 2,44-2,47 т/га без защиты и с защитой посевов в течение вегетации, соответственно. По сравнению с контролем, традиционной отвальной разноглубинной системой обработки, снижение продуктивности гектара пашни составило 0,06-0,09 т/га без защиты и 0,07-0,14 т/га на фоне применения комплексных средств защиты (протравливание семян + пестициды по вегетации культур).

Использование в технологических комплексах возделывания культур в севообороте второго уровня защиты посевов (протравливание семян + пестициды по вегетации культур) обеспечило повышение выхода продукции с гектара пашни. Прибавка в среднем по вариантам систем обработки почвы составила 0,27 т/га, по сравнению с первым уровнем защиты (протравливание

семян).

Задача современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур заключается не только в обеспечении высокой продуктивности, но и в максимально возможной прибыли и рентабельности при минимуме затрат на единицу продукции.

Применение той или иной системы основной обработки почвы во многом определяется экономическими показателями, которые включают в себя повышение прибыли и увеличение рентабельности производства продукции.

Изучаемые в зернопаровом севообороте системы основной обработки почвы и средства защиты растений при возделывании культур оказывали определённое влияние на прибыль и уровень рентабельности (рис. 2).

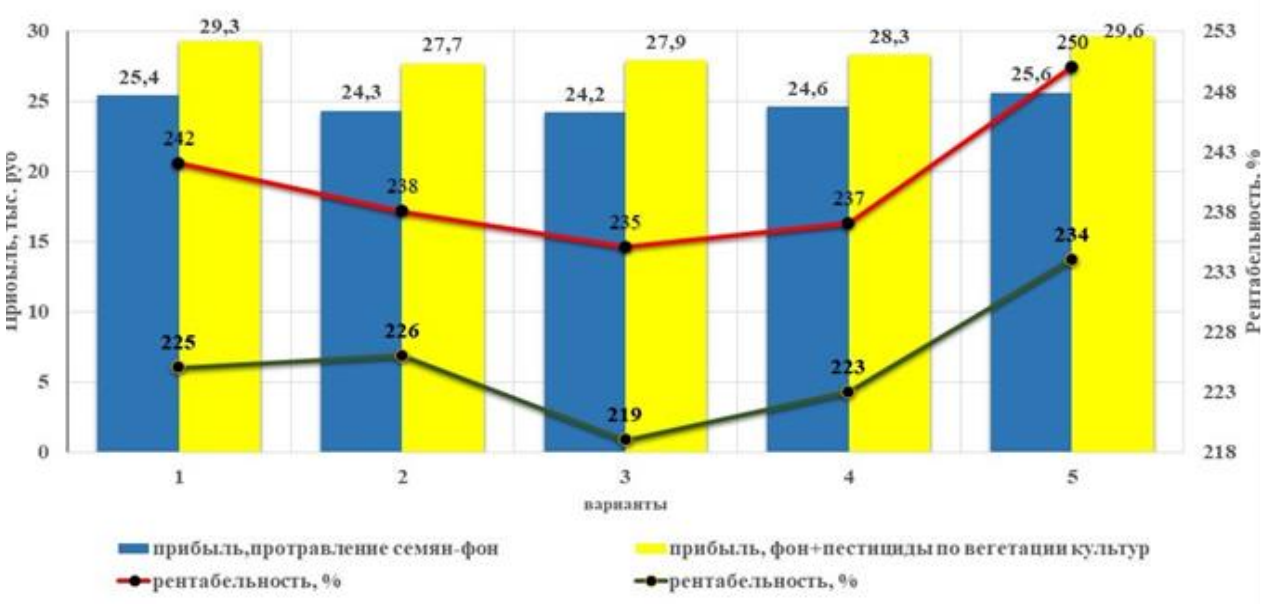


Рисунок 2 – Эффективность систем обработки почвы
в зернопаровом севообороте (2013-2021 гг.)

Более высокими они были в варианте 5 с комбинированной отвально-поверхностной системой обработки с 75 % насыщением поверхностной обработкой в сочетании с комплексом средств защиты посевов (протравливание семян + пестициды по вегетации культур от вредных объектов болезней, вредителей и сорняков). Прибыль с гектара пашни составила 29,59 тыс. руб., уровень рентабельности – 250,3 %, при показателях на контроле (вариант 1) – 29,28 тыс. руб. и 241,8 %.

Наименьшими значениями этих показателей экономической эффективности характеризовались ресурсосберегающие системы обработки – поверхностная и безотвальная разноглубинная (варианты 2, 3). По сравнению с контролем (вариант 1) прибыль снизилась на 1620 и 1420 руб./га, рентабельность уменьшилась на 1,7 и 2,7 %.

В случае отсутствия в технологиях возделывания культур средств защиты растений, в период их вегетации, происходило не только снижение продуктивности культур и выхода продукции с гектара пашни, но и ухудшались экономические показатели производства продукции в севообороте. Установленная

закономерность была характерна всем изучаемым технологиям.

Таким образом, наибольшая продуктивность гектара пашни в зернопаровом севообороте получена в вариантах с традиционной отвальной разноглубинной при 100 % насыщении вспашкой и комбинированной отвально-поверхностной (25 % вспашка + 75 % поверхностная) системах основной обработки почвы.

При использовании ресурсосберегающих систем обработки продуктивность севооборота снижалась. Более высокие прибыль и уровень рентабельности производства зерновой единицы обеспечивала комбинированная отвально-поверхностная система обработки в сочетании с комплексом средств защиты растений (протравливание семян + фунгициды, инсектициды и гербициды по вегетации культур). Экономически наименее выгодными были технологии возделывания полевых культур с ресурсосберегающими системами основной обработки почвы.

Библиографический список

1. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Экономические аспекты минимизации основной обработки почвы // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 18-20.
2. Турусов В.И., Гармашов В.М., Дронова Н.В. Эффективность систем основной обработки почвы и средств интенсификации при возделывании озимой пшеницы в условиях ЦЧЗ // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 7. – С. 68-70.
3. Сабитов М.М., Шарипова Р.Б. Эффективность способов обработки почвы и средств химизации в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 10. – С. 31-34.
4. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов обработки почвы в различных регионах // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13-16.
5. Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. Влияние элементов агротехники на урожайность ячменя // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 25-27.
6. Кузина Е.В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства чернозёма выщелоченного // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3. – С. 35-41.
7. Сдобников Е.С. Пахать или не пахать. – М.: Россельхозакадемия, 2000. – 296 с.
8. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Гулевский В.А. и др. Оценка степени физической деградации и пригодности чернозёма к минимизации основной обработки почвы // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1080-1085.
9. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы, перспективы развития и задачи исследования // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3-6.
10. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения // Земледелие. – 2015. - № 5. - С. 13-15.
11. Драчёва М.К., Воронцов В.А., Денисов А.Д. Агротехнические аспекты возделывания ярового ячменя в северо-восточном регионе ЦЧЗ. – Тамбов: Тамбовский НИИСХ, 2012. – 96 с.
12. Шабалкин А.В., Драчёва М.К., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Реакция ячменя на средства интенсификации и приёмы обработки чернозёмных почв в северо-восточном регионе Черноземья // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 41-45. – DOI: 10.244112/0044-3913-2022-6-41-45.

УДК: 631.51:631.8:632

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРИЁМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ И ЗАСОРЁННОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗА

Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П.
Тамбовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», г. Тамбов
E-mail: *yskorochkin@mail.ru*

Резюме. *В статье представлены результаты исследований по изучению влияния различных систем основной обработки почвы на водный и питательный режимы и засорённость посевов зернопарового севооборота. Выявлено, что по накоплению продуктивной влаги в почве имеют преимущество ресурсосберегающая безотвальная и комбинированные (отвально-поверхностная и отвально-безотвальная) обработки. По поверхностной и безотвальной обработкам, усиливается процесс дифференциации пахотного слоя по плодородию с концентрацией элементов питания в слое 0-10 см и существенном снижении их в слое 20-30 см. Данные обработки увеличивают засорённость посевов культур по количеству сорных растений, в среднем по культурам севооборота в 2,1 раза без гербицидов, в 2,2 раза – на фоне обработки гербицидами и в 1,4 и 1,5 раза – по их массе.*

Summary. *The article presents the results of research on the influence of various systems of basic tillage on water and nutrient regimes and the contamination of crops of grain-steam crop rotation. It was revealed that resource-saving waste-free and combined (dump-surface and dump-free) treatments have an advantage in the accumulation of productive moisture in the soil. The process of differentiation of the arable layer by fertility with the concentration of nutrients in a layer of 0-10 cm and a significant decrease in them in a layer of 20-30 cm is enhanced by surface and non-fallow treatments. These treatments increase the weediness of crops by the number of weeds, on average for crop rotation crops, by 2.1 times without herbicides, by 2.2 times against the background of herbicide treatment and by 1.4 and 1.5 times by their weight.*

Тамбовская область находится в природно-климатической зоне с неустойчивым и недостаточным увлажнением. В связи с этим земледелие в этом регионе должно быть направлено на улучшение водного режима почвы в агроценозах.

Значительное влияние на накопление почвенной влаги оказывают приемы и способы основной обработки. Установлено, что до 70 % урожая полевых культур формируется за счёт накопившейся влаги в почве [1, 2]. При этом нет однозначного мнения исследователей о влиянии того или иного способа обработки на водный режим почвы [3-6]. Не менее важную роль обработка почвы играет и в регулировании питательного режима [7-9]. Засорённость агроценозов существенно влияет как на плодородие почвы, так и на эффективность применения средств интенсификации в земледелии [10, 11]. Удельный вес сорного компонента в биомассе урожая зерновых культур может достигать 25 %, а количество семян сорняков в пахотном слое почвы – 5 млрд. шт/га [12, 13]. Основная обработка почвы является одним из наиболее действенных приёмов снижения засорённости посевов [14].

В связи с этим, представляет интерес изучение влияния различных способов и систем основной обработки почвы в севооборотах на водный, питательный режимы и фитосанитарное состояние посевов в конкретных

почвенно-климатических условиях.

Исследования проводили в 2013-2020 гг. на опытном поле Тамбовского НИИ сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», в стационарном полевом эксперименте в севообороте: чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень. Схема опыта предусматривала изучение в технологиях возделывания полевых культур пяти систем основной обработки почвы: 1 – традиционной отвальной разноглубинной (контроль), 2 – поверхностной и 3 – безотвальной разноглубинной (ресурсосберегающих), комбинированных, 4 – (отвально-безотвальной – 25 %, отвальная + 75 % безотвальная, отвально-поверхностной – 25 % отвальная + 75 % поверхностная).

В рамках традиционной отвальной системы (контроль) основную обработку почвы осуществляли путём вспашки навесным плугом ПЛН-5-40 на глубину: под зерновые на 20-22 см, под зернобобовые – 25-27 см. Основную обработку при поверхностной системе проводили путём дискования на глубину 10-12 см дискатором БДМ (3/4). Безотвальная разноглубинная система предусматривала основную обработку плугом ПЛН-5-40 без отвалов, глубина обработки как на контрольном варианте. Основную обработку при комбинированных системах осуществляли с использованием плуга ПЛН-5-40 при проведении отвальной и безотвальных обработок и дискатора БДМ (3/4) – поверхностной обработки.

Исследования проводили на удобренном фоне, под основную обработку вносили минеральные удобрения в дозе N60P30K30, в том числе под озимую пшеницу (N30) аммиачную селитру в виде весенней подкормки при возобновлении вегетации, под ячмень вносили азофоску в соотношении питательных элементов 16:16:16 в дозе N30P30K30, а сою возделывали без применения удобрений. Таким образом, уровень удобренности гектара пашни в севообороте составил N20P10K10.

Система защиты посевов культур севооборота состояла из двух уровней:

1. Протравливание семян – фон.

2. Фон + пестициды (фунгициды, инсектициды, гербициды) по вегетации культур в борьбе с болезнями, вредителями и сорняками, для этого использовали зарегистрированные в России высокоэффективные химические средства защиты.

В почвенно-климатических условиях региона влажность почвы служит, в большинстве случаев, лимитирующим фактором для формирования урожайности культур. Основная влагозарядка почвы происходит в осенне-зимне-весенний периоды и достигает максимума к началу весенне-полевых работ.

Полученный экспериментальный материал по накоплению доступной влаги, в зависимости от основной обработки почвы, показал, что наибольшее накопление осенне-весенних осадков, в среднем по культурам севооборота, как в пахотном, так и метровом слоях почвы – 60,9-61,8 мм и 191,3-198,4 мм отмечали в вариантах 3, 4, 5 с безотвальной разноглубинной и комбинированными системами основной обработки, при показателях на

контроле (вариант 1) – 54,3 и 184,1 мм (рис.1). Поверхностная обработка (вариант 2) ухудшила фильтрационную способность чернозёма типичного. Запас весенней продуктивной влаги при поверхностной обработке был минимальным в опыте – 51,9 мм в пахотном и 174,8 мм метровом слое, что меньше контроля на 2,4 и 9,3 мм, соответственно

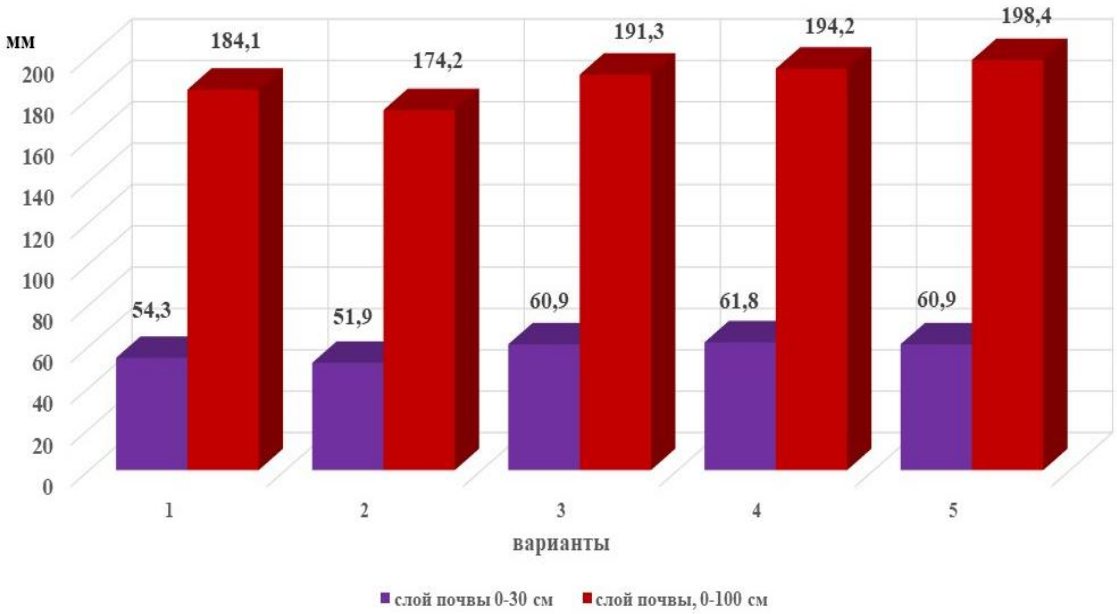


Рисунок 1 – Содержание продуктивной влаги в почве
при различных системах основной обработки чернозёма типичного
в зернопаровом севообороте (2013-2020 гг.)

Исследованиями по изучению питательного режима чернозёма типичного в севообороте установлено, что наибольшая концентрация нитратного азота в почве достигнута при традиционной отвальной и комбинированной отвально-поверхностной системе обработки – варианты 1 и 5 (табл.). В этих вариантах его содержание в пахотном слое (0-30 см) почвы перед посевом культур, в среднем, находилась в пределах 25,1-25,3 мг/кг почвы. Самое низкое содержание нитратного азота отмечалось по поверхностной обработке (вариант 2) – 21,7 мг/кг почвы, что меньше контроля (вариант 1) на 3,4 мг/кг почвы или на 13,5 %.

Определение обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием показало снижение этих элементов в вариантах 2 и 3 с поверхностной и безотвальной разноглубинной системами обработки. Содержание этих элементов составило – по подвижному фосфору 11,0 и 16,0 мг/кг почвы, по обменному калию – 15,0 и 9,0 мг/кг почвы, по сравнению с контролем (вариант 1).

Применение в севообороте комбинированных систем обработки почвы (варианты 4 и 5) обеспечило максимальное содержание фосфора и калия в пахотном слое почвы перед посевом культур.

Системы основной обработки в севообороте без оборачивания и перемешивания оборачиваемого слоя приводит к большему сосредоточению элементов питания в верхнем (0-10 см) слое почвы и заметным снижением их в нижнем (20-30 см) слое, то есть усиливали дифференциацию пахотного слоя по плодородию.

Таблица – Содержание элементов минерального питания в почве перед посевом культур при различных системах основной обработки, в среднем по севообороту 2013-2020 гг. (мг/кг абсолютно сухой почвы)

Варианты	Слой почвы, см	Показатели		
		NO_3	P_2O_5	K_2O
1	0-10	23,1	186	175
	10-20	26,6	178	178
	20-30	25,7	179	160
	0-30	25,1	181	171
2	0-10	23,8	199	193
	10-20	21,2	164	147
	20-30	20,0	148	128
	0-30	21,7	170	156
3	0-10	25,8	177	187
	10-20	24,1	173	163
	20-30	20,5	144	136
	0-30	23,5	165	162
4	0-10	23,6	184	186
	10-20	22,3	176	181
	20-30	23,9	179	183
	0-30	23,2	180	183
5	0-10	26,4	193	188
	10-20	25,7	182	180
	20-30	23,7	192	172
	0-30	25,3	189	180

В вариантах 1, 4, 5 с традиционной отвальной разноглубинной и комбинированными системами обработки создаётся более гомогенный пахотный слой почвы по содержанию элементов питания, что положительно сказывается на формировании урожайности культур и, особенно в годы с недостаточной влагообеспеченностью.

В агроценозах, при проведении исследований, присутствовали сорные растения, относящиеся к трём эколого-биологическим группам. Тип засорённости можно охарактеризовать как малолетнекорнеотпрысковый. При этом до 80 % от общего количества сорного компонента приходилось на долю однолетних злаковых и двудольных видов. Из той группы сорняков преобладали двудольные виды (марь белая, подмаренник цепкий). Из многолетних сорных растений доминировал вьюнок полевой.

Результаты исследований показали, что к уборке культур наименьшая засорённость посевов отмечена на фоне традиционной отвальной разноглубинной обработке – вариант 1 (рис. 2).

Поверхностная обработка (вариант 2) привела к значительному увеличению засорённости посевов культур севооборота по численности сорняков в 2,0 раза, по воздушно-сухой массе – в 1,4 раза без химической прополки и в 2,2 и 1,5 раза на гербицидном фоне по сравнению с контролем (вариант 1).

Комбинированная отвально-поверхностная система обработки с 75 % насыщением поверхностной обработкой (вариант 5) увеличивала численность сорняков без гербицидов в 1,9 раза, на фоне гербицидной обработки – в 1,5 раза. При этом масса сорного компонента была на уровне с контролем.

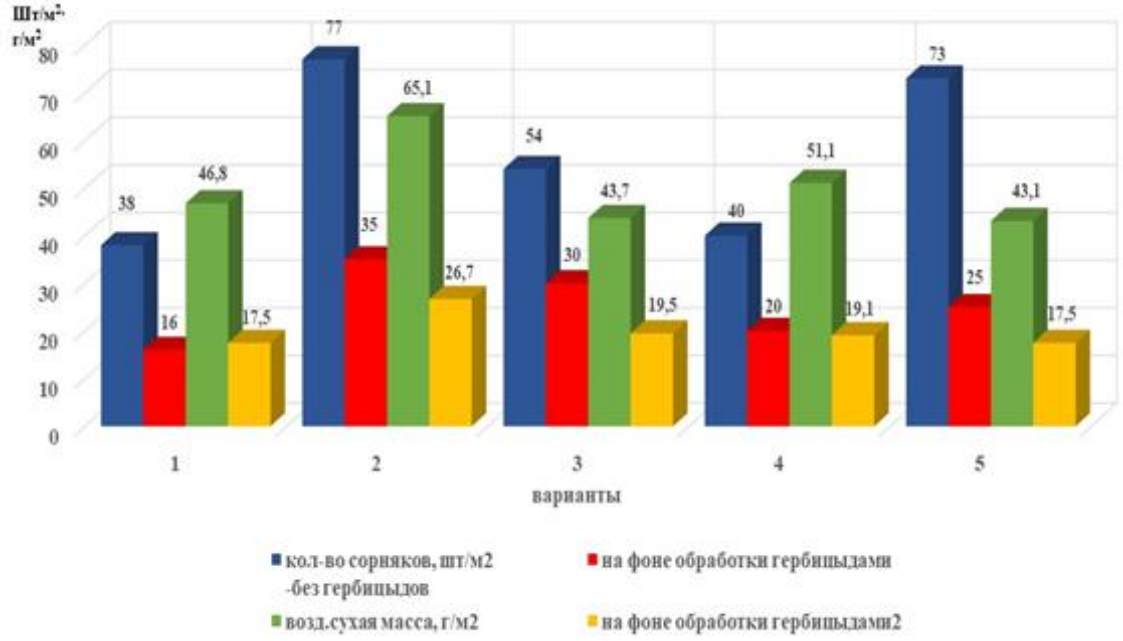


Рисунок 2 – Засоренность посевов культур зернопарового севооборота в зависимости от систем основной обработки и сочетание их с гербицидами (2013-2020 гг.)

На вариантах с безотвальной разноглубинной и комбинированной отвально-безотвальной системах также отмечалось увеличение численности сорняков, но в меньшей степени, чем с поверхностной обработкой. Воз-душно-сухая масса сорняков на данных вариантах находилась на уровне контроля с традиционной разноглубинной системой обработки.

Химическая прополка посевов обеспечила снижение численности сорняков в среднем по вариантам обработки почвы на 55,8 %, воздушно-сухая масса их уменьшилась в 2,4 раза.

В почвенно-климатических условиях северо-востока ЦЧР в зернопаровых севооборотах обработка почвы должна быть дифференцированной и строиться с учётом агроэкологических требований культур. В севообороте (чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень) наряду с традиционной разноглубинной отвальной системой обработки возможно применение комбинированных отвально-поверхностной и отвально-безотвальной систем, где под зернобобовую культуру (сою) проводится вспашка на 25-27 см, под зерновые: озимую пшеницу и ячмень – поверхностная обработка (дискование на глубину 10-12 см) или безотвальная обработка на глубину 20-22 см, в комплексе с средствами защиты посевов от вредных объектов.

Библиографический список

1. Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. Влияние элементов агротехники на урожайность ячменя // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 25-27.

2. Слесарев В.Н., Буякин Н.Н., Шмидт М.М. Энергосберегающие приёмы обработки сибирских чернозёмов // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 19-20.
3. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Экономические аспекты минимизации основной обработки почвы // Земледелие. – 2006. – № 4. – С. 18-20.
4. Жидков В.М., Сарычев А.Н. Урожайность яровой пшеницы и способы обработки почвы // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 32-33.
5. Шабаев А.И. Особенности обработки почвы в различных зонах и агроландшафтах Поволжья // Земледелие. – 2000. – № 5. – С. 13-15.
6. Кулинцев В.В., Дридигер В.К., Удовиченко В.И., Чертов В.Г., Куценко А.А. Экономическая эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 9-11.
7. Виттер А.Ф., Турусов В.И., Гармашов В.М., Гаврилова С.А. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. – Воронеж: Истоки, 2011. – 208 с.
8. Куликова А.Х., Ерофеев С.Е. Агроэкологическая оценка основной обработки почвы под яровую пшеницу // Земледелие. – 2003. – № 2. – С. 16-17.
9. Румянцев А.В., Орлова. Л.В. Влияние ресурсосберегающих технологий на плодородие почвы // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 22-23.
10. Мельникова О.В. Засорённость посевов яровой пшеницы при разном уровне минерального питания // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 40-41.
11. Дудкин И.В. Научное обоснование приёмов и систем регулирования засорённости посевов сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии лесостепи Центрального Черноземья /Автореферат дис. д-ра с.-х. наук. Курск, 2009. – 38 с.
12. Шпанёв А.М. Вредоносность сорных растений на юго-востоке ЦЧЗ // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 34-37.
13. Баздырев Г.И. Эффективность длительного применения почвозащитных технологий // Известия ТСХА. – 2005. – Вып. 4.– С.32-39.
14. Ильясов М.М., Яппаров А.Х. Засорённость посевов в зависимости от систем основной обработки почвы // Плодородие. 2010. – № 2. – С.48-49.

УДК 633.41

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Горбунов В.В., Азаров В.Б.
ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина», п. Майский
E-mail: *azarov.v.b@mail.ru*

***Резюме**. В опыте освещены данные по учету урожайности сахарной свеклы на типичном черноземе южной части Центрально-Черноземной зоны. В трехлетнем полевом опыте достигнута урожайность 50,6 т/га при использовании 15 т/га соломы + 60 кг/га минерального азота и мелкой заделке удобрительных веществ. Наименьшая урожайность получена при мелкой заделке 15 т/га соломы – 21,9 т/га, что на 2,9 ниже контрольного варианта. При вспашке в этом случае все также получен результат ниже контрольного 24,1 т/га.*
***Summary**. The experiment highlights data on the accounting of sugar beet yields on typical chernozem of the southern part of the Central Chernozem zone. In a three-year field experiment, a yield of 50.6 t/ha was achieved with the use of 15 t/ha of straw + 60 kg/ha of mineral nitrogen and fine sealing of fertilizers. The lowest yield was obtained with shallow sealing of 15 t/ha of straw – 21.9 t/ha, which is 2.9 lower than the control variant. When plowing in this case, the result is still below the control 24.1 t/ha.*

Сахарная свекла занимает значительную долю посевных площадей

Российской Федерации. Наиважнейшим продуктом питания является сахар, содержание которого напрямую зависит от системы удобрения посевов [3].

Являясь одним из элементов структуры севооборота, сахарная свекла требует особого внимания в плане питания. Большие урожаи корнеплодов со значительной зеленой массой определяют вынос элементов питания. И нашей задачей обозначается корректировка доз внесения удобрительных веществ, адаптированной к современным условиям производства (исходному уровню плодородия, гибридным качествам культуры, ассортименту удобрений) [1].

Введение курса, направленного на биологизацию земледелия, предполагает применение не синтетических форм минералов – в составе органического вещества [2]. Применение сидератов и соломы перспективно ввиду доступности и сравнительной дешевизны [4].

Нами было организовано полевое исследование в 2013-2015 гг., направленное на выявление оптимальных биологических элементов технологии возделывания сахарной свеклы в целях получения высокого и гарантированного результата по урожайности.

В данной статье представляются результаты получения урожая корнеплодов сахарной свеклы в условиях полевого опыта, заложенного в Центрально-Черноземной почвенно-климатической зоне (восточная часть Белгородской области).

Объектом исследования послужила сельскохозяйственная культура сахарная свекла. В основу методики и осуществления программы исследований положены общепринятые методы по проведению полевых опытов, а также методические рекомендации разработанные в лаборатории земледелия и растениеводства агрономического факультета в предыдущие годы.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый на лессовидном суглинке.

Опыт проведен в трехкратной повторности вариантов. Расположение делянок линейное. Учет урожая и его качества осуществлялся по методу прямого комбайнирования.

Математическая обработка полученных данных проведена по методике Б.А. Доспехова (1985).

Изучаемые факторы:

фактор А – способы основной обработки почвы:

1 – мелкая обработка (дискование, междурядная обработка) до 15 см;

2 – глубокая безотвальная обработка 25-27 см;

фактор В – вариант применения удобрений:

Вариант 1 – без применения минеральных удобрений;

Вариант 2 – $N_{120}P_{120}K_{120}$;

Вариант 3 – сидерат (горчица)- 80 кг/га по азоту;

Вариант 4 – 15 т/га соломы - 75 кг/га по азоту;

Вариант 5 – 15 т/га соломы + N_{60}.

Таблица демонстрирует итоги учета урожая корнеплодов сахарной свеклы и позволяет определить обнаружившиеся закономерности.

Таблица 1 – Урожайность сахарной свеклы в зависимости от способов обработки почвы и применения удобрений, т/га, ООО «Зерно Белогорья», Красненский район, 2013–2015 гг.

Применение удобрений / Способы Обработки почвы	B1	B2	B3	B4	B5	Среднее по способам обработки почвы	+/- к контролю
	Без применения удобрений (Контроль)	$N_{120}P_{120}K_{120}$	Сидерат (горчица) = 80 кг/га по азоту	Солома 15 т/га = 75 кг/га по азоту	Солома 15 т/га + N_{60}		
Мелкая обработка до 15 см	24,80	42,20	38,60	21,90	50,60	35,62	-1,04
Глубокая безотвальная обработка, 25-27 см, (К)	28,70	43,40	42,00	24,10	45,10	36,66	–
Среднее по вариантам с применением удобрений	26,75	42,80	40,30	23,00	47,85	–	–
+/- к контролю	-	+16,05	+13,55	-3,75	+21,10	–	–
$НСР_{95}$ по фактору А (обработка почвы)							0,51
$НСР_{95}$ по фактору В (применение удобрений)							0,81

Наилучшая урожайность в опыте получена на уровне 50,6 т/га по варианту Солома 15 т/га + N_{60} на фоне мелкой обработки. Тем временем меньше всего урожая собрано по варианту внесения 15 т/га соломы – 21,9 т/га по мелкой заделке удобрительного материала и 24,1 т/га по глубокой заделке.

По фактору применения удобрений наибольшую прибавку к контрольному варианту обеспечивается на варианте 5 – +21,1 т/га, в то время внесение минеральных удобрений более эффективно применения сидеральных посевов.

Обработка почвы по классическому способу – вспашка позволяет получить на 1,04 т/га урожая корнеплодов больше, чем при мелкой обработке почвы.

Согласно результатов опыта, рекомендуем применять комбинированное внесение сидератов и азотных удобрений при их мелкой заделке. Эти элементы способствуют получению 50 т/га урожая корнеплодов сахарной свеклы при экономии на энергозатратной вспашке почвы.

Библиографический список

1. Алексеенкова Е. Сахарная свекла: в поисках рентабельности // АгроФорум. – 2020. – № 1. – С. 48-50.
2. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения. – Белгород: Отчий край, 2022. – 216 с. – ISBN 978-5-85153-172-9.
3. Подрезов П.И., Мязин Н.Г., Кожокина А.Н. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14.

– № 4(71). – С. 49-57. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_4_49.
4. Холиков М.Ф., Лоткова В.В. Динамика коэффициента структурности и содержания легкогидролизуемого азота чернозема типичного среднесуглинистого при внедрении сидератов в технологию возделывания зерновых культур // Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе: матер. Междунар. научно-практ. конф. и Всеросс. школы молодых ученых и специалистов, посвященных 130-летию организации «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России», в 2 частях, Каменная Степь, 14-16 июня 2022 года. Том Ч. 2. – Москва: ООО "Издательство Ритм", 2022. – С. 238-242.

УДК 631.3:005.93

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ СФЕРЫ АПК

Голубев И.Г. [1], Апатенко А.С. [2], Севрюгина Н.С. [3]
[1]ФГБНУ «Росинформагротех», п. Правдинский Московская область,
[2, 3]РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: [1]*i.g. golubev@ mail.ru;* [2]*a.apatenko@rgau-msha.ru;* [3]*nssevr@yandex.ru*

Резюме*. В статье показаны перспективные направления использования цифровых технологий в инженерной сфере АПК, в том числе цифровые системы управления предприятием, интеллектуальные системы диагностирования машин, робототехнические системы, аддитивные технологии, цифровые двойники.*
Summary*. The article shows promising areas for the use of digital technologies in the engineering field of the agro-industrial complex, including digital enterprise management systems, intelligent machine diagnostic systems, robotic systems, additive technologies, digital twins.*

В ходе реализации Стратегического направления в агропромышленном комплексе, в том числе в сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности будут внедрены цифровые двойники; беспилотная сельскохозяйственная техника и робототехника; спутниковые системы связи и позиционирования; сенсоры и маяки со спутниковым каналом передачи данных и другие цифровые технологии [1]. По данным специалистов ВШЭ спрос на передовые цифровые технологии в сельском хозяйстве в 2020 году составлял 6,4 % от общего количества во всех секторах экономики. К 2026 г. ожидается рост российского рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве в 5 раз. Внедрение российскими товаропроизводителями цифровых решений для агротехнических и логистических процессов, в том числе в инженерной сфере, обеспечат снижение себестоимости продовольствия в отдельных подотраслях на 15 % и более. Однако по распространению цифровых технологий в сельском хозяйстве Россия пока отстает от передовых стран [2]. Способствовать внедрению цифровых решений в производственные процессы АПК будет реализация ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [3, 4]. В ремонтно-обслуживающем производстве уже используют такие цифровые решения как «умный склад запасных частей», «умный нефтесклад» и др. [5]. Цифровые системы управления техническим обслуживанием и ремонтом на предприятии позволяют планировать техническое обслуживание и ремонт, управлять

заказами на выполнение работ, отслеживать исполнение и результаты работ. В настоящее время для сферы технического обслуживания и ремонта машин используются электронная документация, различные электронные каталоги и инструкции по эксплуатации машин [5]. Анализ и обобщение передовых решений в конструкциях машин, выпускаемых крупнейшими отечественными и зарубежными производителями, показал, что увеличивается использование различных элементов, управляемых электронными блоками или бортовыми компьютерами в соответствии с заданной программой. Для комплексной оценки технического состояния машин используют технологии компьютерного диагностирования. Важнейшим средством повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники является безразборное определение параметров технического состояния машины. В техническом сервисе сельскохозяйственной техники наиболее перспективно использование робототехнических систем при очистке и окраске, а также при восстановлении и упрочнении деталей. Использование роботов-манипуляторов для окраски по сравнению с ручной окраской позволяет добиться выполнять большой объем работ за сравнительно меньшее время; снизить расход материала; обеспечить безопасность персонала; снизить количество брака; увеличить производительность. Мировым трендом является роботизация складских работ, в том числе на сервисных предприятиях и складах запасных частей [5-7]. Одним из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового» производства в мире является применение аддитивных технологий, которые перспективны при ремонте сельскохозяйственной техники, например, при изготовлении запасных частей и восстановлении деталей, реверс-инжиниринге деталей, их входном контроле и дефектации. Технологии 3D-сканирования позволяет повысить эффективность дефектации, сократить ее продолжительность в 6 раз, снизить уровень субъективности оценки технического состояния детали и уменьшить трудоемкость процесса на 30 % [8]. Стратегией развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года намечен рост рынка аддитивных технологий к 2030 году более чем в 3 раза, а объем производства на российских компаниях должен увеличиться более чем в 7 раз. Объем 3D-печати деталей в 2022 г. по сравнению с 2021 годом вырос в 3 раза, при этом объём услуг реверс-инжиниринга вырос в 20 раз [9]. По данным экспертов к традиционным областям использования аддитивных технологий добавятся объемы услуг по ремонту машин в различных отраслях, в том числе импортных. В последние годы резко вырос спрос на услуги 3D-печати запасных частей. Особенно востребована 3D-печать оказалась в сфере производства запчастей для сельскохозяйственной техники. Аддитивные технологии могут стать ключевым инструментом при решении импортозамещения в инженерной сфере АПК. В последние годы трендом развития цифровизации в различных отраслях, в том числе в АПК, является использование «цифровых» двойников [10]. В сравнении с традиционными подходами, предполагающими изготовление физического прототипа и проведение натурных испытаний, разработка продуктов на основе технологии «цифрового двойника» помогает снизить число ошибок при проектировании и может

обеспечивать снижение временных, финансовых и иных ресурсных затрат до 10 раз и более. Технологии цифровых двойников изделия более распространены в отраслях машиностроения и приборостроения. Цифровые двойники перспективны в рамках управления ремонтно-обслуживающим производством для повышения эффективности производственных и сбытовых процессов ремонтных предприятий, мониторинге состояния и послепродажном обслуживании машин и оборудования [11-13]. Нами проведен анализ и обобщение отечественных и зарубежных информационных источников по использованию цифровых решений в различных отраслях экономики. На основании такого анализа определены возможности их применения в инженерной сфере АПК (табл).

Таблица – Возможности применения цифровых решений в инженерной сфере АПК

№ пп	Цифровые решения	Содержание цифровых решений и их возможности
1	Электронная информация	Различные электронные каталоги и инструкции по эксплуатации машин, электронная технологическая документация
2	Цифровые системы управления производством на ремонтно-обслуживающем предприятии	Внедрение цифровой системы управления производством на предприятии обеспечивает оперативность принятия управленческих решений на основании получаемой в режиме реального времени информации о ходе производства. Цифровые системы управления техническим обслуживанием и ремонтом на предприятии позволяют планировать техническое обслуживание и ремонт, управлять заказами на выполнение работ, отслеживать исполнение и результаты работ.
3	Системы электронного управления, применение датчиков и умных устройства	Электронными модулями управления оснащаются двигатели внутреннего сгорания и другие агрегаты машин. Электронные системы контролируют тормоза, подушки безопасности, трансмиссию, отдельные элементы ходовой части и т.д. Для управления и контроля в устройстве различных систем присутствуют многочисленные датчики.
4	Интеллектуальные системы диагностирования машин	При мониторинге состояния и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники перспективны такие цифровые решения как встроенные системы самодиагностики, компьютерное и дистанционное диагностирование. Позволяют снизить трудоемкость технического обслуживания машин и их простоев.
5	Робототехнические системы	Перспективны роботы при очистке и окраске машин, при восстановлении и упрочнении деталей, на складах запасных частей. Робот справляется с складской операцией в среднем в 3,5–4 раза быстрее человека.
6	Аддитивные технологии	Перспективны при изготовлении запасных частей и восстановлении деталей, их входном контроле и дефектации, а также реверс-инжиниринге.
8	Цифровые двойники	Позволяют оптимизировать работу предприятий, прогнозировать реакцию оборудования на эксплуатационные нагрузки, снизить продолжительность простоев машин и оборудования и расходы на их содержание.

Библиографический список

1. Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (утверждено Распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021г. № 3971-р).
2. Абдрахманова Г.И., Быховский К.Б., Веселитская Н.Н. и др. Цифровая трансформация

отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. XXII междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239с.
3. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольтяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.
4. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48с.
5. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Дорохов А.С., Скороходов Д.М., Свиридов А. С. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. Аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с.
6. Голубев И.Г., Быков В.В., Голубев М.И. Перспективные направления использования цифровых технологий в техническом сервисе машин. // Совершенствование конструкций и эксплуатации техники: сб. матер. Междунар. научно-практ. конф., посвященной 95-летию заслуженного деятеля науки и техники РФ, акад. РАТ, д.т.н., профессора Н.Н. Колчина. – РГАТУ, 2021. – С. 104-108.
7. Быков В.В., Голубев М.И. Перспективы использования цифровых технологий при восстановлении деталей машин. // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона: матер. Всеросс. (национальной) научно-практ. конф., посвященной Дню Российской науки. – Улан-Удэ, 2021. – С. 74-77.
8. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Гольтяпин В.Я. Апатенко А. С., Севрюгина Н.С. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. –76 с.
9. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 137 с.
10. Стратегия развития аддитивных технологий. // Аддитивные технологии. – 2022. – №4. – С. 10-11.
11. Российскому АПК помогут цифровые двойники. [Электронный ресурс]. – URL: https://mcx.gov.ru/press-service/news/rossiyskomu-apk-pomogut-tsifrovye-dvoyniki/?ysclid=lgm5dl9gnr276733414 (дата обращения: 12.08.2023).
12. Крылов А. Цифровые двойники в промышленности. возможности и перспективы // РИТМ машиностроения. – 2021. – № 2. – С.32-33.
13. Следков Ю.Г., Хорошко Л.Л. Кузнецов П.М., Бутко А.О. Цифровой двойник процессов восстановления сельскохозяйственной техники // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31. – № 4. – С. 530–543.

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДА КЛАССА ФЕНИЛПИРРОЛОВ НА МОДИФИКАЦИЮ АЗОТА В ПОЧВЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ УРЕАЗЫ

Громова И.П.
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана» Роспотребнадзора, г. о. Мытищи, Россия
E-mail: *gromovaip@mail.ru*

Резюме. *При проведении комплексного интегрального исследования по нормированию высоко стойкого в почве фунгицида производного класса фенилпирролов (флудиоксонила) и установлению его влияния на общесанитарный показатель вредности, было проведено изучение воздействия токсиканта на процессы самоочищения в песчаной почве и ферментативную активность уреазы, ключевого катализатора биодеградации мочевины в почве, который обладает значительной чувствительностью к внешнему молекулярному и ионному окружению. Установлено, что химические вещество в высокой концентрации оказывает стимулирующее влияние на процессы аммонификации и нитрификации, а также на активность фермента, выражающееся ускорением процессов азотистого обмена в почве и повышенной сопротивляемостью активности фермента к токсиканту.*

Пестициды негативно влияют на состояние почв, вызывают разрушение природных экосистем и, тем самым, вызывают необратимые изменения в составе биогеоценозов. Одной из важнейших задач рационального использования почв является регулирование скорости биологической минерализации органического вещества и, одновременно, максимальное использование растениями накопленного минерального азота. Переизбыток азота может приводить к подавлению биологических процессов, изменению кислотности почв, резкому снижению или увеличению состава и численности биоценозов, а также способствовать накоплению токсичных веществ в следствие неполной деградации поллютантов. В то время, как недостаток азота вызывает замедление роста почвенных организмов и растений [1].

Биологическая активность почвы определяется общей активностью биохимических процессов. С помощью показателей биологической активности почвы, в том числе ее ферментативной активности, при изучении влияния загрязнения почв можно охарактеризовать направленность и скорость происходящих в почве изменений, а также оценить уровень возможной опасности поллютантов при изучении процессов ее самоочищения. Биологическая активность почвы не зависит от происхождения и типа почвы. Эта особенность очень важна при проведении экспериментальных исследований по обоснованию предельно допустимых концентраций химических веществ в почве.

Интенсивность процессов самоочищения (аммонификация и нитрификация), выражающаяся в изменение количества нитритов азота, образующихся в результате процессов биогенной азотфиксации азота в форме аммиака и соединений аммония, а также окончательная минерализация азотсодержащих органических соединений почвенными микроорганизмами до соответствующих неорганических нитратов, является одним из показателей, с помощью которого можно оценить состояние биологической активности почвы под влиянием внесенного в нее токсиканта.

При выполнении комплексных гигиенических исследований по нормированию действующего вещества (ДВ) пестицида флудиоксонила (производное фенилпирролов), обладающего высокой персистентностью в почве (1 класс опасности – чрезвычайно опасное соединение), в условиях лабораторного эксперимента было изучено его влияние на общесанитарный показатель вредности, в том числе, на процессы самоочищения и ферментативную активность гидролитического фермента уреазы, играющего важную роль в превращении азотсодержащих соединений, активность которого определяет важные этапы их трансформации в почве [2]. Общесанитарный показатель вредности характеризует активность процессов самоочищения контаминированной почвы от ксенобиотиков.

Опыты были выполнены с учётом физико-химических свойств изучаемого пестицида, а также с учетом соблюдения требований о проведении экспериментальных исследований в стандартных, сопоставимых почвенных и микроклиматических условиях с соблюдением принципа экстремальности [3–8].

Препараты на основе ДВ флудиоксонила рекомендуется к применению в

условиях сельского хозяйства России в качестве фунгицидов широкого спектра действия для предпосевного протравливания и протравливания семян с увлажнение, в том числе, комбинированного (наземная обработка в смесях с инсектицидами), зерновых, бобовых культур, картофеля против различных гнилей, фузариозного увядания, плесневения, аскохитоза, антракноза, головни, парши, антракноза, проволочников, колорадского жука с нормой расхода препарата 0,8-1,5 л/т и 0,2-1,0 л/га [9].

Фотолиз играет важную роль в пути и скорости деградации ДВ в почве. Основные метаболиты образуются на свету, но не в темноте. Флудиоксонил медленно деградирует в аэробных нестерильных лабораторных условиях в темноте. Стерильные и анаэробные условия привели к незначительной деградации флудиоксонила, демонстрируя, что снижение содержания в почве инкорпорированного флудиоксонила в темноте опосредуется аэробными почвенными микроорганизмами. В целом флудиоксонил метаболизируется до более чем 10-15 минорных метаболитов. Переход от аэробных к анаэробным инкубационным условиям не привел к увеличению скорости его деградации, а при анаэробно-стерильных условиях ее не наблюдалось – период полураспада (ДТ50) более 1 года. В целом ДТ50 составляет – 119-365 дней. ДВ обладает низкой выщелачиваемостью (расчетный индекс потенциального вымывания (GUS) 1,83) и классифицируется как немобильный в почве [10]. Таким образом весьма вероятна аккумуляция ДВ в почве при повторном и более применении препаратов на его основе в условиях сельского хозяйства РФ.

Ксенобиотик в виде водных растворов вносили в песчаную почву в трех концентрациях (0,03–0,3 мг/кг) в трехкратной повторности, контроль – чистая почва. Условия проведения опыта: температура +22–23°С, влажность 60 %, в темноте. Отбор, подготовку проб проводили общепринятыми методами на 3, 7, 14, 20, 30, 45 сутки. Определение содержания аммиака и ионов аммония (суммарно) выполнено с реактивом Несслера, нитритов с использованием сульфаниловой кислоты, нитратов с использованием дисульфофеноловой кислоты спектрофотометрическим методом. Результаты пересчитывали с помощью калибровочного графика на мг NH_4^+, NO_2^-, NO_3^- на 100 г почвы. Активность уреазы определяли определял фотометрическим методом с реактивом Несслера и рассчитывали по формуле с учетом контрольных измерений в стерильной почве [11].

В опытных пробах с максимальной концентрацией ДВ на 20 день опыта было отмечено достоверное по сравнению с контролем увеличение аммонийного азота – NH_3^+ (мг/на 100 г почвы): контроль – 0,05; 3,0 мг/кг почвы – 0,1. На 14 и 20 дни достоверное повышение азота нитритов – NO_2^- (мг/на 100 г почвы): контроль – 8,5 и 1,5; 3,0 мг/кг почвы – 13,4 и 5,8, соответственно. На 20 и 30 дни достоверное повышение азота нитратов – NO_3^- (мг/на 100 г почвы): контроль – 16,2 и 16,0; 3,0 мг/кг почвы – 23,9 и 33,5, соответственно. На 20 день также в пробах почвы с высокой концентрацией ДВ была отмечена достоверная активация уреазы, мг NH_3 10г/24 ч: контроль – 0,2; 3,0 мг/кг почвы – 1,0. В конце наблюдения различий в опытных образцах и контроле не обнаружено. Содержание аммиака, нитритов и нитратов, а также активность уреазы при

внесении ДВ на уровне 0,03 и 0,3 мг/кг почвы было на уровне контрольных показателей в течение всего эксперимента.

В результате проведенных исследований были получены данные, отражающие изменения в процессах аммонификации, нитрификации и биологической активности почвы, загрязненной флудиоксонилом, которые связаны с совокупностью ряда процессов, протекающих в ней (соединение катионов и анионов ксенобиотика почвенными частицами, угнетение микробиологической фракции почвы и др.).

Высокая концентрация фунгицида оказала стимулирующее действие на процессы аммонификации и нитрификации, в результате чего количество аммонийного азота, нитритов и нитратов достоверно увеличилось по сравнению с контрольными пробами, что свидетельствует о увеличении численности свободно живущих азотфиксаторов и нитрифицирующих бактерий. К концу эксперимента процессы самоочищения в почве постепенно нормализовались. Активация уреазы свидетельствует о высокой скорости разложения мочевины и значительной резистентности почвенной биоты к токсиканту, что способствовало интенсификации процессов самоочищения почвы от химического вещества.

Библиографический список

1. Никитишен В.И. Питание растений и удобрение агроэкосистем в условиях ополий Центральной России. – М.: Нука, 2012. – 285 с.
2. Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности – Методические рекомендации № 2001/26 от 16.04.01. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200092700 (дата обращения: 07.09.2023).
3. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов, ВНИИГИНТОКС. – Киев: 1988. – 210 с.
4. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почве. Москва, 1982. № 2609–82.
5. Гончарук Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1986. – 320 с.
6. Попова А.Ю., Ракитский В.Н., Синицкая Т.А., Трухина Г.М., Громова И.П. Актуальность гигиенического нормирования пестицидов в почве // Гигиена и санитария. 2018. № 97(6). С. 485-490.
7. Громова И.П., Климова Н.Н. К вопросу о гигиеническом нормировании пестицидов в почве в целях охраны окружающей среды и здоровья населения // Здравоохранение Российской федерации. 2011; (4): 18-19.
8. Громова И.П. Изучение процессов аммонификации и нитрификации при гигиеническом нормировании пестицида класса триазолов в почве // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2022. № 18(4). С. 61-65.
9. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, Москва: ООО «Издательство Агрорус»; 2023. Ежегодник. Выпуск 27. [Электронный ресурс]. URL: https://direct.farm/content/80b/80b39d0a9d0a47b59a2a41797df9320f8780584.pdf дата обращения: 07.09.2023).
10. The Pesticide Manual. 18th Edition, Editor J. A. Turner, BCPC, The Garden Studio, 4 Hillside, Aldershot, Hampshire, GU11 3NB, UK. 2018. Available at: [Электронный ресурс]. URL: https://www.bcpc.org/product/the-pesticide-manual-18th-edition (дата обращения: 07.09.2023).
11. ГОСТ ISO 14238-2014 Межгосударственный стандарт. Качество почвы. Биологические методы. «Определение минерализации и нитрификации азота в почвах и влияние химических веществ на эти процессы», введен в действие 01.07.2015.

УДК 631.81.095.337: 631.81.095.338

ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ПИТАНИЯ С УЧЁТОМ СИНЕРГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НИМИ[1]

Гуреев И.И.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск,
E-mail: *gureev06@mail.ru*

Реферат. *Исследования направлены на создание алгоритма и компьютерной программы цифровой оптимизация питания растений на базе функциональной листовой диагностики. Алгоритм ориентирован на формализацию и последующую оптимизацию взаимоувязанного факторного пространства по влиянию элементов питания на фотохимическую активность хлоропластов растений, которая изменяется пропорционально их потребности в питательных веществах. На основе алгоритма создана и зарегистрирована компьютерная программа, для функционирования которой хлоропласты испытывают на фотохимическую активность при добавлении в их суспензию смесей элементов питания. Номенклатуру и состав смесей подбирают из условия оценки не только линейных эффектов элементов питания, но и синергии взаимодействия между ними. Позитивная особенность программы состоит в автоматизированной нейтрализации антагонистического влияния на усвоение растениями питательных веществ находящимися в почве избыточными элементами, что достигается адаптивными дозировками дефицитных элементов питания при выполнении корневых и листовых подкормок. Эффективность цифровой оптимизации питания растений проверили в трёхлетних опытах на ячмене и озимой пшенице. Почва опытов − чернозём выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7-5,1 %, солевая вытяжка pH_{KCl}=4,7-5,0. Содержание щёлочногидролизуемого азота − 13,9-18,3, подвижного фосфора − 6,0-13,3 и обменного калия − 9,3-16,2 мг на 100 г почвы. С применением цифровой оптимизации установлено существенное сокращение объёмов удобрений, вследствие чего годовая экономия совокупных затрат при возделывании ячменя и озимой пшеницы возросла, соответственно, на 40 и 24 %. Сокращение расхода удобрений попутно обеспечило благоприятные экологические последствия снижением химической нагрузки на окружающую среду.*

Ключевые слова: *элементы питания, хлоропласты, фотохимическая активность, цифровая оптимизация, функциональная диагностика, питательные смеси.*

Summary*. The research is aimed at creating an algorithm and a computer program for digital optimization of plant nutrition based on functional leaf diagnostics. The algorithm is focused on the formalization and subsequent optimization of the interrelated factor space on the effect of nutrients on the photochemical activity of plant chloroplasts, which changes in proportion to their need for nutrients. Based on the algorithm, a computer program was created and registered, for the functioning of which chloroplasts are tested for photochemical activity when mixtures of nutrients are added to their suspension. The nomenclature and composition of the mixtures are selected from the condition of assessing not only the linear effects of the batteries, but also the synergy of interaction between them. A positive feature of the program is the automated neutralization of the antagonistic effect on the absorption of nutrients by excess elements in the soil, which is achieved by adaptive dosages of deficient nutrients when performing root and foliar feeding. The effectiveness of digital optimization of plant nutrition was tested in three-year experiments on barley and*

1 *Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.*

winter wheat. The soil of the experiments was leached medium loamy chernozem with a humus content of 4.7-5.1%, salt extract pHKCl=4.7-5.0. The content of alkaline hydrolysable nitrogen is 13.9-18.3, mobile phosphorus is 6.0-13.3 and exchangeable potassium is 9.3-16.2 mg per 100 g of soil. With the use of digital optimization, a significant reduction in fertilizer volumes was found, as a result of which the annual savings in total costs for the cultivation of barley and winter wheat increased by 40 and 24 %, respectively. Reducing the consumption of fertilizers along the way provided favorable environmental impacts by reducing the chemical load on the environment.
Key words: *batteries, chloroplasts, photochemical activity, digital optimization, functional diagnostics, nutrient mixtures.*

Введение. На современном этапе развития научно-технического прогресса в земледелии невозможно получить достойный урожай сельскохозяйственных культур (например, больше 6 т/га пшеницы или ячменя) без комплексного сбалансированного питания растений применением удобрений [1]. Комплексное удобрение предполагает востребованную растениями его широкую номенклатуру. Оно содержит не только макроэлементы питания азот, фосфор и калий (*NPK*), но и микроудобрения, такие, как цинк, железо, бор, марганец, медь, молибден и др. Микроудобрения являются катализаторами ферментных процессов в растениях [2], а также повышают эффективность использования *NPK* [3].

С течением времени условия произрастания растений меняются. Соответственно, меняется их потребность в питательных веществах, объективная оценка которой возможна не единичной, а систематической диагностикой, чувствительной не только к потребности растений в отдельных элементах питания, но и к количественному соотношению между ними [4].

Известные визуальная и химическая диагностики не обеспечивают надлежащий эффект. Так, проявляющиеся визуальные симптомы на листьях в большинстве случаев одинаковые для групп элементов питания, отчего сложно определиться в действительно дефицитном элементе. Оцениваемый же химической диагностикой состав тканей растений не учитывает их реакцию на переменные условия вегетации.

В настоящее время обозначенным запросам отвечает функциональная листовая диагностика по фотохимической активности хлоропластов, взаимосвязанной с потребностью растений в элементах питания. При добавлении какого-то элемента питания фотохимическая активность изменяется пропорционально обеспеченности растений им. Недостаток элемента устанавливают по увеличению, а избыток − по уменьшению фотохимической активности по сравнению с контролем. Таким образом, степень изменения фотохимической активности от присутствия в питательной среде испытываемого элемента позволяет судить о величине его потребности или избытка [5].

Необходимые для продуктивного функционирования растений макроудобрения заделывают в почву, определяя их дефицит по результатам почвенной диагностики. Аналогичный подход для микроудобрений неэффективен, так как их малые дозы связываются в почве в недоступные растениям формы [1], [6].

Поэтому питание растений в процессе вегетации корректируют по данным листовой диагностики, покрывая недостаток микроудобрений листовыми подкормками [7], [8].

Основоположниками метода функциональной листовой диагностики Плешковым А.С. и Ягодиным Б.А. предложено диагностические действия производить обособленно по каждому из испытываемых элементов питания независимо от других элементов [5].

Однако понятие сбалансированного удобрения значительно шире. Помимо номенклатуры, оно подразумевает не только количественное значение каждого из элементов питания, но и соотношение между ними, удовлетворяющее текущую потребность растений. Поэтому обособленный подход к испытываемым элементам не позволяет оценить взаимодействие между ними. По словам того же Ягодина Б.А. и др. − при питании растений из почвенного раствора соотношение элементов играет даже более существенную роль, нежели их концентрация [9].

Справедливость данного высказывания не может подвергаться сомнению, так как взаимодействия между элементами могут быть синергетическими, т.е. усиливать потребление растениями одного элемента в присутствии другого и способствовать повышению к.п.д. фотосинтетической активной радиации (ФАР). Но могут быть и антагонистическими, когда наличие одного элемента блокирует усвоение растениями других элементов, понижает к.п.д. ФАР и замедляет нарастание органической массы растений.

Поэтому предложено эффективное экологически ориентированное направление экономии удобрительных ресурсов за счёт синергии взаимодействия между элементами питания. Методология такого подхода предполагает оценку фотохимической активности хлоропластов растений на присутствие в питательной среде не единичных элементов питания, а различных их неповторяющихся смесей [10].

Реализуется инновационный метод посредством прибора Аквадонис, который способен оценивать изменения фотохимической активности хлоропластов при добавлении в их суспензию не только единичных макро- и микроэлементов, но их смесей, что в последующем используется для оптимизации питания культур [11].

Цель исследований − создание алгоритма и компьютерной программы цифровой оптимизация питания растений на базе функциональной листовой диагностики.

Материалы и методы исследований. В основу алгоритма положена формализация и последующая оптимизация взаимоувязанного факторного пространства по влиянию элементов питания на фотохимическую активность хлоропластов. Это позволяет в полной мере реализовать способность живых растений самостоятельно адаптироваться к условиям вегетации с учётом взаимодействия между элементами питания.

Алгоритм представлен в виде кибернетической модели с входными управляемыми факторами (элементами питания) и выходным откликом в виде

относительного показателя фотохимической активности хлоропластов Y:

$$Y = 100\frac{F-F_б}{F_б}, \%;$$

где F – фотохимическая активность хлоропластов в присутствии смеси диагностируемых элементов питания;

$F_б$ – базовая величина фотохимической активности без наличия элементов питания (контроль).

Положительное значение Y свидетельствует о синергетическом воздействии питательной смеси на растение. При отрицательной величине Y воздействие питательной смеси на растение антагонистическое.

Алгоритм оптимизации питания конкретной культуры предполагает ряд последовательных действий для проведения диагностики (рис. 1).

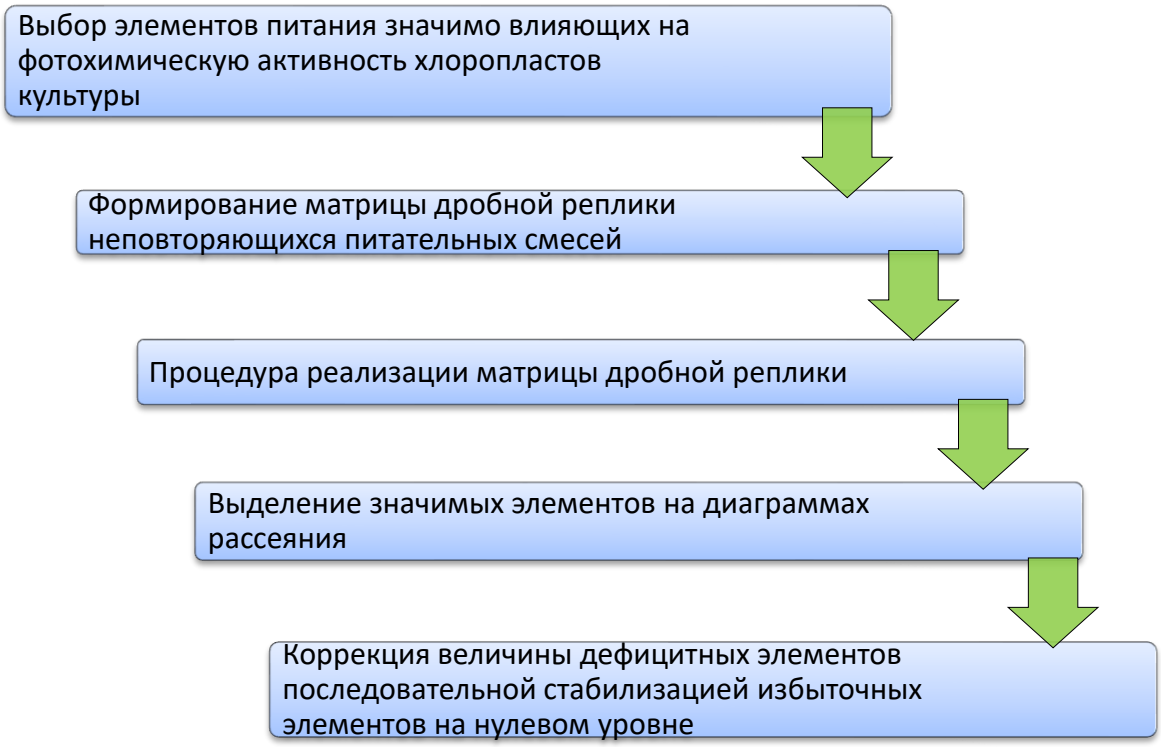


Рисунок 1 – Последовательность оптимизации питания сельскохозяйственных культур

На начальном этапе априори выделяют элементы, значимо влияющие на фотохимическую активность хлоропластов растений, и проводят формализацию взаимоувязанного факторного пространства по методике оптимального планирования эксперимента. Перечень элементов зависит от биологических особенностей обследуемых культур и, как правило, превышает 10. Полный факторный эксперимент при таком количестве факторов достаточно объёмный, как по затратам, так и по времени его проведения. Поэтому целесообразна дробная реплика, позволяющая без существенной потери информативности сократить трудоёмкость экспериментальных работ.

Диагностику проводят в соответствии с матрицей планирования эксперимента, где каждый вариант предполагает испытания питательной смеси с

определённым набором элементов питания. Проектируют матрицу для выбранных значимых элементов питания, которые присутствуют на двух уровнях: отсутствие (0), наличие (+) в определённой концентрации.

Матрицу дробной реплики строят таким образом, чтобы линейные эффекты наиболее значимых элементов выделить в чистом виде без «примеси» эффектов взаимодействий. Эффекты же других менее значимых элементов по убывающей предпочтительности смешивают с эффектами взаимодействия, начиная с наименее значимого взаимодействия самого высокого порядка (чем выше порядок взаимодействия, тем он менее значим).

При выполнении диагностики растений в объёме матрицы каждому испытываемому составу смеси определяют величину откликов. Посредством дисперсионного анализа оценивают вклад диагностируемых элементов питания, устанавливая соотношение между ними с учётом явлений синергизма и антагонизма.

Важное преимущество инновационного метода состоит в возможности оптимизации питательных смесей при наличии в почвенном растворе избыточных элементов питания, снизить концентрацию которых невозможно. Достигается это коррекцией в диаграммах рассеяния величины дефицитных элементов, последовательно стабилизируя избыточные элементы на нулевом уровне. После этого выделяют значимые дефицитные элементы и недостаток их в почве покрывают подкормками [12].

Приведенный алгоритм формализован применением цифровых технологий, для чего создана специальная компьютерная программа (свидетельство 2021617738). Она позволяет в автоматическом режиме оптимизировать питание растений. Программа функционирует на языке Borland Delphi Enterprise Version 7.0. Объём 512 Кб. Аналоги в литературе отсутствуют [13]. Посредством неё по данным функциональной листовой диагностики, полученным с использованием прибора Аквадонис, оптимизируют питание растений и формируют сбалансированные удобрительные смеси [11].

Правила пользования программой следующие:

– Открыть папку «Programma».
– Открыть файл «Diagnostika».
– Нажать кнопку «Корректировка откликов».

Дальнейшие действия зависят от способа отбора пробы листьев для анализа на приборе Аквадонис.

Способ 1. Отбор единственной смешанной пробы по диагонали обследуемого поля.

Способ 2. Отбор нескольких проб с повторностью 2, 3, 4 и т.д. (не менее 2).

Отобранные пробы размещают в полиэтиленовые пакеты. Срок их доставки для анализа должен быть по возможности коротким – не превышать 30-40 минут. Однако, при хранении пакетов в холодильнике (термосе с кусочками льда) при температуре +4…+6 ^{0}C этот срок может быть продлён до 2-3 часов.

В результате диагностических действий на приборе Аквадонис со смешанной пробой, отобранной способом 1, последовательно получают 16 значений

фотохимической активности хлоропластов. В открывшемся окне программы (рисунок 2) в верхней строке вводят количество вариантов опыта (в данном случае цифра 16), повторность (цифра 2) и табличное значение критерия Стьюдента для принятого уровня значимости.

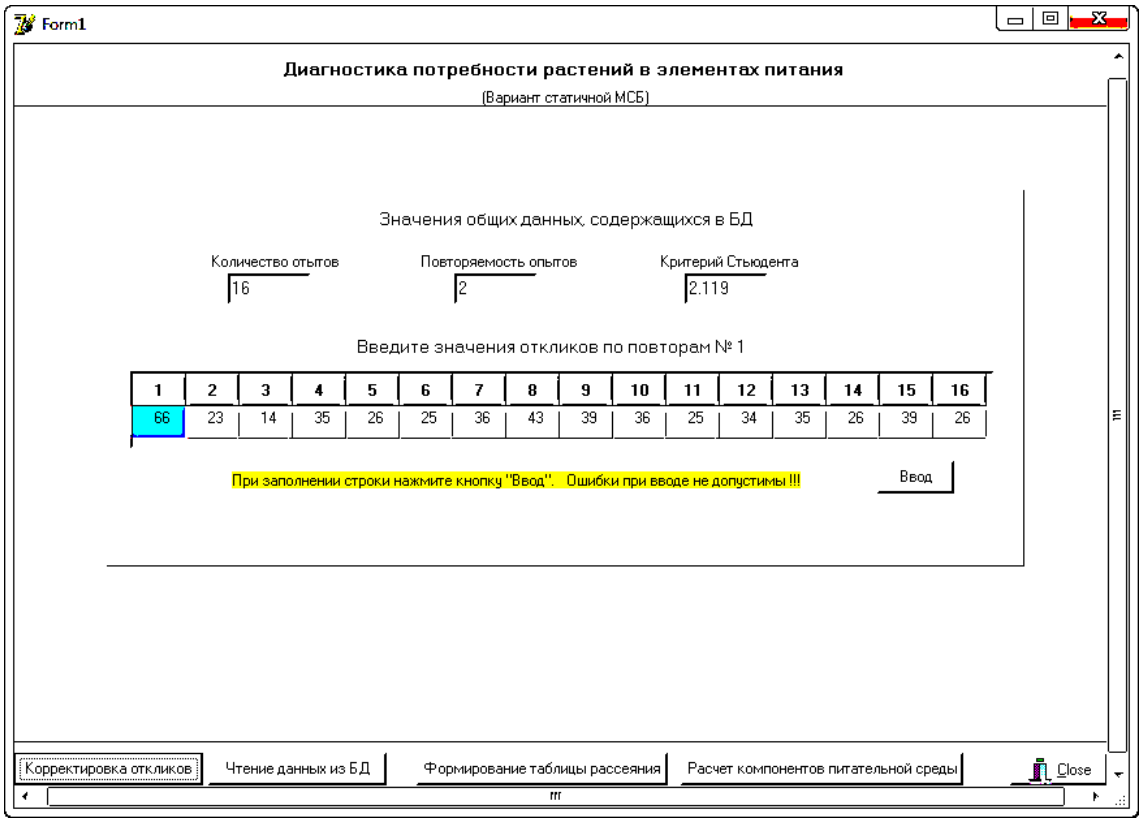


Рисунок 2 – Окно для ввода диагностических данных

Затем для каждого варианта, пронумерованного в таблице, расположенной ниже, вводят 16 значений фотохимической активности, полученных с помощью прибора Аквадонис. Нажимают кнопку «Ввод». Повторно вводят те же 16 значений с последующим нажатием кнопки «Ввод».

При отборе проб по способу 2 на приборе Аквадонис для каждой повторности получают по 16 значений фотохимической активности. В верхней строке окна программы (рис. 2) устанавливают соответствующее число повторности. Для первого из диагностируемых образцов вводят 16 значений и нажимают кнопку «Ввод». Для 2-го из диагностируемых образцов также вводят 16 значений и нажимают кнопку «Ввод». И т.д.

После ввода значений фотохимической активности нажимают кнопку «Чтение данных из БД». Компьютер считывает введенные значения и условия выполнения расчётов.

Затем нажимают кнопку «Формирование таблицы рассеяния». Компьютер выстраивает введенную информацию в виде таблицы рассеяния, которая позволяет по статистическим признакам выделить наиболее существенные элементы питания. Последовательно нажимают кнопки «Close» и «Расчёт компонентов питательной среды». В правой нижней части всплывшего окна по величине откликов считывают потребность растений в элементах питания, в % (рис. 3).

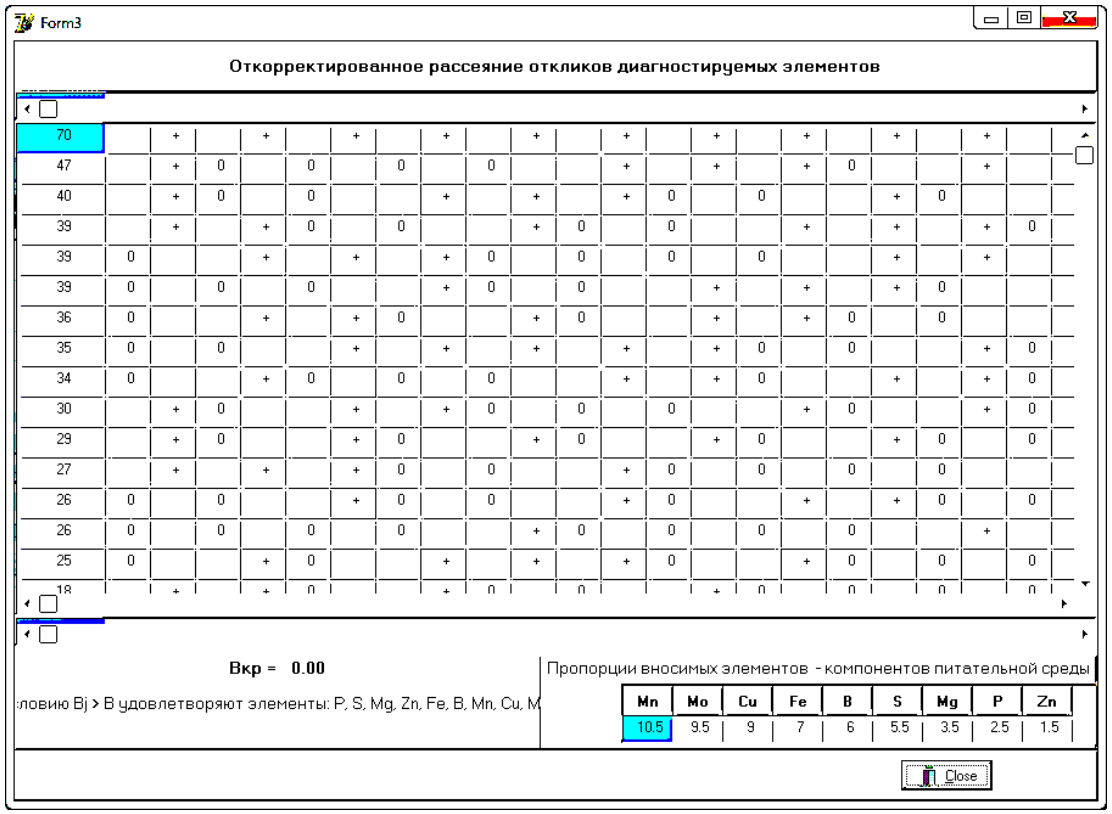


Рисунок 3 – Результаты расчёта компонентов питательной среды

Программа выдаёт относительную потребность в дефицитных элементах питания. Избыточные элементы автоматически нейтрализуются коррекцией величины дефицитных элементов.

Завершают функционирование программы нажатием кнопки «Close».

Необходимое количество удобрений для покрытия установленного дефицита определяют по формуле:

$$П_у = \frac{С_{100}Д}{С_у}, \text{ г/га;}$$

где Д – диагностические данные, %;

C_y – содержание действующего вещества в удобрении, %;

C_{100} – максимальная доза элемента питания при одноразовой листовой подкормке, г/га (таблица 1).

К примеру, при цифровой оптимизации питания ячменя листовыми подкормками устанавливают компоненты смеси удобрений *Cu*=22,5 %; *K*=16 %; *P*=8,5 %; *Zn*=7,5 %.

Дефицит меди покрывают микроудобрением Хелатэм *Cu 15*, потребность в котором составляет:

$$П_{Cu} = \frac{130 \cdot 22,5}{15} = 195 \text{ г/га.}$$

Потребность в калии и фосфоре может быть удовлетворена одним видом удобрения − монокалийфосфатом. Его количество необходимое для покрытия дефицита калия:

$$П_K = \frac{1500 \cdot 16}{34} = 706 \text{ г/га,}$$

Таблица 1 – Дозы элементов питания C_{100} при одноразовых листовых подкормках

Питательное вещество	Удобрение	Содержание действующего вещества (C_y), %	Доза (C_{100}), г/га
Азот	Мочевина	N=46,2	900
	Аммиачная селитра	N=34,4	350
Фосфор	Аммофос	P=52, N=12	6000
	Монокалийфосфат	P=52, K=34	
Калий	Калий сернокислый	K=53, S=18	2500
	Калий хлористый	K=60	1500
	Монокалийфосфат	P=52, K=34	6000
	Метаборат калия	K=44, B=10,1	
Сера	Сульфат аммония	N=21, S=24	1500
Магний	Хелат магния	Mg=6	9900
Марганец	Хелат марганца	Mn=13	345
Цинк	Хелат цинка	Zn=15	220
Железо	Хелат железа	Fe=6	300
		Fe=11	
		Fe=13	
Медь	Хелат меди	Cu=15	130
Кальций	Хелат кальция	Ca=10	800
Кобальт	Хелат кобальта	Co=13	30
Бор	Борная кислота	B=17,5	300
Молибден	Молибденовокислый аммоний	Mo=78	40
Йод	Йодистый калий	I=76,4	20

а для покрытия дефицита фосфора:

$$П_P = \frac{6000 \cdot 8,5}{26} = 980 \text{ г/га}.$$

Из двух значений монокалийфосфата для листовых подкормок принимают большее, $П_{KP}$ = 980 г/га.

Дефицит цинка покрывают микроудобрением Хелатэм *Zn 15*:

$$П_{Zn} = \frac{220 \cdot 7,5}{15} = 110 \text{ г/га}.$$

Результаты исследований. Эффективность цифровой оптимизации питания растений проверена в опытах на ячмене и озимой пшенице трёхлетними Государственными испытаниями Центрально-Черноземной машиноиспытательной станцией совместно с ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и Буйским химическим заводом. Испытания проведены согласно СТО АИСТ 1.3-2007 «Машинные технологии производства продукции растениеводства. Программа и методы испытаний». Экономическую эффективность определяли по ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Почва опытов − чернозём выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7-5,1 %. Солевая вытяжка pH_{KCl}=4,7-5,0. Содержание щёлочногидролизуемого азота − 13,9-18,3, подвижного фосфора − 6,0-13,3 и обменного калия − 9,3-16,2 мг на 100 г почвы. В процессе ведения опытов использовали отечественные стандартные макроэлементные водорастворимые

удобрения, а также производимые Буйским химическим заводом комплексные микроудобрения и хелатные формы микроэлементов (табл. 1).

В опытах, выполненных в шестикратной повторности, представлены два варианта с информацией по эффективности цифровой оптимизации питания растений (табл. 2).

Таблица 2 – Агроэкономическая эффективность оптимизации питания ячменя и озимой пшеницы

Наименование показателей	Ячмень				Озимая пшеница			
	По годам исследований			Среднее	По годам исследований			Среднее
Вариант 1. Индивидуальные испытания каждого элемента питания (контроль)								
Полевая всхожесть семян, %	92,0	92,8	92,7	92,5	94,2	91,3	91,3	92,3
$НСР_{05}$	0,30				0,41			
Урожайность зерна, т/га	3,42	2,81	4,91	3,71	4,54	6,07	3,47	4,69
$НСР_{05}$	0,14				0,15			
Содержание клейковины в зерне, %	-	-	-	-	29,0	30,0	28,3	29,1
$НСР_{05}$	-				2,9			
Натура зерна, г/л	655	638	636	643	748	772	745	755
$НСР_{05}$	3,55				7,7			
Масса 1000 зёрен, г	45,1	47,8	45,8	46,2	43,2	48,5	40,3	44,0
$НСР_{05}$	0,57				1,1			
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб./га	2303	334	2854	1830	1633	2701	2252	2195
Вариант 2. Цифровая оптимизация питания растений с учётом синергии взаимодействия между питательными веществами								
Полевая всхожесть семян, %	92,0	92,8	92,7	92,5	94,2	91,3	91,3	92,3
$НСР_{05}$	0,30				0,41			
Урожайность зерна, т/га	3,34	2,87	5,0	3,74	4,64	6,11	3,51	4,75
$НСР_{05}$	0,14				0,15			
Содержание клейковины в зерне, %	-	-	-	-	27,6	31,3	28,0	29,0
$НСР_{05}$	-				2,9			
Натура зерна, г/л	656	638	638	644	753	775	746	758
$НСР_{05}$	3,55				7,7			
Масса 1000 зёрен, г	45,0	47,8	46,0	46,3	44,4	48,8	40,4	44,5
$НСР_{05}$	0,57				1,1			
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб./га	2395	2269	3050	2571	2356	2890	2931	2726
3. Экономическая эффективность инновации								
Превышение над контролем годовой экономии совокупных затрат, руб./га	92	1935	196	741	723	189	679	531

Семена культур в вариантах обрабатывали микроудобрением Аквамикс в дозе 100 г/т при их протравливании. Листовые подкормки проводили дважды − опрыскиванием растений в фазах кущения и выхода в трубку. Приёмы возделывания культур в опытах соответствовали зональным технологиям, в схемах защиты ориентировались на одинаковые сопутствующие фоновые пестициды, макроудобрения и др. Площадь делянок составляла 0,35 га. Оценку проводили по показателям полевой всхожести семян, урожайности и качества зерна (содержания клейковины, натуре и массе 1000 зёрен). Интегральной оценкой являлась годовая экономия совокупных затрат денежных средств (ГОСТ Р 53056-2008).

В контрольном варианте 1 номенклатуру и дозировки удобрений устанавливали по реакции хлоропластов живых растений на индивидуальные испытания каждого элемента питания (метод Плешкова и Ягодина) [5]. В варианте 2 проведена цифровая оптимизация питания растений с учётом синергии взаимодействия между элементами [10].

Обсуждение. Экономическую эффективность инновации определяли по превышению над контролем годовой экономии совокупных затрат от её использования. При возделывании ячменя годовая экономия совокупных затрат в среднем превысила контроль на 741 руб./га (40 %), а при возделывании озимой пшеницы – на 531 руб./га (24 %) (табл. 2). Исходя из анализа полученных данных, увеличение урожайности и улучшение качества зерна, как ячменя, так и озимой пшеницы, незначительно сказалось на экономических показателях. Основным же источником роста годовой экономии совокупных затрат явилось сокращение объёма используемых удобрений с применением инновации, что попутно обусловило благоприятные экологические последствия снижением химической нагрузки на окружающую среду.

Заключение. Эффективная интенсификация производства сельскохозяйственных культур невозможна без сбалансированного полного комплекса элементов минерального питания на протяжении периода вегетации. Для определения потребности растений в элементах питания на базе функциональной листовой диагностики созданы алгоритм и специальная компьютерная программа, позволяющая в автоматическом режиме оптимизировать питание растений с учётом синергии взаимодействия между питательными веществами. В трёхлетних опытах на ячмене и озимой пшенице эффективность цифровой оптимизации проявилась преимущественно в существенном сокращении объёмов используемых удобрений. В результате годовая экономия совокупных затрат при возделывании ячменя и озимой пшеницы возросла, соответственно, на 40 и 24 %, что попутно обеспечило благоприятные экологические последствия снижением химической нагрузки на окружающую среду.

Библиографический список

1. Bindraban P.S, van der Velde M., Ye L., et al. (2012) Assessing the impact of soil degradation on food production. Curr Opin Environ Sust 4:478–488.

2. Monreal C.M., Derosa M., Mallubhotla S.C., Bindraban P.S., Dimkpa C. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients // Biology and Fertility of Soils. – 2016. – V. 52. – N3. – P.423-437.

3. Ding W., Xu X., He P., Ullah S., Zhang J., Zhou W., Cui Z. Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: a meta-analysis // Field Crops Research. – 2018. – V.227. – P.11-18.
4. Хорошкин А.Б. Способы повышения эффективности минерального питания сельскохозяйственных культур. – Ростов-на-Дону, 2011. – 67 с.
5. Pleshkov A.S., Jagodin B.A. The method of providing plants with mineral elements. Certificate of authorship USSR, no 952168, 1982.
6. Withers P.J.A., Sylvester-Bradley R., Jones D.L., et al. (2014) Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain. Environ Sci Technol 48:6523–6530.
7. Cakmak I., Yazici A., Tutus Y. et al. Iodine bio fortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy // Plant and Soil. – 2017. – V.418. – N1-2. P.319-335.
8. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от применения микроудобрения Аквадон-Микро // Земледелие. – 2013. – № 6. – С.45-47.
9. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
10. Gureev I.I. A method for diagnosing the needs of plants in mineral nutrients. Patent RF, no 2541310, 2015.
11. Углубленная адаптация технологий производства зерновых культур в Центрально-Черноземном регионе / И.И. Гуреев, Л.Б. Нитченко, И.А. Прущик (Под редакцией И.И. Гуреева). – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – 238 с.
12. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учеб. пособие / В.П. Бородюк, А.П. Вощинин, А.З. Иванов и др. – М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.
13. Программа для оптимизации питания растений по данным функциональной листовой диагностики / Гуреев И.И. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021617738, 19.05.2021. Заявка № 2021610382 от 18.01.2021.

УДК 579.222.3

РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕКОТОРЫХ ГРИБНЫХ ШТАММОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Гусенков Е.А. [1], Алистратова Ф.И. [2]
[1] ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Санкт-Петербург;
[2] ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург.
E-mail: [1]*Gusenkovevgenij@gmail.com*; [2]*alistraatova @ yandex.ru*

Резюме. *На землях сельскохозяйственного назначения для осуществления мер по защите культурных растений регулярно применяют химические препараты. Их доля значительно превосходит другие средства защиты. Для снижения химической нагрузки на агроэкосистему всё более актуальными являются исследования в области поиска экологически безопасных агротехнологий. Например, поиск стимуляторов роста растений, источником которых могут выступать микромицеты.*

Abstract. *Chemical substances are often used on agricultural land to implement cultivated plant protection measures. The proportion of them significantly exceeds other means of protection. To reduce the chemical load on the agroecosystem, researchs in the field of finding environmentally friendly agricultural technologies are becoming increasingly relevant. For example, the search for stimulants, the source of which may be micromycetes.*

1. Введение

На сегодняшний день зарегистрированных, разрешённых к применению средств защиты растений на основе грибов с ростостимулирующим действием немного: Эмистим (продукты метаболизма симбиотического гриба *Acremonium lichenicola*), Мицефит (продукты метаболизма эндофитного гриба *Mycelium radicis* var. *ledum*), Агростимулин (продукты метаболизма симбиотического гриба *Cylindrocarpon magnusianum*) [1]. К тому же их эффективность не всегда стабильна в полевых условиях. Поэтому актуален поиск новых продуцентов стимуляторов роста и развития.

Экстракты микромицетов с различным образом жизни в определённых низких концентрациях могут вызывать нецелевой эффект – усиливать рост и развитие растений: показана ростостимулирующая активность экстрактов *Magnaporthe oryzae*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium chrysogenum*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* [2 – 5], а также *Calaphoma complanata* 32-121 [6, 7]. С биотехнологической точки зрения повышение продуктивности после ростостимулирующей обработки имеет большое практическое значение [8].

Цель данной работы – скрининг грибных штаммов для оценки их ростостимулирующего потенциала.

2. Материалы и методы

2.1 Грибные штаммы

Объектом исследования стали 17 патогенных, почвенных и эндофитных микромицетов (табл. 1) и пшеница сорта China Spring. Штаммы грибов хранятся в коллекции чистых культур лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ФГБНУ ВИЗР при 5 °С в пробирках на скошенном картофельно-глюкозном агаре (КГА). В качестве посевного материала использовали два 5 мм блока 10-ти дневной культуры грибов на КГА.

2.2 Глубинный мицелий

7-ми суточный глубинный мицелий получали в 250 мл колбах Эрленмейера, содержащих 50 мл сахарозо-соевой питательной среды следующего состава, г/л: сахароза - 30, соевая мука – 14, KH_2PO_4 – 1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5; pH = 6,0. Культивирование осуществляли на термостатируемой орбитальной качалке при 180 об/мин и температуре 24 °С.

Отмывку мицелия от остатков питательной среды осуществляли через 6 слоёв марли 100-кратным объемом дистиллированной воды. Отжимали под вакуумом на воронке Бюхнера с красным фильтром до 80-85 % влажности.

2.3 Грибные композиции

После выращивания мицелия собирали культуральную жидкость (КЖ) и разбавляли её в 50 раз. Получали композиции на основе мицелия 17 микромицетов: КЖ и спиртовые экстракты (экстракция 200 мг измельчённого мицелия в 10 мл 80 % этанола 45 минут при 60 °С, разбавление в 100 раз до конечной концентрации 0,02 %). При экстракциях осадок отделяли фильтрованием через фильтр Красная лента.

Таблица 1 – Используемые штаммы микромицетов

Штамм	Место выделения	Материал, из которого был выделен штамм
Calaphoma complanata 32-121	п. Размететелево, Лен. обл.	Листья борщевика Сосновского
Stagonosporopsis spp.211	п. Лунево, Пенз.обл.	Листья бодяка полевого
Didymella macrostoma 32-52	Майкоп, Респ. Адыгея	Листья вьюнка полевого
Fusarium semitectum 12	Пригородный р-н, Даргас, Альп.луг, 2012	Пшеница
Fusarium langsethiae MFG 192212	Липецкая обл., Лебедянский р-он; 2013	Зерно озимой пшеницы
Colletotrichum coccodes № 13	Пригородный р-н, Даргас, Альп. луг, 2012	Примула
Botrytis cinerea № 16	ВИР, 2010	Вьюн полевой
Gibellina cerealis MFC 22701	ВИР, 2010	Зерновые, листья
Alternaria solani 23	Дагестан, р-н Вавилово	Картофель
Alternaria japonica 244-011	Дагестан, р-н Вавилово	Семена редиса
Alternaria tenuissima 1.74	Дагестан, р-н Вавилово	Семена ячменя
Beauveria caledonica BSc13Vg18	Вологодская обл., 2018	Почва
Beauveria caledonica Bb 16	Московская обл.	Почва
Beauveria caledonica BSc25Vg18	Вологодская обл., 2018	Почва
Beauveria bassiana BHy 1-06	Предгорье Заилийского Алатау, Казахстан	Имаго перепончатокрылого
Beauveria bassiana T7	Алатау, Казахстан	Почва
Beauveria pseudobassiana BCu-22	Алатау, Казахстан	Имаго жука-долгоносика

2.4 Оценка ростостимулирующей активности

Для оценки ростостимулирующего эффекта опытные варианты обрабатывали экстрактом микромицетов и культуральной жидкостью, а контрольный образец – водой (отрицательный контроль) и хитозаном (положительный контроль).

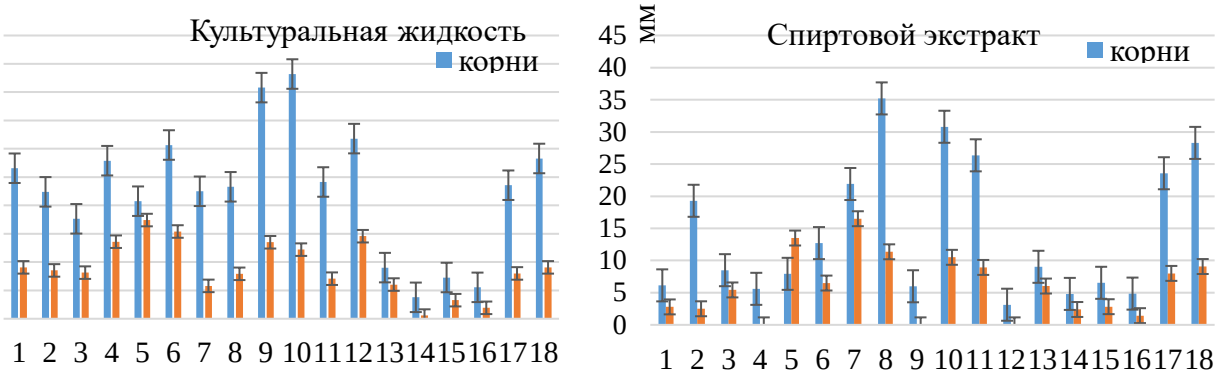
Ростостимулирующую активность оценивали методом рулонов [9]. Для этого зёрна пшеницы (по 10 штук на вариант) China Spring инкубировали на орбитальной качалке (180 об/мин) в течение 1 ч в грибных композициях. Раскладывали на фильтровальную бумагу, сворачивали в рулон, закрепляли и ставили его в узкий, высокий 500 мл стакан с 50 мл дистиллированной воды. Учет проводили по длине проростков и корней на 4-е сутки культивирования на свету при 24 °С.

3. Результаты и обсуждение

Оценка ростостимулирующей активности показала разноплановое действие (рисунок 1). Суспензии на основе культуральной жидкости почти всех грибов обладали в различной степени стимулирующим эффектом. Достоверное позитивное увеличение роста проростков и корней по сравнению с контролями (обработка водой и хитозаном) наблюдалось в случае обработки семян

культуральной жидкостью грибов *G. cerealis* MFC 22701, *A. tenuissima* 1.74, *A. japonica* MFP 244011, *A. solani* 23, *B. caledonica* BSc13Vg18 по отношению к контролю с водой. Обработка хитозаном, как заявлено сильным элиситором, привела к достоверно усиленному прорастания семян.

В случае спиртовых экстрактов ростостимулирующую активность показывали 0,02 % этанольные экстракты *C. coccodes* (49 %) и *A. japonica* (31 %). Также немного повышал всхожесть экстракт *B. cinerea* (13 %).



1 – *B.bassiana* T7*;* 2 – *B. pseudobassiana* BCu-22*;* 3 – *B.caledonica* Bb-16*;* 4 – *A. tenuissima* 1.74*;* 5 – *B.caledonica* BSc25Vg18*;* 6 – *A .solani* 23*;* 7 – *F. semitectum;* 8 – *C.coccodes* №13*;* 9 – *G.cerealis* MFC 22701*;* 10 – *A. japonica* MFP 244011*;* 11 – *B. cinerea* №16*;* 12 – *B.caledonica* BSc13Vg18*;*13 – *C. sativus;* 14 – *C.complanata* 32-121; 15 – *Stagonosporopsis* spp.*;* 16 – *D.macrostoma* 32-52*;* 17 – вода; 18 – хитозан

Рисунок 1 – Ростостимулирующая активность экстрактов мицелия исследуемых штаммов на пшенице China Spring

В случае *Stagonosporopsis* spp. 211, *B. bassiana* T7 и *B. caledonica* BSc25Vg18 наблюдалось полное подавление роста на пшенице, как и в случае с табаком. Возможно, это связано с тем, что спиртовые экстракты содержат соединения с фитотоксической активностью. Например, ранее было показано, что у *Stagonosporopsis* spp. 211 присутствуют токсичные метаболиты гербарумин и стагонолид А [10]; некоторые экстракты *B. bassiana и B. pseudobassiana* демонстрируют такую активность в отношении *Elytrigia repens и Sonchus arvensis* [11].

Таким образом, грибные композиции можно рассматривать как перспективный, экологически чистый способ защиты растений путём реализации их естественного генетического материала и, как результат, стимулирования роста и развития.

Библиографический список

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 14 марта 2022 г. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/ (Дата обращения: 24.06.2022).

2. Purification and characterization of a novel hypersensitive response-inducing elicitor from *Magnaporthe oryzae* that triggers defense response in rice / M. Chen, H. Zeng, D. Qiu, [et al.] // PLoS One. – 2012. – Т. 7., №. 5. – С. 637-654

3. Fungal elicitor protein PebC1 from *Botrytis cinerea* improves disease resistance in

Arabidopsis thaliana / Y. Zhang, X. Yang, H. Zeng [et al.] // Biotechnology letters. – 2014. – Т. 36., №. 5. – С. 1069-1078.
4. Dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* activates defense via gene regulation of salicylic acid and jasmonic acid signaling in *Arabidopsis* / Z. Chen, J. Wang, Yu Li [et al.] // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2018. – Т. 103. – С. 54-61.
5. Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae / Y. Ramos, A. D. Taibo, J. A. Jiménez & O. Portal // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2020. – Т. 30. – №. 1. – С. 1-6.
6. Гусенков, Е.А., Емельянов, Д.А. Оценка элиситорной активности мицелиальных экстрактов фитопатогенных микромицетов / Е. А. Гусенков, Д. А. Емельянов // Конференция «Ломоносов – 2021». – Секция «Альдология и Микология». – Санкт-Петербург: 2021 – 168 с.; ISBN 978-5-317-06593-5.
7. Pavlova, N. Plant Diseases Containment and Growth Stimulators of Fungal Origin / N. Pavlova, D. Malygin, S. Sokornova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 720. – №. 1. – С. 012026.
8. Wang, J. W. Stimulation of artemisinin production in *Artemisia annua* hairy roots by the elicitor from the endophytic *Colletotrichum* spp. / J. W. Wang, Z. Zhang, R. X. Tan // Biotechnology letters. – 2001. – Т. 23. – №. 11. – С. 857-860.
9. Разработка способа предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем (ИЭП) и экономическое обоснование его использования / Г.П. Стародубцева, Е. И. Рубцова, Е. Н. Лапина [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №. 75.
10. Берестецкий, А. О. Штамм гриба *Stagonospora cirsii* Г-51 ВИЗР-продуцент гербарумина I и стагонолида А. / А. О. Берестецкий, А.А. Далинова А. А., В. Р. Дубовик. – 2019.
11. Инсектицидные и фитотоксические свойства экстрактов из культур некоторых патогенов злаков / А. О. Берестецкий, Е. Н. Григорьева, М. О. Петрова, Е. А. Степанычева // Микология и фитопатология. – 2018. – Т. 52. – №. 6. – С. 408-419.

УДК 631.171

ПРОЦЕСС ЦИФРОВИЗАЦИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Даманский Р.В., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н.
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Россия
E-mail: *79514085374@yandex.ru*

Резюме. *В статье рассмотрена возможность внедрения цифровых технологий и компьютерных систем в развитие предприятий агропромышленного комплекса (АПК). Приведены распространенные цифровые технологии, «автоматическое беспилотное управление машинно-тракторным агрегатом» и «беспилотные летательные аппараты (БПЛА)», последняя из которых известна и широко используется для мониторинга и оценки состояния агрокультур. Описана методика применения технологии для оценки нормализированного относительного индекса растительности NDVI. Приведены результаты определения состояния растительности, по которым приводится заключение о состоянии выращиваемых культур. Получены выводы о применении технологии использования БПЛА для оценки состояния выращиваемых культур.*

Ключевые слова: *цифровизация, информационные технологии, программное обеспечение (ПО), автоматизация, индекс NDVI, агропромышленный комплекс.*

THE PROCESS OF DIGITALIZATION IN PLANT PRODUCTION

Damanskij R.V, Kem A.A., Mihaltsov E.M., Schmidt A.N.
FSBSI «Omsk Agrarian Research Center» Omsk, Russia
E-mail: *79514085374@yandex.ru*

Summary. *The article discusses the possibility of introducing digital technologies and computer systems into the development of enterprises in the agro-industrial complex (AIC). Common digital technologies are given, "automatic unmanned control of a machine-tractor unit" and "unmanned aerial vehicles (UAVs)", the latter of which is known and widely used for monitoring and assessing the condition of agricultural crops. The methodology for using the technology to evaluate the normalized relative vegetation index NDVI is described. The results of determining the state of vegetation are presented, based on which a conclusion is given on the state of the cultivated crops. Conclusions were obtained on the use of UAV technology to assess the condition of cultivated crops.*
Key words: *digitalization, information technology, software, automation, NDVI index, agro-industrial complex.*

Введение. Изучение цифровых технологий и компьютерных систем и применение их в области растениеводства становится перспективным направлением в развитии АПК регионов России [1]. В производственных предприятиях, основным направлением которых является выращивание агрокультур, наиболее распространенными технологиями являются [2]:

- цифровые системы вегетации агрокультур;
- автоматизированные системы управления производственными процессами;
- автоматическое беспилотное управление машинно-тракторным агрегатом;
- беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Внедрение вышеперечисленных технологий позволяет выполнять мониторинг и системный анализ в каждом подразделении предприятия с целью систематизации предприятий, обеспечивая высокую производительность и снижая производственные риски [3].

При возделывании сельскохозяйственных культур огромное значение имеет климатическая зона. Погодные и климатические условия влияют на плодородие почвы, что сказывается на всхожести семян. В этой связи очень важно наблюдение за равномерностью и интенсивностью всходов агрокультур. Кроме того возникает необходимость контроля интенсивности развития сорных растений [4]. Немало важным фактором является возникновение болезней и вредителей. Мониторинг и контроль возделываемых культур позволяет своевременно обнаружить факторы, наносящие вред и препятствующие активному развитию. Это позволяет оперативно принять меры по защите растений. Широкое использование в области растениеводства получают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), предназначением которых являются: сбор информации о состоянии растительности [5].

Материалы и обсуждение. Учёными ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» проводится попытка внедрения цифровых технологий в производственные процессы. В цифровые системы мониторинга и контроля вегетации

агрокультур входит применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Технология применения БПЛА в растениеводстве широко известна, и используется для контроля и оценки таких параметров, как:

- рост и мониторинг развития растений;
- контроль развития сорных растений, вредителей, болезней растений;
- оценка урожайности выращиваемых культур.

Оценка этих параметров проводится посредством фоточувствительных датчиков нормализированного относительного индекса растительности – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), вмонтированных в систему БПЛА [6]. Технология оценки нормализированного относительного индекса растительности NDVI работает следующим образом:

Солнечный свет, отражающийся с поверхности листьев растений. При этом происходит поглощение электромагнитных волн красного диапазона и отражение волн в ближнем инфракрасном диапазоне. Интенсивность поглощения волн в красном диапазоне зависит от площади поверхности листвы и уровня содержание в них хлорофилла [7]. Отражающий солнечный свет попадает в фоточувствительные датчики фотокамеры БПЛА. Полученные снимки обрабатываются на компьютере посредством программного обеспечения (ПО), например Agisoft Photoscan. ПО Agisoft Photoscan производит вычисление индекса NDVI. Формула (1) для вычисления нормализированного относительного индекса растительности (индекс NDVI) широко известна, и рассчитывается как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму [6]:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

где NIR = спектральная яркость в ближнем ИК диапазоне длин волн;
RED = спектральная яркость в красном диапазоне длин волн.

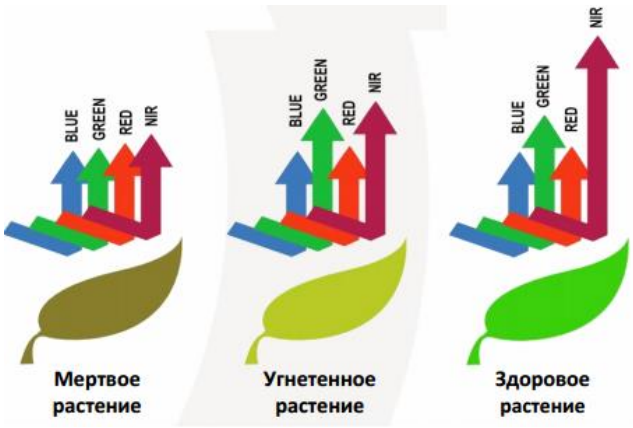


Рисунок 1 – Пример отражения спектральной яркости от состояния растений

Методика исследования. В качестве исследований выбрано поле, засеянное пшеницей твёрдых сортов. Исследования нормализированного относительного индекса растительности NDVI ФГБНУ проводились учеными ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2021 году по следующей методике [7]:

1. С помощью фоточувствительных датчиков установленных на квадрокоптере модель DJI Mavic AIR 2, с интервалом 1 месяц получали снимки изображений экспериментального поля на протяжении с марта по сентябрь 2021 года. Отслеживание опытного поля проводилось с момента подготовки его к посеву и до окончания уборочной кампании. Проводился мониторинг развития агрокультур, и динамики засоренности поля сорными растениями.

2. Полученные снимки обрабатывали на персональном компьютере программным обеспечением (ПО) растровых систем Agisoft Photoscan. Данное ПО позволяет создавать одноканальный набор данных, характеризующих плотность и интенсивность выращиваемых агрокультур. ПО Agisoft Photoscan осуществляет статистический анализ рядов распределения всех значений элементов растра, попадающих в какую-либо исследуемую область участка [7].

3. Спектральное отражение солнечного света в красном (RED) и инфракрасном (IR) каналах с использованием ПО индексируется шкалой NDVI (Рис.2). Полученный индекс характеризует плотность растительности и интенсивности её развития.

4. Пожелтевшие и омертвевшие листья отражают меньше в ближнем инфракрасном (IR) диапазоне. Согласно полученному индексу NDVI ведётся анализ состояния растительности. На основе полученных данных ставится заключение о состоянии выращиваемых культур, статус растительности (омертвление листьев из-за дефицита влаги, засоренность поля сорными растениями, наличие болезней, вредителей). Высчитывается область поврежденных растений в % [8].

5. Полученная информация позволяет прогнозировать дальнейшее состояния выращиваемых культур, выбирать тип технологической операции и оперативно выполнять действия по оптимизации качества урожая.

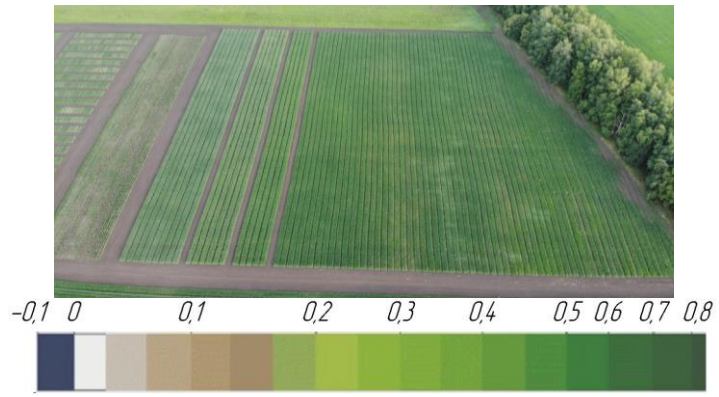


Рисунок 2 – Один из типов дискретной шкалы NDVI для мониторинга состояния выращиваемых культур

Результаты исследования. Проведенными исследованиями нормализированного относительного индекса растительности NDVI учёными селекционно-семеноводческого центра ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» получены значения индекса NDVI о состоянии опытного поля в следующих диапазонах:

- поле без растительности – индекс NDVI < 0,1;

- поле с малыми всходами выращиваемых культур, имеющих разреженность индекс NDVI в диапазоне 0,1-0,3;

- поле со здоровой, густой растительностью, индекс NDVI 0,3-0,4;

- лесная растительность, NDVI 0,5-0,7.

По результатам проведенного исследования построена диаграмма зависимости индекса NDVI от времени развития вегетации агрокультур с интервалом 1 месяц (Рис. 3).

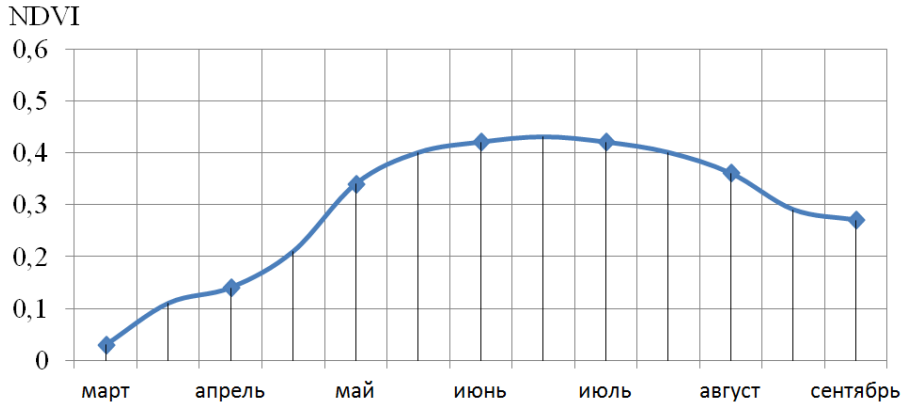


Рисунок 3 – Зависимость индекса NDVI за каждый месяц сезона вегетации выращиваемой культуры

Согласно кривой (Рис. 3), следует, что в момент схождения снега, исследуемое поле приобретает тёмный оттенок (март-апрель). При этом индекс NDVI минимальный (<0,1). Далее, в период появления всходов выращиваемой культуры, индекс NDVI возрастает, и превышает 0,4 на пике самого интенсивного развития агрокультуры. Однако, в ходе исследования развития агрокультуры, по мере её произрастания зафиксированы локальные точки, так называемые «проплешины» (Рис. 2). Это объясняется тем, что эти участки были заселены сорными растениями, а местами вероятно наблюдалось проявление химической фитотоксичности почвы.

Полученные выводы:

1. Проведенный мониторинг выращиваемой культуры пшеницы твёрдых сортов посредством БПЛА позволил оценить следующие параметры:

- рост и мониторинг развития растений;

- контроль развития сорных растений, вредителей, болезней растений;

- оценка урожайности выращиваемых культур.

2. Описана методика исследования нормализированного относительного индекса растительности (индекса NDVI), позволяющая оценивать состояние вегетационных культур, прогнозировать дальнейшее их состояние, выбирать тип технологической операции и оперативно выполнять действия по оптимизации качества урожая.

4. Получен диапазон индекса NDVI за каждый месяц вегетации выращиваемой культуры (Рис. 3).

Библиографический список

1. Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве / Д.Е. Кузьмин, А.С. Ишутко, С.Г. Оглизнева, А.И. Забудский // Современные проблемы и перспективные направления

инновационного развития науки: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Оренбург, 24 декабря 2017 года. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. – С. 102-103.
2. Багинский, Е.П. Обработка почв подверженных ветровой эрозии в осенний период / Е.П. Багинский, А.С. Союнов, Л.С. Керученко, П.В. Чупин // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях. Сборник всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2019. – С. 16-19.
3. Информационные технологии в точном земледелии при подготовке высококвалифицированных кадров АПК / А.С. Союнов, А.Ю. Головин, С.П. Прокопов, А.Г. Кулаева // Цифровое сельское хозяйство региона: основные задачи, перспективные направления и системные эффекты : Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию экономического факультета, Омск, 25 апреля 2019 года. – Омск: Омский ГАУ, 2019. – С. 379-384.
4. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: Учебное пособие / В.В. Троценко, В.К. Федоров, А.И. Забудский, В.В. Комендантов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 136 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-09938-6.
5. Троценко, В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии / В.В. Троценко, В.К. Федоров, А.И. Забудский, В.В. Комендантов // Учебное пособие Профессиональное образование. – 2-е изд., испр. и доп / Москва, 2017. С. 68.
6. Кем, А.А. Внедрение цифровых технологий на предприятиях АПК Омской области / А.А. Кем, Е.М. Михальцов, Р.В. Даманский, А.Н. Шмидт // Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии, системы и приборы в АПК" – АГРОИНФО-2021» Новосибирск. 2021. – С.268.
7. Михальцов, Е.М. О целесообразности апробации системы точного земледелия в условиях опытно-производственных хозяйств / Е.М. Михальцов, Р.В. Даманский, А.Н. Шмидт // Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии, системы и приборы в АПК» – АГРОИНФО-2021» Новосибирск, 2021. – С.304.
8. URL: http: https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html.

УДК 631.51.01:632.51:633.853.52

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дериглазова Г.М.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *g_deriglazova@mail.ru*

Резюме. *В статье проанализированы данные по урожайности ярового ячменя в 2022 году у сорта Прометей в зависимости от норм высева и уровня удобренности. Установлено, что урожайность ярового ячменя сорта Прометей в 2022 году на 89% изменялась под воздействием внесения минеральных удобрений, вызывая достоверное увеличение показателя.*
Summary. The article analyzes data on the yield of spring barley in 2022 for the Prometheus variety, depending on the seeding rates and the level of fertilization. It was found that the yield of spring barley of the Prometheus variety in 2022 changed by 89% under the influence of mineral fertilizers, causing a significant increase in the indicator.
Ключевые слова: яровой ячмень, нормы высева, минеральные удобрения, урожайность.

Яровой ячмень одна из основных зерновых культур, возделываемых в Центральном Черноземье [1-4]. В современных сложившихся экономических условиях, связанных с беспрецедентными санкциями, затрагивающие и

сельское хозяйство [5], сельхозтоваропроизводители должны получать максимально возможную урожайность возделываемых культур.

При выборе нормы посева важно учитывать высокую пластичность ячменя к площади питания, которая проявляется в изменении индивидуальной продуктивности растений. В посевах с оптимальной густотой и площадью питания растений биологический потенциал растений раскроется полностью, что приведет к увеличению урожайности культуры [6].

В связи с интенсификацией производства ячменя возникает вопрос выяснения элементов технологии выращивания, которые должны обеспечить высокую ее производительность. Среди них решающее значение имеет внесение минеральных удобрений и корректировка нормы высева семян. Необходимость заново вернуться к этому вопросу обусловлена постоянным изменением сортов в производстве и различными почвенно-климатическими условиями их выращивания.

Исследования проводились в 2022 году в полевом опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур Курского ФАНЦ в севообороте со следующим чередованием культур: 1. Чистый/занятый пар; 2. Озимая пшеница; 3. Соя; 4. Яровой ячмень.

Севооборот развернут во времени и в пространстве в трехкратной повторности. Посевная площадь делянки 57,8 м^2 (3,40х17,5). Схема опыта включает изучение норм высева семян и внесения минеральных удобрений. Норма высева изучалась на 4 уровнях – 3, 4, 5, 6 млн. всхожих зерен на гектар. Внесение минеральных удобрений - на 2 уровнях: 1- контроль без удобрений. 2 – $N_{30}P_{30}K_{30}$. Опыт заложен в 2022 году.

Возделываемый сорт Прометей относится к зернофуражным. Включен в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) региону. Год регистрации 2009. Рекомендован для возделывания в Тамбовской области. Оригинаторами являются Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» и Курский федеральный аграрный научный центр. В описании сорта заявлено, что содержание белка составляет 12,0-15,2 %, масса 1000 зерён 44-52 г, средняя урожайность в регионе - 33,2 ц/га.

Технология возделывания сои в опыте была общепринятая для региона, за исключением изучаемых факторов.

Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами статистического анализа с использованием программ Microsoft Excel.

Климат на территории Курской области характеризуется умеренной континентальностью. Это выражается в холодной и умеренно мягкой снежной зиме и умеренно теплом лете. По количеству осадков район исследований относится к зоне умеренного увлажнения, среднегодовое количество осадков, зафиксированное Петринской метеостанцией, составляет 545 мм. Две трети осадков выпадает в жидком виде, при этом чаще всего они выпадают в виде ливней. Минимальное количество осадков приходится на февраль, максимальное – на июль. На теплое полугодие (апрель-октябрь) приходится 57-59% осадков от годового их количества.

Гидротермический коэффициент, равный 1,2, указывает на незначительную засушливость, которая имеет место в летний период. Вероятность полузасушливых и засушливых лет – 25-35 %.

Продолжительность солнечного сияния за теплый период составляет 1200-1300, а за год 1700-1790 часов. Годовой приход солнечной радиации (суммарной) равен 89 ккал/см^2. По сезонам года это тепло распределяется следующим образом: зима – 7; весна – 29; лето – 40 и осень – 13 ккал/см^2.

По средним многолетним данным за год бывает 18,9 суховейных дней с относительной влажностью воздуха 30 % и ниже.

Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет 5,7°С. Сумма активных температур колеблется от 2300°С на севере области до 2550°С на юге. Продолжительность вегетационного периода (от +5°С весной до +5°С осенью) изменяется от 142 до 155 дней и близка к продолжительности безморозного периода.

Весной и осенью в связи с вторжением холодных арктических масс воздуха возникают заморозки. В среднем за многолетний период весенние заморозки заканчиваются в конце апреля-начале мая, но в отдельные годы могут наблюдаться и в конце мая – начале июня. Первые осенние заморозки начинаются в конце сентября – начале октября, в отдельные годы в конце августа.

Метеорологические условия в годы проведения исследований сложились удовлетворительно для роста и развития ярового ячменя и были типичными для условий Курской области. Среднесуточная температура вегетационного периода культуры (май-август) в 2022 году 18,4°С, то есть была соответственно на 1,4°С выше среднемноголетней температуры этого периода (17,0°С) (рис. 1).

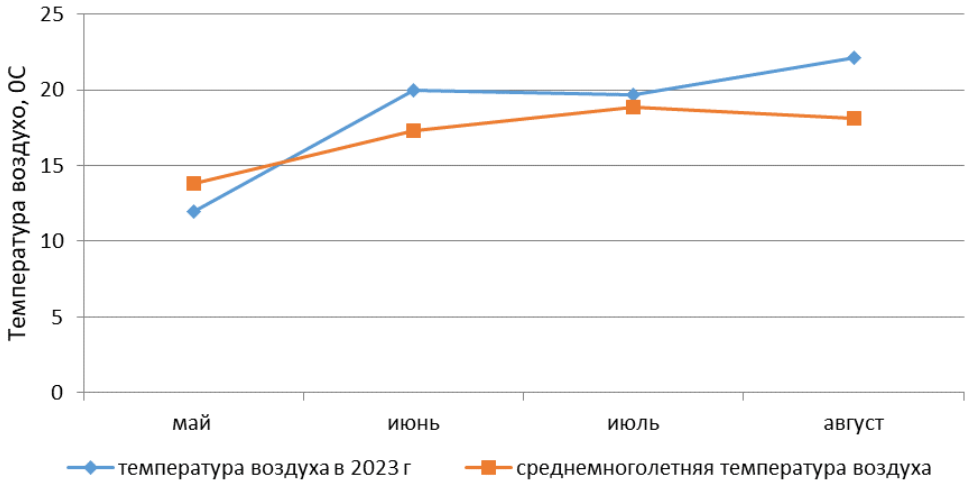


Рисунок 1 – Температура воздуха в 2022 году по сравнению со среднемноголетними значениями

Сумма осадков за май-август в 2022 году составила 188,4 мм, или 77% от среднемноголетнего их количества (244,0 мм) (рис. 2). То есть вегетационный период проведения исследований характеризовался теплой и засушливой погодой.

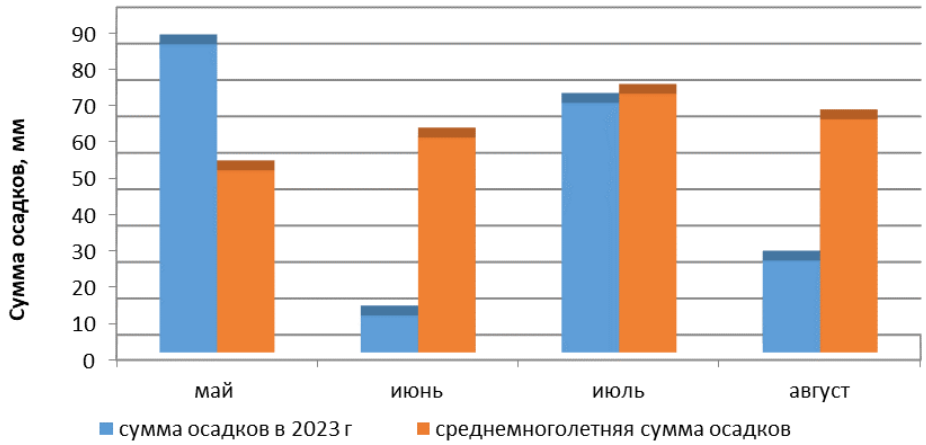


Рисунок 2. – Сумма осадков в 2022 году по сравнению со среднемноголетними значениями

Урожайность ярового ячменя в погодных условиях 2022 года в зависимости от варианта опыта и повторности изменялась от 23,7 до 34,3 ц/га (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность ярового ячменя Прометей в 2022 году, ц/га

Вариант №	Норма высева, млн. шт./га	Фон минерального питания	Урожайность, ц/га			
			повторение 1	повторение 2	повторение 3	ср
1	3	0	23,7	31,1	30,9	**28,6**
2		$N_{30}P_{30}K_{30}$	31,9	32,7	33,0	**32,5**
3	4	0	28,7	32,1	30,1	**30,3**
4		$N_{30}P_{30}K_{30}$	30,7	34,3	32,3	**32,4**
5	5	0	28,0	31,3	28,6	**29,3**
6		$N_{30}P_{30}K_{30}$	32,7	34,0	30,6	**32,4**
7	6	0	31,7	29,0	30,1	**30,3**
8		$N_{30}P_{30}K_{30}$	33,9	30,7	32,4	**32,3**
$НСР_{05}$ А 2,5 $НСР_{05}$ В 1,7 $НСР_{05}$ обобщенная 3,5						

На первой повторности интервал между максимальным и минимальным урожаем был высокий по сравнению с остальными повторениями и составил 10,2 ц/га. Возможно, это произошло из-за неравномерности плодородия почвы. В двух других повторениях этот интервал составил 5,3 и 4,4 ц/га.

Средняя урожайность в опыте варьировала от 28,6 до 32,5 ц/га.

Дисперсионным анализом установлено, что урожайность ярового ячменя сорта Прометей в 2022 году на 89% изменялась под воздействием внесения минеральных удобрений, вызывая достоверное увеличение показателя.

Достоверной разницы на урожайность культуры от изменения нормы высева семян не было выявлено.

Библиографический список
1. Акименко А.С., Свиридов В.И., Долгополова Н.В. Дудкина Т.А., Вавин В.Г. Урожайность ячменя в условиях Центрального Черноземья в зависимости от уровня удобренности и степени биологизации в севооборотах // Земледелие. 2022. № 6. С. 3-8. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7.
2. Митрохина О.А. Содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур// Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 40 45. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10070.
3. Пигорев И.Я., Тарасов А.А., Ишков И.В Многорядный ячмень в условиях Черноземья Лесостепи // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 2-6.
4. Чуян О. Г., Караулова Л. Н., Митрохина О. А. К системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 9–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11101.
5. Чуян О.Г., Золотухин А.Н., Глазунов Г. П. Оценка ресурсов продуктивности пашни в склоновых агроландшафтах ЦЧР // Земледелие. 2023. № 1. С. 8–13. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-8-13.
6. Гуреев И.И., Нитченко Л.Б., Прущик И.А. Углубленная адаптация технологий производства зерновых культур в Центрально-Черноземном регионе – Курск, 2021г – 238 с.

УДК 631.445.4

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Дмитриенко С.А., Лоткова В.В.
ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина», п. Майский
E-mail: *lotkova.2001@mail.ru*

***Резюме**. В статье приведены данные по влиянию цинковых удобрений на урожайность зерновой кукурузы. В качестве цинкосодержащего удобрения применяли АДОБ Zn:ИДХА. Наилучший результат в опыте получен на варианте Фон (40 т/га навоза, 3ий год последействия) + (NPK)120 + АДОБ Zn – 9 т/га. Причем, максимальное значение доли участия микроудобрения в урожае составило 8,3 % на варианте с последействием навоза без применения минеральных удобрений.*

***Summary**. The article presents data on the effect of zinc fertilizers on the yield of grain corn. ADOBE Zn:IDHA was used as a zinc-containing fertilizer. The best result in the experiment was obtained on the Background variant (40 t/ha of manure, 3rd year of aftereffect) + (NPK)120 + ADOBE Zn – 9 t/ha. Moreover, the maximum value of the share of micro fertilizers in the harvest was 8.3 % in the variant with the aftereffect of manure without the use of mineral fertilizers.*

Мощнейшим фактором стабилизации производства в земледелии является химизация. В настоящее время, как бы ни хотелось, пока не существует полноценной альтернативы минеральным удобрениям, грамотное, рациональное и комплексное их использование позволяет получать стабильные и высокие урожаи сельскохозяйственных культур, как на плодородных, так и на малопродуктивных почвах, без опасных последствий для окружающей среды [4].

Кукуруза – культура отзывчивая на внесение органических и минеральных удобрений. Рациональная система удобрений в большинстве случаев оказывает более сильное влияние на ее урожай, чем обработка почвы. В зависимости от агрохимических свойств почвы, уровня планируемого урожая,

влагообеспеченности и других факторов дозы удобрений может находиться в пределах от $N_0P_0K_0$ до $N_{140}P_{130}K_{300}$ [7].

Для формирования максимальной продуктивности необходим целый комплекс элементов питания: азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы, железа и микроэлементов (B, Cu, Mo, Zn, Mn). Недостаток того или иного элемента отрицательно сказывается на урожайности [3].

Микроэлементы принимают участие во многих физиологических и биохимических процессах у растений. Под их влиянием повышается использование питательных веществ растениями из почв и удобрений, усиливается положительное действие азотных, фосфорных и калийных удобрений [2].

Цинк играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в растительном организме. Он является составляющей частью ферментов и непосредственно участвует в образовании хлорофилла, способствует синтезу витаминов [6].

Многие исследования подтвердили, что содержание белка в растениях при недостатке цинка уменьшается. Под влиянием цинка повышается синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ. Применение цинковых удобрений увеличивает содержание аскорбиновой кислоты, сухого вещества. Цинковые удобрения повышают засухо-, жаро- и холодоустойчивость растений. При резком недостатке цинка нарушается процесс образования хлорофилла, в результате чего проявляется пятнистый хлороз – желтуха, позже пятна приобретают красновато-бронзовую окраску. Цинк улучшает водоудерживающую способность растений, повышает количество прочносвязанной воды. Наиболее чувствительны к его недостатку кукуруза, соя и фасоль [1].

В Белгородской области посевы зерновой кукурузы составляют более 90 тыс. га., однако, урожайность зерна остается низкой и нестабильной 35-45 ц/га. Поэтому увеличение урожайности кукурузы и повышение качества получаемой продукции в регионе является приоритетом [5].

Основываясь на анализе литературных данных, целью исследований явилась оценка влияния жидкого микроудобрения (АДОБ Zn:ИДХА) на урожай и качество зерна кукурузы, возделываемой с использованием различных систем удобрений, в юго-западной части ЦЧЗ.

Экспериментальная часть работы выполнена в многолетнем стационарном полевом опыте лаборатории защиты растений Белгородского ФАНЦ РАН по изучению комплексного влияния средств химизации на продуктивность зернопаропропашного севооборота и плодородие почвы.

Исследования проводились 2013 году на посевах зерновой кукурузы, возделываемой в зернопаропропашном севообороте, со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на зерно.

Объектом наших исследований является: среднеранний гибрид кукурузы (Белкорн 250) универсального типа использования, который высевался в третьей декаде апреля. Уборку проводили вручную с учетной площади.

Данный опыт наложен на существующую схему стационара включающая

шесть вариантов систем удобрений:

1 – контроль (без удобрений);

2 – навоз 40 т/га (3-й год последействия) – фон;

3 – фон + (NPK)60;

4 – фон + (NPK)120;

5 – (NPK)60;

6 – (NPK)120

Органические удобрения (навоз крупного рогатого скота, полуперепревший со средним содержанием общего азота – 0,45 %, фосфора – 0,30 %, калия – 0,50 % при влажности 60-70 %) вносились в чистом пару под озимую пшеницу в дозе 40 т/га под основную обработку. Минеральные удобрения в форме азофоски (16:16:16) – вручную с осени под вспашку на глубину 25-27 см.

Система защиты растений для всех вариантах одинакова и состояла из:

- протравливание семян ТМТД (СП) 2 кг на 1 тонну;

- внесение почвенного гербицида Трофи (2 л/га);

- послевсходовая обработка гербицидами Банвел (2,5 л/га) + Милагро (1 л/га);

+ инсектицид Карате 0,3 л/га (в период массового лета кукурузного мотылька).

Жидкое микроудобрение – АДОБ Zn:ИДХА (N 2,6 %, MgO 3,0 %, Zn 6,1 %) вносили опрыскивателем механизировано в дозе 2 л/га в качестве листовой подкормки двукратно – в фазе 5-8 листьев и через 2 недели после первой обработки, отдельным агротехническим приемом на всех вариантах удобрений.

Расположение делянок систематическое, повторность трехкратная. Общая площадь делянки – 100 м^2 (4 х 25), учетная 52 м2 (2,1 х 25).

Результаты полевых исследований показали, что на урожайность зерна кукурузы оказывали существенное влияние вносимые нами макро- и микроудобрения.

Из таблицы видно, что урожайность кукурузы на вариантах без удобрений (контроль) составила – 3,50 т/га зерна в пересчете на 14 % влажность. Наибольшая урожайность зерна получена на варианте с $(NPK)_{120}$ по фону 40 тон навоза третьего года последействия и составила 8,65 т/га. Дополнительное применение микроудобрения на этом фоне питания дополнительно повышало урожайность на 0,35 т/га или 4,05 % и составила 9,0 т/га зерна кукурузы.

Различия между минеральной и органоминеральной системой удобрения имеются, но носят характер тенденции.

Максимальная прибавка от микроудобрения получена на варианте (NPK)60 по фону навоза, которая составила 0,48 т/га или 6,59 %. Доля участия в урожае на этом варианте составила 6,2 %. Следует отметить, что максимальное значение доли участия микроудобрения в урожае составила 8,3 % на варианте с последействием навоза без применения минеральных удобрений.

Таблица – Влияние АДОБ Zn на урожайность зерна кукурузы на различных фонах питания в 2013 году

№ пп	Варианты опыта	Урожайность зерна т/га	Прибавка от:				Доля участия АДОБ Zn в урожае, %
			Удобрений		АДОБ Zn		
			т/га	%	т/га	%	
1	Контроль	3,50	–	–	–	–	–
2	Контроль + АДОБ Zn	3,58	–	–	0,08	2,29	2,2
3	Навоз 40 т/га (3г. последействия) – фон.	4,09	0,59	16,86	–	–	–
4	Навоз 40 т/га (3 г. После-действия) – фон + АДОБ Zn.	4,46	0,96	27,43	0,37	9,05	8,3
5	Фон + (NPK)60	7,28	3,78	108,00	–	–	–
6	Фон + (NPK)60 + АДОБ Zn	7,76	4,26	121,71	0,48	6,59	6,2
7	Фон + (NPK)120	8,65	5,15	147,14	–	–	–
8	Фон + (NPK)120 + АДОБ Zn	9,00	5,50	157,14	0,35	4,05	3,9
9	(NPK)60	6,40	2,90	82,86	–	–	–
10	(NPK)60 + АДОБ Zn	6,87	3,37	96,29	0,47	7,34	6,8
11	(NPK)120	8,25	4,75	135,71	–	–	–
12	(NPK)120 + АДОБ Zn	8,72	5,22	149,14	0,47	5,70	5,4
	$НСР_{05}$	**0,36**	**0,18**		**0,02**		**0,3**

В целом, анализируя урожайные данные, можно заключить что, продуктивность кукурузы формируется в основном под действием удобрений, а эффективность удобрений напрямую связанно с их доступностью, влагообеспеченностью и погодными условиями.

Библиографический список

1. Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А. Эффективность применения цинковых микроудобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья // Плодородие. – 2014. – №2 (77).
2. Горбунова Н.С., Куликова Е.В. Цинк в системе почва - растение при длительном применении удобрений и мелиорантов в условиях каменной степи // Плодородие. – 2018. – №4 (103).
3. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения. – Белгород: Отчий край, 2022. – 216 с. – ISBN 978-5-85153-172-9.
4. Влияние протравителей молебденсодержащими препаратами на посевные качества семян сои в условиях различной обеспеченности влагой / С.С. Кульков, В.Б. Азаров, С.Н. Зюба, В.В. Лоткова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 1(37). – С. 64-71.

5. Лоткова В.В., Азаров В.Б. Отзывчивость кукурузы на применение органических удобрений // Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны: матер. Междунар. науч. конф., Майский, 29 сентября 2022 года. – Майский: Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 126-128.
6. Лукин С.В., Селюкова С.В. Агроэкологическая оценка влияния органических удобрений на микроэлементный состав почв // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30,. – № 12. – С. 61-65.
7. Lotkova V., Azarov V. Prospects for the introduction of biologization techniques in agriculture of the Belgorod region // Innovative technologies in agriculture : International scientific and practical conference, Orel, 23–24 марта 2022 года. – Orel: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2022. – P. 51.

УДК 633.321: 631.67: 631.559

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗНОСПЕЛЫХ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Дрозд Д.А.
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь
E-mail: *drozd-dmirii@mail.ru*

Резюме. *Целью наших исследований, являлось оценка влияния дополнительного увлажнения на густоту стояния травостоя разноспелых сортов клевера лугового белорусской селекции. Нами установлено, что орошение обеспечивает повышение густоты стояния травостоя с 201–420 шт/м^2 до 270–592 шт/м^2.*

Summary. *The purpose of our research was to assess the effect of additional moisture on the density of herbage of mixed-ripening varieties of meadow clover of the Belarusian selection. We found that irrigation provides an increase in the density of herbage from 201–420 pcs/m^2 to 270–592 pcs/m^2.*

В качестве основного направления развития АПК Республики Беларусь выбрано животноводство, а в частности разведение и получение продукции от КРС. Ежегодное содержание крупного рогатого скота требует заготовки большого количества качественного и сбалансированного по элементам питания корма. Однако недостаток сельскохозяйственной техники, особенно в осенний период во время уборки зерновых культур, приводит к снижению качества заготавливаемого корма. Снизить потребность в сельскохозяйственной технике во время заготовки кормов можно путем организации сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового [1, 2, 3, 4].

Эксперимент был выполнен на землях учебно-опытного поля «Тушково-1». Посев осуществлялся беспокровным способом нормой высева 8 кг/га, для каждого из сортов, из расчета 100 % посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см.

Клевер луговой возделывался на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимические и водно-физические показатели почвы следующие: гумус – 1,48-1,66 %, P_2O_5 – 203,0-320,0 мг/кг, K_2O – 251,0-423,0 мг/кг, pH – 5,70-5,80, плотность сложения почвы 1,38-1,39 г/см^3, наименьшая влагоемкость – 22,63-23,82 % от массы сухой почвы.

Опыт заложен по следующей схеме:

Фактор А – Фон увлажнения:

1. Без орошения;

2. Орошение при снижении влажности до 70 % от наименьшей влагоемкости;

3. Орошение при снижении влажности до 80 % от наименьшей влагоемкости.

Фактор В – сорта:

1. Цудоуны;

2. Янтарный;

3. Витебчанин;

4. Мерея.

Поддержание оптимальной влажности почвы осуществлялось за счет применения орошения методом дождевания. В качестве дождевальной установки применялась барабанно-шланговая дождевальная установка Bauer Rainstar T-61. Поливные нормы рассчитывались по формуле Костякова А.Н. и для фона 0,8НВ она составила 20 мм, а для фона 0,7НВ – 30 мм.

Неустойчивость поступления осадков на протяжении двух лет исследований, потребовало применение дополнительного увлажнения. Потребность в увлажнении определялась на основании фактической влажности почвы, которая замерялась в полевых условиях. При снижении влажности почвы до нижнего оптимально предела, осуществлялся полив. Нами установлено, что в зависимости от года исследований оросительная норма варьировала в пределах 20–110 мм на фоне 0,8НВ и 30–120 мм на фоне 0,7НВ (табл. 1).

Таблица 1 – Элементы режима орошения клевера лугового в 2016–2020 гг.

Год	Фон орошения	Оросительная норма, мм
2017	0,7НВ	110
	0,8НВ	100
2018	0,7НВ	120
	0,8НВ	100
2020	0,7НВ	30
	0,8НВ	20

Урожай, получаемый при возделывании многолетних трав, формируется за счет тесной взаимосвязи нескольких компонентов. Они включают в себя густоту стояния травостоя, его облиственность и общую площадь листовых пластин, которая позволяет в различной степени увеличить или уменьшить интенсивность фотосинтеза.

Густота стояния травостоя отражает суммарное количество побегов, произрастающих на 1 м^2 пахотных земель. Учет густоты стояния травостоя на посевах клевера лугового следует начинать со второго года жизни, так как в год посева клевер активно формирует листовой аппарат и корневую систему с минимальным количеством побегов. Наблюдения за густотой стояния травостоя клевера лугового при различных условиях влагообеспеченности сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Густота стояния травостоя клевера лугового в 2017-2020 гг., шт/м^2

Сорт	Год	Контроль			0,8НВ			0,7НВ		
		1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос
I	2017	347	298	225	386	338	258	401	359	273
II		378	339	302	396	351	330	413	371	339
III		383	354	–	405	369	–	427	382	–
IV		391	359	–	416	368	–	431	379	–
I	2018	324	208	156	424	296	223	460	367	280
II		316	216	164	384	300	219	448	387	300
III		280	196	–	340	263	–	412	362	–
IV		300	221	–	360	283	–	410	352	–
I	2020	400	326	223	540	462	328	600	518	401
II		440	365	294	588	480	376	696	526	412
III		520	420	–	704	519	–	860	600	–
IV		570	400	–	790	527	–	935	644	–
I	Сред-нее	357	277	201	450	365	270	487	415	318
II		378	307	253	456	377	308	519	428	350
III		394	323	–	483	384	–	566	448	–
IV		420	327	–	522	393	–	592	458	–

Примечание – I – сорт Цудоуны, II – Сорт Янтарный, III – сорт Витебчанин, IV – сорт Мерея

Анализируя многолетние данные, можем сделать вывод о существенном влиянии орошения на густоту стояния травостоя. Так, например, в 2017 году в период формирования первого укоса зеленой массы на посевах клевера лугового сорта Витебчанин, произрастающих в естественных условиях, на 1 м^2 наблюдалось 383 стебля, а на фоне 0,8НВ – 405 стеблей. Схожая ситуация прослеживается и у остальных испытуемых сортов независимо от года исследований. Наибольшей густотой стеблестоя отличаются клевера, возделываемые в водно-воздушных условиях фона 0,7НВ независимо от количества укосов и метеорологических условий вегетационного периода.

Хорошая обеспеченность теплом и светом, а также запас питательных веществ, оставшийся после зимнего периода, вместе с накопленным за период формирования укоса позволяют создать наибольшее количество стеблей только в первом укосе зеленой массы. Формирование отавы второго и последующих укосов осуществляется за счет ранее накопленных питательных веществ, которые клевер уже не способен восполнить в полной мере. Вследствие этого наблюдается снижение густоты стояния стеблестоя уже во втором укосе.

Среди сортов клевера лугового наибольшим количеством стеблей в первом укосе отличался сорт Мерея, возделываемый в условиях фона 0,7НВ и сформировавший в среднем 592 шт. стеблей. Во втором укосе первенство сохранялось за сортом Мерея (458 шт/м^2) и затем перешло к среднераннему сорту Янтарный (350 шт/м^2). В целом травостой клевера лугового, возделываемый на фоне 0,7НВ независимо от сорта, характеризовался наибольшей численностью стеблей (318–592 шт/м^2).

Библиографический список
1. Агробиологические основы организации зеленых и сырьевых конвейеров из многолетних травостоев в условиях интенсивного ведения животноводства / В.М. Седяков [и др.] // Организация зеленых и сырьевых конвейеров для кормовой базы животноводства: сб. ст. / отв. ред.: С.Б. Степанов. – Ленинград, 1990. – С. 4-12.
2. Бирюкович А.Л. Многолетние травы в сырьевом сенокосном конвейере // Известия Национальной академии наук Беларуси. – 2004. - № 3. – с. 59-61.
3. Дрозд Д.А. Организация сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового // Мелиорация. – 2020 – № 1 (91). – С. 71-77.
4. Дрозд Д.А. Режим орошения и урожайность клевера лугового в системе сырьевого конвейера // Почвы и их эффективное использование: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. д-ра с.-х. наук, заслуженного деятеля науки РФ профессора В. В. Тюлина, Киров, 6–7 февр. 2018 г. : в 2 ч. / ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА»; гл. ред. В. Г. Мохнаткин. – Киров, 2018. – Ч. 1. – С. 95–102.

УДК 631.51.01

СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ЯЧМЕНЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *dubovikdm@yandex.ru*

Резюме. *Изучено накопление растениями ярового ячменя железа в зависимости от способа основной обработки почвы. Установлено, что наибольшая концентрация железа отмечается в корнях ячменя. Максимальное содержание железа в соломе, наблюдается при возделывании ячменя на фоне вспашки, а минимальное при прямом посеве. При минимизации обработки почвы отмечается снижение концентрации железа в зерне.*
Ключевые слова: *обработка почвы, прямой посев, железо, яровой ячмень, биологическое поглощение.*
Summary. *The accumulation of iron by spring barley plants has been studied depending on the method of basic tillage. It was found that the highest concentration of iron is observed in the roots of barley. The maximum iron content in straw is observed during the cultivation of barley against the background of plowing, and the minimum during direct sowing. While minimizing tillage, there is a decrease in the concentration of iron in the grain.*
Key words: *tillage, direct sowing, iron, spring barley, biological absorption.*

Введение. Яровой ячмень является одной из важнейших зерновых культур не только в России, но и в мире, и по объему производства занимает четвертое место среди зерновых культур [1]. Зерно ячменя является сырьем для кормопроизводства, пивоварения и продуктов питания [2]. Для получения высокой урожайности зерна ячменя высокого качества необходима достаточная обеспеченность растений не только макроэлементами, составляющими основу минерального питания, но и микроэлементами [3].

Среди микроэлементов особое место занимает железо [4]. Железо участвует в биохимических реакциях в качестве небелкового компонента ряда ферментов, а также участвует в переносе протонов и электронов по электронтранспортным цепям фотосинтеза и дыхания [5]. Также железо оказывает влияние на формирование структуры и функционирование хлоропластов, а также синтез хлорофилла, а его дисбаланс ведет к развитию хлороза [6]. При этом поступление избыточных количеств ионов железа приводит к различным

нарушениям, среди которых можно отметить развитие окислительного стресса, что проявляется в образовании активных форм кислорода и, как следствие, перекисного окисления липидов [7].

На содержание микроэлементов в ячмене оказывают влияние агротехнические приемы, применяемые при его возделывании. Среди агротехнических приемов особое место занимает обработка почвы, поскольку характер механического воздействия на почву ведет к изменениям водно-воздушного режима почв [8]. При этом интерес представляет технология «прямого посева» характеризующаяся отсутствием какой-либо механической обработки. Данных о влиянии способа основной обработки почвы на уровень накопления железа растениями ячменя крайне мало, поэтому имеется необходимость его изучения.

Цель исследований. Оценить уровень накопления яровым ячменем железа в зависимости от способа основной обработки почвы.

Условия, материалы и методы. Исследования проведены на опытном поле Курского федерального аграрного научного центра (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2022 гг. в четырехпольном севообороте, развёрнутом в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см; комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см); поверхностная обработка (дискование до 8 см); прямой посев (без обработки почвы) с использованием сеялки прямого посева Дон 114. Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м^2 (60×100 м), повторность трехкратная.

Исследования проведены во второй ротации севооборота на полях с посевами ярового ячменя. Технология возделывания ярового ячменя по вариантам была общепринятая для региона, за исключением различий в основной обработке почвы. Сорт ярового ячменя – Суздалец.

Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,2 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 188 и 135 мг/кг, соответственно. Реакция почвенной среды слабокислая (pH_{KCl} = 5,3 ед.).

Валовое содержание микроэлементов железа в почве определяли методом спекания почвы с карбонатом натрия, дальнейшей обработкой HNO_3 (1:1) и H_2O_2 (конц.) с атомно-абсорбционным окончанием [9. Содержание железа в растениях проводили по методу сухого озоления и кислотного сжигания (мокрого озоления) [10]. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-3.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами дисперсионного и регрессионного анализов с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и обсуждение. Содержание валовой формы железа в почве не зависело от способа основной обработки почвы и находилось ниже кларка (*К*) почвы (*К* = 38000) [11] в 60,8 раза, что свидетельствует о рассеянии этого

элемента (рис. 1).

Для оценки накопления железа яровым ячменем было оценено его содержание в корнях, соломе (табл. 1). Способ обработки почвы существенного влияния на содержание железа в корнях ячменя не оказывал, можно отметить лишь небольшую тенденцию к повышению при прямом посеве – на 2,7-9,3 мг/кг.

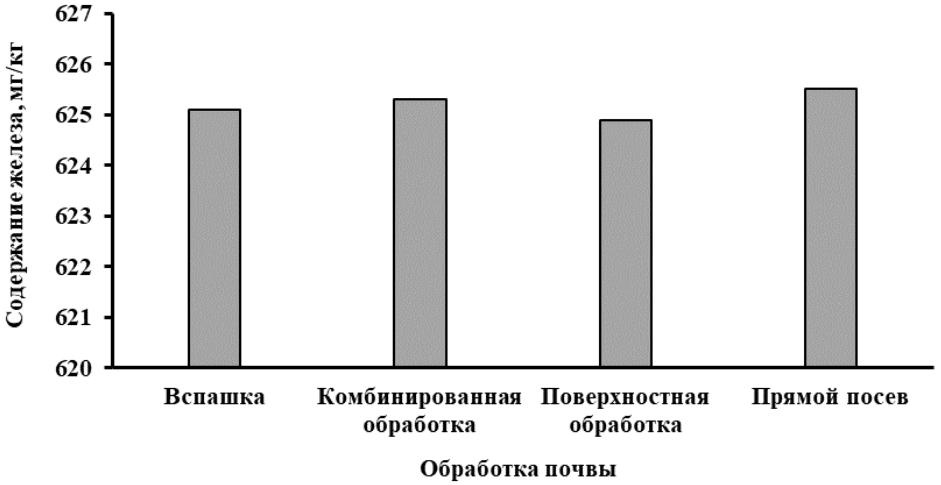


Рисунок. 1 – Содержание валовой формы железа в почве (среднее за 3 года)

Таблица 1 – Содержание железа в растениях ячменя в зависимости от способа обработки почвы (среднее за 3 года)

Обработка почвы	Содержание железа, мг/кг		
	корни	солома	зерно
Вспашка	1219,6	352,1	103,3
Комбинированная	1221,7	267,8	96,4
Поверхностная	1215,1	315,5	55,8
Прямой посев	1224,4	212,1	67,8
$НСР_{05}$	10,3	15,6	11,7

Содержание железа в соломе ячменя было ниже, чем в корнях в среднем в 4,3 раза. При этом, наиболее высокое содержание железа в соломе, отмечается при возделывании ячменя на фоне вспашки (табл. 1). По сравнению со вспашкой количество железа снижается при переходе на комбинированную обработку на 84,3 мг/кг, поверхностную обработку – на 36,6 мг/кг, прямой посев – 140 мг/кг. Как видно из этих данных содержание железа в соломе ячменя было ниже, чем при остальных изучаемых способах обработки на 20,8-39,8 %.

Содержание железа в зерне ячменя в среднем было ниже, в 15,1 раза, чем в корнях, и в 3,6 раза, чем в соломе. При этом при вспашке отмечается максимальное количество железа в зерне – 103,3 мг/кг (табл. 1). При минимизации обработки почвы отмечается снижение железа в зерне на 6,9 мг/кг при комбинированной обработке, на 47,5 мг/кг при поверхностной обработке, на 35,5 мг/кг при прямом посеве.

Для оценки интенсивности поступления микроэлементов в растения был рассчитан коэффициент биологического поглощения (*КБП*), предложенный Б.Б. Полыновым и сформулированный А.И. Перельманом. Он представляет собой отношение содержания элемента в золе растения (или определенной части

растения) к валовому содержанию элемента в почве.

Величина коэффициента биологического поглощения железа была выше 1 и по классификации А.И. Перельмана относятся к группе сильного и энергичного накопления и для данного элемента характерна биофильная аккумуляция (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание железа в золе растений ячменя и коэффициенты биологического поглощения (среднее за 2020-2022 гг.)

Обработка почвы	Зола, % от сухого вещества	Fe, г/кг	КБП
Корни			
Вспашка	32,8	3,72	5,95
Комбинированная	31,5	3,88	6,20
Поверхностная	31,1	3,91	6,25
Прямой посев	31,7	3,86	6,18
Солома			
Вспашка	9,9	3,56	5,69
Комбинированная	9,7	2,76	4,42
Поверхностная	9,6	3,29	5,26
Прямой посев	9,4	2,26	3,61
Зерно			
Вспашка	3,1	3,33	5,33
Комбинированная	3,0	3,21	5,14
Поверхностная	3,0	1,86	2,98
Прямой посев	2,9	2,34	3,74

Из таблицы 2 видно, что КБП железа корнями ячменя при минимизации обработки несколько повышался (на 0,23-0,30 ед.) по отношению к вспашке, и наиболее высоким был при поверхностной обработке. КБП железа соломой ячменя был ниже, чем корнями в среднем 1,3 раза. При этом наиболее высокое биологическое накопление отмечается при вспашке, а наименьшее при прямом посеве. КБП железа зерном ячменя был ниже в 1,4, чем корнями и в 1,1 раза, чем соломой. Наименьшие значения КБП зерном были при поверхностной обработке, а максимальные – при вспашке.

Заключение. Содержание валового железа в почве не зависело от способа основной обработки почвы. В растениях ячменя наибольшая концентрация железа отмечается в корнях. Наиболее высокое содержание железа в соломе, отмечается при возделывании ячменя на фоне вспашки, а минимальное при прямом посеве. При минимизации обработки почвы отмечается снижение концентрации железа в зерне на 6,9-47,5 мг/кг мг/кг.

Библиографический список

1. Harwood W.A. An Introduction to Barley: The Crop and the Model // Barley. Methods in Molecular Biology. Humana Press, New York, 2019. Vol. 1900. pp. 1-5.
2. Дериглазова Г.М., Айдиев А.Я. Особенности возделывания ярового ячменя на склоновых землях Центрального Черноземья. – Курск: ГНУ Курский НИИ АПП, 2013. – 233 с.
3. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. 2-е изд. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. – 368 с.
4. Иванищев В.В. Роль железа в биохимии растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2019. – № 3. – С. 149-159.
5. Rout G., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism // Reviews in Agricultural Science. – 2015. – V. 3. – P. 1-24.

6. Bashir K., Ishimaru Y., Nishizawa N.K. Identification and characterization of the major mitochondrial Fe transporter in rice // Plant Signaling Behav. – 2011. – V. 6. – P. 1591-1593.
7. Celletti S., Paolacci A. R., Mimmo T., Pii Y., Cesco S., Ciaffi M., Astolfi S. The effect of excess sulfate supply on iron accumulation in three graminaceous plants at the early vegetative phase // Environmental and Experimental Botany. – 2016. – Vol. 128. – P. 31-38.
8. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. – СПб.: Изд-во «Лань», 2021. – 464 с.
9. Кузнецов А.В. и др. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
10. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во Моск. унта, 2001. – 689 с.
11. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.

УДК 631.81.095.337

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ

Дураков П.П.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия
E-mail: *kurskfarc@mail.ru*

Резюме. *Исследовано содержание меди, цинка и кобальта в зерне озимой пшеницы в зависимости от местоположения в рельефе. Установлена зависимость их содержания в зерне от экспозиции и крутизны склона, а также количества подвижных форм микроэлементов в почве.*
Ключевые слова: *медь, цинк, кобальт, рельеф, склоны полярных экспозиций, подвижные формы.*
Summary. *The content of copper, zinc and cobalt in winter wheat grain was studied depending on the location in the relief. The dependence of their content in grain on the exposure and slope steepness, as well as the number of mobile forms of trace elements in the soil has been established.*
Key words: *copper, zinc, cobalt, relief, slopes of polar exposures, mobile forms.*

Введение. Помимо макроэлементов для нормального роста и развития растений необходим целый ряд микроэлементов [1]. Несмотря на незначительные концентрации микроэлементов в растительных тканях они контролируют самые разнообразные биохимические процессы. Недостаток микроэлементов приводит к нарушениям работы ферментов, процесса фотосинтеза, сбою системы электронтранспортных цепей [2]. Все это приводит к снижению жизнеспособности растений, уменьшает их продуктивность, ухудшает качество продукции [3]. На содержание микроэлементов в растениях и, в частности в озимой пшенице, оказывают влияние как агротехнические факторы - минеральные и органические удобрения [4], обработка почвы [5], предшественники [6], так и природные – физико-химические показатели почвенного плодородия [7, 8, 9]. Среди факторов обусловливающих содержание микроэлементов в зерне пшеницы важное место занимает рельеф [10], играющий ведущую роль в биогеохимическом круговороте химических элементов.

Цель работы – изучение изменения содержания меди, цинка и кобальта в зерне озимой пшеницы в зависимости от экспозиции и крутизны склона.

Условия материалы и методы. Исследования выполнены на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район) на базе полевого многофакторного опыта (эрозионный блок). Почва – чернозем

типичный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,4 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 112 и 119 мг/кг, соответственно. Реакция почвенной среды слабо кислая (pH_{KCl} = 5,6 ед.).

Отбор образцов произведен на водораздельном плато и склонах северной и южной экспозиций крутизной 1-5°. Отбор проб осуществлялся в 2022 году в период уборки на посевах озимой пшеницы. В зерне озимой пшеницы было определено содержание микроэлементов – меди, цинка и кобальта. Содержание микроэлементов в растениях проводили по методу сухого озоления и кислотного сжигания (мокрого озоления).

Также, было определено содержание подвижных форм данных микроэлементов в почве. Определение подвижных микроэлементов проводилось в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) pH 4,8, соотношение почва – раствор 1:10. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS-3.

Результаты и обсуждение. В результате исследований установлено, что содержание меди в зерне озимой пшеницы снижалось при переходе от водораздельного плато к южной экспозиции на 1,08-2,28 мг/кг. По мере увеличения градуса уклона южного склона отмечается уменьшение количества меди в зерне с 3,09 мг при 1° уклона на 1,05 мг/кг при 5° уклона (табл. 1). В зерне, выращенном на склоне северной экспозиции, концентрация меди была в среднем выше в 2,0 раза, чем на водораздельном плато и в 2,9 раза, чем на южном склоне. На северном склоне отмечается снижение содержания меди в зерне вниз по склону с 13,28 мг/кг при 1° уклона до 5,00 мг/кг при 5° уклона.

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в зерне озимой пшеницы в зависимости от местоположения в агроландшафте

Элемент рельефа	Уклон, градус	Содержание микроэлементов, мг/кг		
		Cu	Zn	Co
Северный склон	1	5,00	18,48	13,18
	3	12,60	26,88	14,05
	5	13,28	40,40	11,83
Водораздельное плато	0	5,13	19,80	14,33
Южный склон	1	3,90	16,63	5,90
	3	4,05	24,45	12,48
	5	2,85	13,80	18,98

Такой характер накопления меди зерном озимой пшеницы в склоновом агроландшафте очевидно связан с содержанием подвижных форм этого элемента в почве (рис. 1). Это подтверждается заметной корреляционной зависимостью между количеством подвижной меди в почве и ее количеством в зерне озимой пшеницы ($r=0,54$ $\alpha=0,05$).

Закономерности содержания цинка в зерне озимой пшеницы в зависимости от местоположения в рельефе были аналогичны распределению меди. Так, по мере удаления от водораздельного плато к склону южной экспозиции при 1° уклона, отмечается снижение цинка в зерне на 3,17 мг/кг. При уклоне 3° происходит увеличение количества цинка в зерне на 7,82 мг/кг, а затем в нижней части склона (5°), снижение на 2,83-10,65 мг/кг.

На склоне северной экспозиции наблюдается уменьшение содержания цинка в зерне озимой пшеницы вниз по склону с 40,40 мг/кг до 18,48 мг/кг. При этом количество цинка в зерне в среднем на северном склоне было выше в 1,4 раза, чем на водоразделе и в 1,6 раза, чем на южном склоне.

Такая закономерность накопления цинка зерном озимой пшеницы в зависимости от местоположения в рельефе обусловлена содержанием подвижного цинка в почве агроландшафта. Это подтверждается весьма высокой корреляционной связью между количеством подвижного цинка в почве и его количеством в зерне (r=0,91 α=0,05).

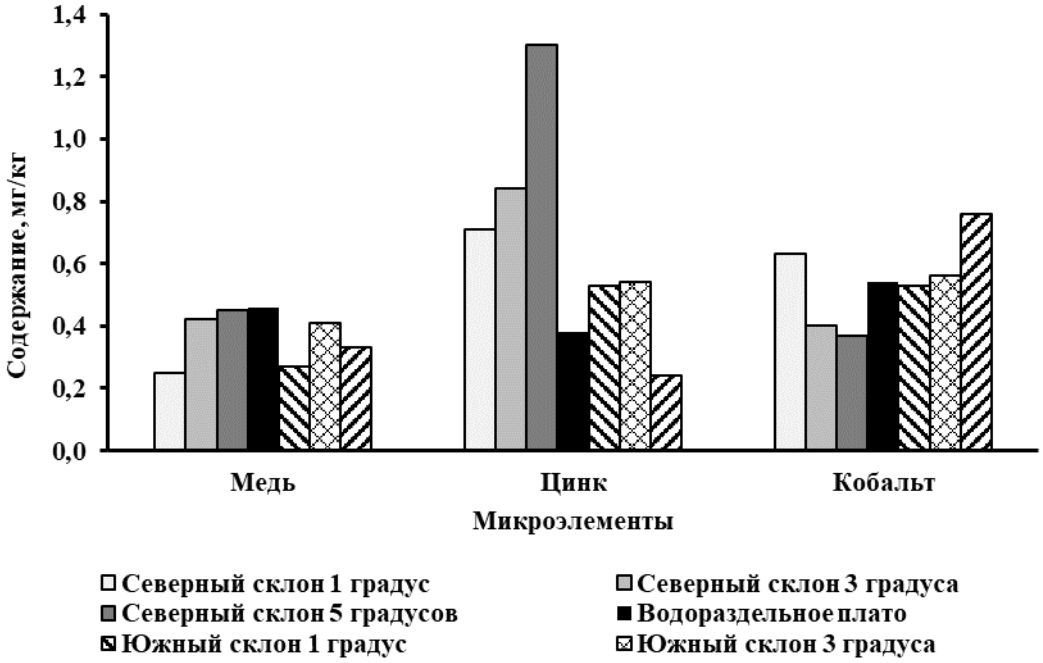


Рисунок 1 – Содержание подвижных форм микроэлементов в почве в зависимости от местоположения в агроландшафте

Содержание кобальта в зерне по элементам рельефа распределялось следующим образом. По отношению к водораздельному плато на склоне южной экспозиции при 1° уклона происходит снижение кобальта в зерне в 2,4 раза. При увеличении крутизны склона наблюдается увеличение кобальта в зерне на 6,58 мг/кг при 3° уклона и на 13,08 мг/кг при 5° уклона по отношению к верхней части склона (1°).

При переходе от водораздела к склону северной экспозиции, так же как и на южной экспозиции, при 1° уклона отмечается снижение содержания кобальта в зерне на 2,5 мг/кг. При увеличении крутизны склона до 3° происходит рост количества кобальта в зерне на 2,22 мг/кг. В нижней части северного склона (5°) содержание кобальта в зерне несколько снижается (на 0,87 мг/кг). Количество кобальта в зерне в среднем на северном склоне было ниже в 1,10 раза, чем на водоразделе и выше в 1,05 раза, чем на южном склоне.

Особенности накопления кобальта зерном в зависимости от элемента рельефа и экспозиции склона тесно связаны с распределением подвижного кобальта в почве (рис. 1), что отражает заметная корреляционная зависимость

между количеством подвижного кобальта в почве и его количеством в зерне озимой пшеницы (r=0,66 α=0,05).

Заключение. Содержание меди, цинка и кобальта в зерне озимой пшеницы зависит от экспозиции склона и его крутизны. Накопление меди и цинка в зерне при увеличении крутизны склонов полярных экспозиций снижается. Количество кобальта в зерне уменьшается от водораздельного плато к верхней части полярных склонов, а затем с повышением градуса уклона возрастает. Содержание изучаемых микроэлементов тесно связано с содержанием их подвижных форм в почве.

Библиографический список

1. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. - Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 p.
2. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. 2-е изд. - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. - 368 с.
3. Дубовик Д.В. Влияние подкормок мочевиной, молибденом и серой на качество зерна озимой пшеницы // В сборнике: «Агроэкологические проблемы Центрального Черноземья». Материалы всероссийской научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2004. С. 45-46.
4. Дубовик Д.В. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы и ячменя // В сборнике: «Актуальные вопросы современного земледелия: опыт, проблемы, перспективы». Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика РАСХН Н.С. Немцева. 2015. С. 86-91.
5. Dubovik D.V., Dubovik E.V., Shumakov A.V., Roik B.O. Content of macronutrients in the plant residues of winter wheat while minimizing primary tillage // III International Scientific and Practical Conference «Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions» 2021. International Scientific and Practical Conference. Kursk, 2021. С. 002005.
6. Сухановский Ю.П., Акименко А.С., Дубовик Д.В., Виноградов Д.Ю. Оценка влияния случайных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур // В сборнике: «Методы оценки сельскохозяйственных рисков и технологии смягчения последствий изменения климата в земледелии». Материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием). 2011. С. 95-98.
7. Дубовик Д.В. Накопление меди, цинка и марганца в зерне озимой пшеницы в зависимости от обеспеченности ими почв агроландшафта // В сборнике: «Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии». Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. Курск, ВНИИЗиЗПЭ, 2007. С. 357-361.
8. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Накопление макро- и микроэлементов корневой системой растений озимой пшеницы на серой лесной почве в склоновом агроландшафте // Агрохимия. 2015. №10. С. 50-56.
9. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Оценка связи белка ячменя и озимой пшеницы с агрофизическими показателями чернозема типичного // В сборнике: «Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии». К 70-летию со дня рождения академика А. П. Щербакова: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции ГНУ ВНИИЗиЗПЭ. Редакторы: Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., 2011. С. 140-142.
10. Дубовик Д.В. Способы повышения качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях в условиях северо-западной части Центрального Черноземья // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 2001.

УДК 631.95

АНАЛИЗ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ АДАПТИРОВАННЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ С УЧЁТОМ ФАКТОРА МЕЗОРЕЛЬЕФА

Евдокименкова М.И., Кувшинова А.А., Гринева А.В.
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», г. Белгород
E-mail: *marinazaharova27082007@mail.ru*

***Резюме**. Рассмотрена характеристика метеорологических условий за период исследований 2019-2022 гг. по средствам рассчитанного климатического показателя ГТК Г. Т. Селянинова. Проведён анализ высоты растений адаптированных сортов озимой пшеницы в различных агроэкологических условиях и даны рекомендации по вариантам возделывания с учётом данного признака.*

***Summary**. The characteristic of meteorological conditions for the period of research 2019-2022 is considered by means of the calculated climatic indicator of the State Technical Committee of G. T. Selyaninov. The analysis of the height of plants of adapted varieties of winter wheat in various agroecological conditions was carried out and recommendations were given on cultivation options taking into account this feature.*

Показатель высоты растений является непостоянным признаком, изменяющимся по причине различных условий среды. Каждый генотип способен видоизменяться, регулируя свой рост, приспосабливаясь к различным условиям произрастания.

Согласно классификации роста растений сорта озимой пшеницы подразделяют на несколько групп: высокорослые имеют высоту, превышающую 120 см; к среднерослым относятся растения, находящиеся в диапазоне 105-120 см; у низкорослых данный показатель варьирует в интервале 85-105 см; полукарлики имеют длину стебля 60-85 см; карлики – растения менее 60 см. Ранее учёными было доказано, что в засушливых условиях, как правило, генотипы отличаются низкими показателями роста. Растения с невысоким стеблем более экономно расходуют сухое вещество, большая часть которого необходима для формирования зерна в колосе [1, 2].

Целью данного исследования выступает анализ высоты растений адаптированных сортов озимой пшеницы в изменяющихся условиях среды с учётом фактора мезорельефа.

Полевой опыт по изучению влияния агроэкологических условий на изменение морфометрических параметров растений озимой пшеницы в среде с недостаточным увлажнением закладывали на плакоре и склоне юго-западной экспозиции крутизной 1-3° и 3-5°. На склонах было два варианта: на одном участке использовали минеральные удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$, другой участок – без удобрений.

В опыте изучали сорта озимой пшеницы Альмера (стандарт), Ариадна, Синтетик, Богданка и Корочанка в шестикратной повторности, площадь каждой делянки 10 м². Пшеницу выращивали по общепринятой технологии.

Наблюдения за растениями проводили в течение онтогенеза от момента весеннего отрастания до полной спелости за период 2019-2022 гг. Высоту

растений измеряли линейкой, см [3]. Погодные условия анализировали по климатическим показателям ГТК Селянинова и поправочному коэффициенту Кормановa [4, 5]. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе Microsoft Excel.

За период исследований 2019-2022 гг. метеорологических условий среды на опытном участке было установлено похолодание и рост увлажнения, при этом годовая сумма температур понизилась с 3568,1 °С до 2698,1 °С, а количество выпавших осадков увеличилось от 423,7 до 710,3 мм. При этом показатель ГТК варьирует в пределах 0,67-1,19 (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ климатических параметров района проведения исследований в условиях плакора

Годы	Температура воздуха, °С				Осадки, мм		ГТК
	Среднегодовая	Средняя		Сумма t>10 °С	Ср. сумма за год	Сумма июнь-август	
		Января	Июля				
2019	10,4	-5,3	21,1	3568,1	423,7	82,6	0,67
2020	9,2	-0,1	20,7	3060,3	407,6	163,7	0,80
2021	7,8	-3,9	23,1	2775,2	479,9	153,5	0,88
2022	7,8	-4,3	19,6	2698,1	710,3	157,2	1,19
Среднее	8,8	-3,4	21,13	3025,4	505,4	139,25	0,89

Подобная тенденция увлажнения объясняется тем, что 2022 г. оказался необычайно влажным с максимальным значением выпавших осадков 710,3 мм, также этот год был прохладным со среднегодовой температурой 7,8 °С и холодным летом, температура за июль была минимальной 19,6 °С, что отразилось на общей характеристике климата за текущий период. Тем не менее, среднее значение показателя ГТК составляет 0,89, что характеризует сложившееся погодные условия как засушливые.

Отмечена незначительная разница между плакором и склоном юго-западной экспозиции по значениям ГТК, в целом это не влияет на характеристику климатических условий для данной территории, но всё же, выявлено, что с увеличением крутизны склона разность увеличивается в пределах 0,01-0,04, т.е. в склоновых агроландшафтах складываются более засушливые условия, нежели чем на плакоре. Заметно изменение температуры за годовой период исследований, между показаниями на плакоре и склонах крутизной 1-3° и 3-5°, разность составляет 71,2 °С и 101,9 °С соответственно.

Отмечено, что интенсивный прирост вегетативной массы для исследуемых сортов озимой пшеницы в условиях плакора приходится на начальные фазы развития растений, особенно резкий скачок зафиксирован в период образования трубки и до цветения, на этом этапе длина стебля увеличивается в среднем на 37,30 см. Менее заметно, но тоже весьма существенно увеличение высоты растений от момента весеннего отрастания и до формирования трубки, разница составляет в среднем 21,71 см. Наименьшая существенная разница по данному показателю установлена с момента цветения растений и до их молочного созревания в среднем 13,84 см. От молочно-восковой спелости сортов озимой пшеницы до их полного созревания не установлено существенной

разницы по данному признаку, за исключением сорта Корочанка, у которого отмечено увеличение длины стебля на конечном этапе развития до 21,77 см, что весьма значительно (рис.).

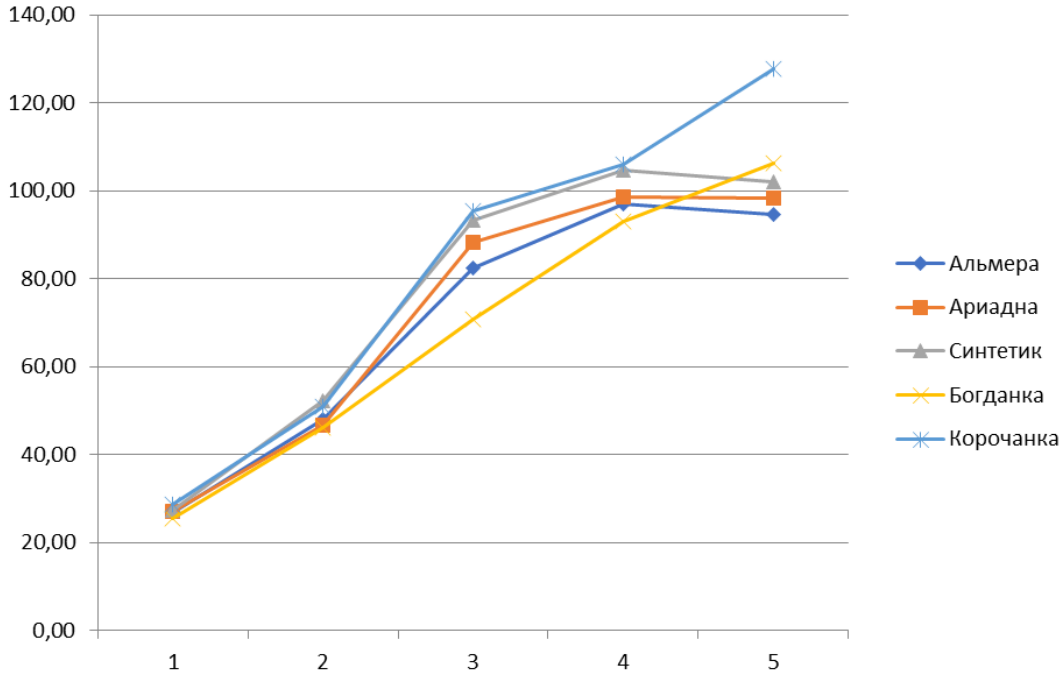


Рисунок – Высота растений сортов озимой пшеницы, см на плакоре по фазам развития за период исследований 2019-2022 гг. Цифрами обозначены этапы развития растений: 1 – отрастание, 2 – трубкование, 3 – цветение-колошение, 4 – молочно-восковая спелость, 5 полная спелость.

Такая же тенденция увеличения длины стебля растениями установлена при склоновом земледелии, при этом различий в зависимости от агрохимического фактора не было. В период от цветения до молочно-восковой спелости на обоих склонах отмечается замедленный рост растений, увеличение составило всего 7,63 см, что ниже показателей растений, возделываемых на плакоре на 6,57 см.

Анализируя конечную высоту растений исследуемых сортов озимой пшеницы, можно сказать, что для сорта Альмера свойственна длина стебля в среднем 95,39 см, при этом по всем вариантам возделывания растения не изменяются по данному признаку, значит сорт Альмера хорошо приспосабливается к различным агроэкологическим условиям. Для сорта Ариадна высота растений составляет в среднем 106,84 см, на плакоре и в микрозоне с уклоном 3-5° без удобрений этот показатель ниже в среднем на 8,54 см, что говорит о том, что в этих вариантах лучше не возделывать данный сорт, поскольку условия среды для него здесь не очень благоприятные. Сорта Синтетик и Богданка характеризуются как низкорослые растения с длиной стебля в среднем 101,83 см и 102,91 см соответственно, при этом данный показатель у них изменяется в зависимости от агрохимического фактора, особенно это проявляется на участке с уклоном 3-5° без удобрений, растения имели высоту ниже на 12,44 см и 8,86 см соответственно, нежели чем в варианте с минеральными удобрениями. Сорт Корочанка выделяется максимальной длиной стебля в условиях, сложившихся на плакоре, 127,83 см, минимальная

высота растений отмечена на территории склона крутизной 3-5° без удобрений 102,87 см, в других вариантах установлены промежуточные значения по данному признаку в среднем 109,86 см (табл. 2).

Таблица 2 – Высота растений сортов озимой пшеницы при полном созревании, см за период исследований 2019-2022 гг.

Сорт	1-3° NPK	1-3° б/у	3 - 5° NPK	3 - 5° б/у	Плакор
Альмера	96,90	94,00	98,40	93,00	94,67
Ариадна	104,63	106,30	109,60	98,33	98,27
Синтетик	100,73	95,73	102,87	90,43	101,90
Богданка	102,07	97,23	100,43	91,57	106,23
Корочанка	111,10	110,97	107,50	102,87	127,83
$НСР_{95}$ А = 6,00, $НСР_{95}$ В = 6,00; фактор А – вариант, фактор В – сорт.					

Таким образом, исследованиями установлено, что у данного набора сортов озимой пшеницы накопление вегетативной массы протекает быстрее на начальных этапах формирования растений, от момента весеннего отрастания до выхода растений в трубку их высота увеличивается на 25,33 см, на этапе перехода растений от фазы трубкования к фазе цветения-колошения определено максимальное увеличение по изменению длины стебля в среднем 36,86 см.

Наибольшей высотой растений 102,87-127,83 см выделяется сорт Корочанка, но его показатели сильно варьируют по вариантам исследования, так максимальное значение по данному признаку зафиксировано на плакоре 127,83 см, в других опытных вариантах отмечены промежуточные значения исследуемого параметра 109,86 см. Минимальная высота растений 102,87 см установлена в условиях склона крутизной 3-5° без удобрений, где сложились неподходящие условия для данного сорта, в связи с этим при необходимости возделывания сорта Корочанка на участках крутизной 3-5° рекомендуется вносить минеральные удобрения. Сорт Ариадна выступает как среднерослое растение высотой 104,63-109,6 см, благоприятные условия для него складываются на склоновых агроландшафтах с уклоном до 3°, на плакоре и в микрозоне крутизной 3-5° без удобрений получены наименьшие значения высоты растений в среднем ниже на 8,54 см, значит в этих вариантах данный сорт лучше не возделывать или использовать минеральные удобрения.

Низкорослыми считаются сорта Альмера, Синтетик и Богданка с показателями длины стебля 95,39 см, 100,31 см и 101,49 см соответственно. При этом сорт Альмера по данному признаку не изменяет своих значений под влиянием различных агроэкологических условий выращивания. Сорта Синтетик и Богданка реагируют понижением длины стебля растений в условиях склона крутизной 3-5° без удобрений в среднем на 9,87 см и 9,92 см соответственно, поэтому в этой микрозоне без внесения минеральных удобрений возделывать данные сорта нецелесообразно.

Библиографический список

1. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Урожайность, высота растений и устойчивость к полеганию новых сортообразцов озимой мягкой пшеницы на юге России // Известия Оренбургского

Государственного Агарного Университета. – 2014. – № 4 (48). – С. 45-47.
2. Ковтун В.И., Самофалова Н.Е. Селекция озимой пшеницы на юге России: монография. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2006. – 479 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. // Госагропром СССР Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – Москва – 1989. – 197 с.
4. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов // Мировой агроклиматический справочник. – Л. – М., 1937. – 428 с.
5. Смирнова Л.Г., Нарожняя А.Г., Кухарук Н.С., Украинский П.А. Практикум по ландшафтному земледелию по дисциплине «Ландшафтное земледелие», специальность «120302 – Земельный кадастр». – Белгород: Изд-во БелГУ, 2009. – 60 с.

УДК 635.032.034

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ОГУРЦА НА МИНЕРАЛОВАТНЫХ КУБИКАХ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Егоров С.В.
ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ», Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский
E-mail: *egoroff163@mail.ru*

***Резюме**. Приведена экологически безопасная технология получения рассады огурца без применения пестицидов на минераловатных кубиках, с подробным описанием регламента технологических этапов возделывания рассады.*
***Ключевые слова:** огурец, рассада, минераловатные кубики*
***Summary**. The environmentally safe technology of obtaining cucumber seedlings without the use of pesticides on mineral (wool) cubes with a detailed description of the technological stages of seedlings cultivation is given.*
***Key words:** cucumber, seedlings, mineral (wool) cubes*

Крепкая рассада – залог хорошего урожая. Качественное соблюдение технологии и создание оптимальных условий выращивания – гарантия качества выращивания здоровых и крепких растений [1].

Основным критерием для выращивания является количество ФАР (физиологически активной радиации). Оно вычисляется суммой естественной освещенности и искусственного светового потока. Лучше выращивать рассаду на специальных столах. Для посева в условиях Самарской области теневыносливых гидридов в период с 15декабря с использованием искусственного освещения на уровне 7-10 тыс. люксов/м^2. Если сроки сдвигаются на более поздние, то количество подсветки можно уменьшить [2].

Не маловажным критерием являются качественные семена. Приобретать семена следует только у авторизированных дилеров. При этом обратить на год изготовления семян, срок годности у семян до 7 лет, далее всхожесть и сила роста уменьшается. Качественные семена, как правило, не нуждаются в предпосевной подготовке [3].

Исследование технологии выращивания рассады огурца проводили в 2021-2022 гг.

Напитку кубиков проводили питательным раствором EC-1,9 -2,2 mSm/см и pH – 5,4, температурой не ниже 20 °C. Поливали кубики до полного насыщения, вес кубика при полном насыщении достигал около 580-600 г в зависимости от производителя. Кубики раскладывали слитно друг к другу. Дренажные каналы направлены в одну сторону, которые расположены снизу. Внесли в субстрат *Pseudomonas fluorescens*. *Pseudomonas* заселял кубик и развивался в корневых волосках, тем самым стимулировал корневую систему и надежно защищал корень в рассадный период.

Посеян был пчелоопыляемый гибрид Атлет F1 и Мачо F1 гибрид опылитель в количестве 16 % сеянцев от общего количества рассады. После посева, семена были присыпаны вермикулитом, после при помощи штангового распылителя вермикулит был увлажнен тем же питательным раствором и кубики накрыли полиэтиленовой пленкой для поддержания постоянной влажности воздуха и оставляли на 3 суток, температуру поддерживали на уровне 25-27 °C. На 3 сутки начали появляться дружные всходы. После появления 30 % всходов пленку убрали и постепенно начали снижать температуру до 22-21 °C, снижение температуры происходило не быстрее 1 °C в 1 час, при включенной подсветке и 18 °C без подсветки (рис. 1).

Рисунок 1 – Дружные всходы огурца

После уборки пленки включали искусственную подсветку на 3 суток на 24 часа, далее досвечивали 5 дней по 18 часов, 6 дней по 16 часов, 7 дней по 14 часов, остальные дни по 12 часов. Относительную влажность воздуха 75-80 % поддерживали круглосуточно.

В период выращивания проводится 2 выбраковки – первая в фазу семядольных листьев, вторую в фазу 1-2 настоящих листьев (рис. 2).

Рисунок 2 – Нормальное развитие семядольных листьев

Первый полив проводили раствором EC-2,5 mSm /см pH-5,5. Показателем для полива являлось уменьшение веса кубика. Вес кубика должен составлять 370-400 г (влажность 65 %). Каждый последующий полив поднимали EC на 0,1-0,2 mSm/см, на последний полив было EC-3,0 mSm/см.

Расстановку проводили в фазе 1 настоящего листа, в шахматном порядке, в одном направлении, плотность посадки 25-30 раст/м^2, вторая в фазе 2-3 настоящих листьев, плотность 20-22 раст./м^2 (рис. 3).

Рисунок 3 – Расстановка рассады огурца

Качественная рассада должна иметь 4-5 развитых настоящих листьев, хорошую и развитую корневую систему белого цвета без побуревших корней, крепкую точку роста без видимых повреждений и хлорозов, что и было получено в наших исследованиях (рис. 4).

Рисунок 4 – Готовые к высадке рассада огурца

В результате данного опыта была получена крепкая и здоровая рассада огурца, которая обладала высоким потенциалом урожая. Растения были выращены без применения пестицидов при данной технологии, что позволило уменьшить себестоимость рассады и сделать экологически чистые растения. Всем хороших урожаев!

Научный руководитель: Перцева Елена Владимировна, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ»

Библиографический список

1. Ахатов А.К. Защищенный грунт России – 2021 // Защита и карантин растений. – 2021. – № 10. – с. 40.
2. Овощи в защищенном грунте / В.И. Кузнецов, В.И. Корнилов, М.Я. Менликеев др. – Уфа, 2010. – 215 с.
3. Ахатов А.К. Огурцы и томаты в теплицах // Защита и карантин растений. – 2011. – № 2. – с. 115.

УДК 631.111.1.

НОВЫЕ СОРТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Емельянова А.А., Логвинова Е.В.
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Курский федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *em3lianjwa.a@yandex.ru, e.logv1nova@yandex.ru*

Резюме. *В статье представлены результаты исследований за 2020-2021гг.новых сортов озимой пшеницы совместной селекции ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр» с ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» и ФГБНУ АНЦ «Донской» по уровням урожайности и адаптивности их к почвенно-климатическим условиям ЦЧЗ. Исследования проводились на базе лаборатории экологической селекции ФГБНУ «Курский ФАНЦ». На проведение исследований значительную роль оказали метеорологические условия, что позволило лучше оценить сортообразцы по уровню адаптивности. Указана оценка новых*

перспективных сортов по продуктивности и структуре урожая, а также комплексу хозяйственно ценных признаков для практического использования в производстве.
Ключевые слова: *озимая мягкая пшеница, структура, сорт, урожай, анализ, селекция, адаптивность, оценка.*
Summary. *The article presents the results of research for 2020-2021 of winter wheat varieties of joint breeding of the Kursk Federal Agrarian Research Center with the Federal Rostov Agricultural Research Center, the P.P. Lukyanenko National Grain Center and the Donskoy National Research Center on the level of yield, the level of adaptability of new varieties to soil-According to the climatic conditions of the Central Research Center, the studies were conducted on the basis of the laboratory of ecological breeding of the FGBNU "Kursk FANC". Meteorological conditions played a significant role in conducting the research, which made it possible to better assess the varieties by the level of adaptability. The evaluation of new promising varieties in terms of productivity and yield structure, as well as a complex of economically valuable traits for practical use in production is indicated.*
Key words: *winter soft wheat, structure, variety, yield, analysis, selection, adaptability, evaluation.*

Селекция на современном этапе – наукоемкое и динамично развивающееся, во всем мире, направление аграрного производства. Современные сорта дают возможность получить не только высокий урожай, но и прибыль, обеспечивая стабильный экономический рост [1].

Основное направление развития отрасли растениеводства, является увеличение урожайности и валовой сбор сельскохозяйственных культур. Производство зерна немыслимо без широкого и всестороннего использования новейших достижений науки [2]. В зерновом производстве сорт и его семеноводство выступают как нововведение и являются одним из эффективных направлений инновационного процесса и фактором интенсификации при производстве зерна [3].

Пшеница занимает лидирующее место в мировом производстве и является одной из ведущих продовольственных культур в Росси [4].

В годы проведения исследования погодные условия складывались разнообразно, что позволило лучше оценить способность изучаемых сортов приспосабливаться к неблагоприятным факторам внешней среды.

В сезон 2019-2020гг. наблюдались оптимальные условия для роста и развития озимой пшеницы.

В сентябре 2020 года недостаток влаги в почве привел к запаздыванию полных всходов у растений из колоса на две недели. У озимой пшеницы к концу первой декады ноября наметилось прекращение активной вегетации. К моменту временного прекращения вегетации состояние растений преимущественно хорошее. Обильные весенние осадки и невысокие температуры способствовали росту и развитию озимых культур. В третьей декаде июня, первой и второй декаде июля жаркая и сухая погода неблагоприятно сказалась на наливе зерна озимой пшеницы, что существенно снизил ее урожайность.

Материал, методы и условия проведения исследований. Материалом исследования явились новые перспективные сорта и линии озимого тритикале. Исследования проводились на базе экологической селекции ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Методика проведения исследований общепринятая в селекционном

процессе с использованием статистических методов «Методика полевого опыта» Б.А. Доспехова [5,6].

Изучаемый материал выращивали на полях специального селекционного севооборота по технической агротехники региона. Почва опытного участка представлена черноземом типичным. Предшественник чистый пар. Учетная площадь делянки 10м^2, повторность опыта 6-ти кратная, норма высева 4 млн. всхожих семян на 1 га. Расположение делянок в первом ярусе систематическая, для удобства демонстрации опыта, в остальных – рендомизированное. Способ посева сплошной рядовой. Сеялка – СКС 6-10, ширина междурядий 15 см.

Объектом исследований, являются сорта озимой пшеницы:

- Союз 22 – совместный сорт ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», передан на Государственное сортоиспытание в 2021 году. Основные достоинства: сорт отличается высокой стабильной урожайностью, по качеству зерна соответствует сильным пшеницам, устойчив к бурой и желтой ржавчине, мучнистой росе.

- Гранта – совместный сорт ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и ФГБНУ ФРАНЦ, передан на Государственное сортоиспытание в 2021 году. Основные достоинства: отличается высокой зимостойкостью от 90-95%. Устойчив к основным листовым болезням злаков, высокоустойчив к поражению септориозом и корневыми гнилями.

- Вертикаль – совместный сорт ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и ФГБНУ АНЦ «Донской», передан на Государственное сортоиспытание в 2021 году. Основные достоинства: сорт со стабильной урожайностью и высокой засухоустойчивостью. Характеризуется высоким качеством зерна. Устойчив к снежной плесени, корневым гнилям, пыльной и твердой головне.

Результаты и обсуждение. Урожайность сортов озимой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания варьировала по годам, от 50,1 ц/га до 88,8 ц/га, что обусловлено различными метеорологическими условиями в годы проведения исследований (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайные данные сортов озимой пшеницы

Сорт, линия	2020 г.		2021 г.		Средняя	
	урожайность, ц/га	отклонение от стандарта, ± ц/га	урожайность, ц/га	отклонение от стандарта, ± ц/га	урожайность, ц/га	отклонение от стандарта, ± ц/га
Льговская 4, ст.	71,1	-	55,3	-	63,2	-
Союз 22	88,8	+17,7	71,5	+16,2	80,1	+16,9
Гранта	77,5	+6,4	61,3	+6,0	69,4	+6,2
Вертикаль	71,9	+0,8	50,1	-5,2	61,0	-2,2
НСР $_{05}$	1,8	-	1,6	-	-	-

Урожайность, определяет хозяйственную ценность сорта независимо от направления его использования. Средняя урожайность стандарта (Льговская 4) – 63,2 ц/га. Отклонение от стандарта в среднем составило от -2,2 ц/га сорт Вертикаль до +16,9 ц/га сорт Союз22.

Высота растений играет немаловажную роль в формировании урожая. Полегание озимой пшеницы напрямую зависит от высоты растений. Поэтому селекционеры акцентируют внимание на создание низкорослых и среднерослых сортов. Высота растений изученных сортов составила в среднем 127-112 см, и 151 см у стандарта (таблица 2).

Таблица 2 – Структурный анализ озимой тритикале (среднее за 2020-2021 гг.)

Сорт	Высота растений, см	Кустистость		Анализ колоса		Масса 1000 зерен, г
		общая	продуктивная	длина, см	число зерен, шт	
Льговская 4, ст.	107	4,6	4,2	8,0	33	45,0
Союз 22	106	4,7	4,0	8,5	38	39,8
Гранта	101	4,8	4,1	8,2	47	33,8
Вертикаль	95	5,5	4,7	7,5	38	37,6

Продуктивная кустистость влияет непосредственно на урожай любой культуры. У стандарта Льговская4 в среднем за годы исследований продуктивная кустистость составила 4,2, этот показатель зависит от метеорологических условий, складывающихся в период кущения. По количеству продуктивных стеблей на одно растение выделился сорт Вертикаль (4,7) .

Число зерен в колосе у изучаемых образцов в среднем за годы изучения находилось в пределах от 33 до 47 шт. Наиболее озерненный колос отмечен у сорта Гранта (47шт.), у стандарта – 33 шт.

Масса 1000 зерен является одним из основных признаков, характеризующих не только урожайность сорта, но и его семенные и технологические свойства. У сорта Союз 22, масса 1000 зерен была самой высокой (39,8 г), а самой низкой – у сорта Гранта (33,8 г.). Величина данного показателя у контроля в среднем за годы исследований составила 45,0 г.

Выводы. В результате исследований за период 2020-2021 гг. проведена оценка сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, которые проявили себя как высокопродуктивные, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков. Таким образом, можно сделать вывод, что совместная работа с ведущими селекцентрами, расположенных в разных почвенно-климатических зонах, позволяет значительно ускорить создание новых сортов озимой пшеницы

Библиографический список

1. Ковтун В.И. Результаты селекции озимой мягкой пшеницы /В.И.Ковтун//Селекция и семеноводство. – 2006. - №1. – С.6-9.
2. Карабутов А.П., Уваров Г.И., Найденов А.А. Особенности агротехники озимой

пшеницы в меняющихся погодных условиях /А.П. Карабутов, Г.И.Уваров, А.А.Найденов //Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №9. – С.43-45.
3. Копусь М.М. Биотипный состав и чистосортность сортов озимой мягкой пшеницы по проламинам зерна / М.М. Копусь, Н.Г. Игнатьева, Д.П. Дорохова и др. // Достижения науки и техники АПК. -2015. №11. –С.52-54.
4. Фадеева И.Д., Тагиров М.М., Газизов И.Н. Оценка адаптивных свойств сортов озимой мягкой пшеницы Татарского НИИСХ // Достижения науки и техники АПК. - 2018.- Т. 32. - №6.- С. 46-48.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2 – М.: 1989.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985.-351с.

УДК 338.43

ЦИФРОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Зайцева Е.А.
НИИ экономики и организации АПК ЦЧР – филиал ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», г. Воронеж
E-mail: *alena.gorbovskaya@yandex*

Резюме. *Инновации стали одной из главных причин экономического роста в мире, что, в свою очередь, оказывает влияние на процессы цифровизации в том числе и в сельском хозяйстве. Для того чтобы цифровизация проходила успешно и наиболее эффективно необходима координация действий всех субъектов, начиная от финансовой составляющей, ИТ-структуры, специалистов и методического обеспечения. Таким образом, цифровизация в сельском хозяйстве позволит перейти нашей стране на новый этап, это наделит ее конкурентными преимуществами.*

Summary. *Innovations have become one of the main reasons for economic growth in the world, which, in turn, has an impact on the processes of digitalization, including in agriculture. In order for digitalization to be successful and most effective, it is necessary to coordinate the actions of all subjects, starting from the financial component, the IT structure, specialists and methodological support. Thus, digitalization in agriculture will allow our country to move to a new stage, this will give it competitive advantages.*

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики, так как обеспечивает население продовольствием, сырьем ряд отраслей промышленности, от его состояния зависит продовольственная безопасность государства. Конкурентоспособность аграрного сектора напрямую зависит от технического оснащения сельскохозяйственных предприятий и внедрения инновационных технологий в отрасль.

Аграрная сфера становится все более высокотехнологичной: информация поступает из устройств, расположенных в поле, на ферме, от датчиков, сельхозтехники, метеостанций, спутников, дронов. Данные собираются в одном месте от разных участников производственных процессов и формируются в единое информационное поле, позволяя принимать правильные решения, минимизирующие риски и повышающие рентабельность сельхозпроизводства.

В России существует ряд проблем цифровизации сельского хозяйства, который в свою очередь подкреплен статистическими данными.

Первая проблема - отсутствие готовности и мотивации у организаций сельского хозяйства к изменениям.

Довольно частым явлением является низкая осведомленность организаций о существующих внедряемых системах и цифровых технологиях, а также эффектах от их использования

Следующей, одной из важных проблем можно выделить проблему недостаточного количества финансовых ресурсов для внедрения информационных технологий для большинства сельскохозяйственных производителей:

- Затраты организаций;
- Промышленность;
- Строительство;
- Транспорт;
- Здравоохранение;
- Сельское хозяйство;
- Энергетика.

Третьей проблемой является недостаток квалифицированных кадров. Проводя анализ данных Министерства сельского хозяйства России, следует, что в нашей стране нехватка 1Т-специалистов, работающих в сельском хозяйстве, чем в странах, прошедших процесс цифровизации.

Рассматриваемая проблема – это один из важнейших факторов, которые сдерживают процесс цифровизации в стране, так как нехватка специализированных кадров не позволяет производить внедрение и правильное применение, появившихся на сегодняшний день технологий.

Проблема низкого уровня квалификационных кадров в данной сфере связано, в первую очередь с тем, что 1Т-специалисты должны обладать квалификацией не только в 1Т-сфере, но и обладать квалификацией в сельском хозяйстве, знать процессы, происходящие в животноводстве и растениеводстве, иметь представление об основных задачах, стоящих перед данной отраслью и компаниями, чтобы применять полученные навыки ля решение конкретных проблем, стоящих перед участниками процесса.

В настоящее время государством ведется разработка мер по финансовой и нефинансовой поддержке предприятий АПК, причем акцент делается на средние и мелкие предприятия через стимулирования спроса, дополнительного обучения, обеспечения к цифровым технологиям, начиная со стабильного интернета и заканчивая внедрением новых технологий и другой интеллектуальной собственности, что приводит к стабильности местных рынков и улучшению уровня жизни сельского населения.

Одна из государственных мер поддержки – это Аналитический центр, формирующий портфель цифровых технологий и генерирующий решения для сельского хозяйства в целом и сельхозпроизводителей, что, в свою очередь, помогает информировать непосредственных участников о возможностях и новых доступных технологиях, для увеличения эффективности. [1].

Цифровизация сельского хозяйства имеет большие перспективы и может привести к множеству преимуществ:

Повышение эффективности и производительности: Цифровые технологии позволяют оптимизировать использование ресурсов, таких как вода, топливо, удобрения и энергия. Автоматизация процессов и использование точных данных позволяют улучшить планирование, принимать обоснованные решения и повышать производительность сельскохозяйственных операций.

Улучшение качества и безопасности продукции: Цифровизация АПК позволяет более точно контролировать процессы производства, следить за состоянием почвы, растений и животных, а также отслеживать и контролировать использование пестицидов и удобрений. Это способствует производству более качественных и безопасных сельскохозяйственных продуктов.

Улучшение управления рисками: Цифровые решения позволяют фермерам прогнозировать погоду, оценивать риски и адаптировать свои стратегии производства. Они также помогают выявлять ранние признаки заболеваний растений или животных, что позволяет предпринять меры по их предотвращению или лечению.

Устойчивое сельское хозяйство: Цифровые решения в АПК могут способствовать развитию устойчивого сельского хозяйства. Они позволяют оптимизировать использование ресурсов, снизить отходы, уменьшить воздействие на окружающую среду и снизить использование химических веществ. Также цифровые решения могут способствовать развитию вертикального фермерства и городского земледелия, что позволяет производить продукты ближе к потребителям.

Улучшение доступа к информации и образованию: Цифровые технологии предоставляют доступ к информации о сельскохозяйственных методах, новейших технологиях и передовых практиках. Это помогает фермерам получать образование и консультации, улучшать свои навыки и внедрять инновации в свою деятельность.

Современное сельское хозяйство набирает популярность и становится модным направлением. Растущий интерес к этой сфере объясняется растущей прибыльностью. А использование инноваций помогает собирать максимальной высокий урожай и обеспечивать финансовые выгоды от вложений. Кстати, именно Россия за последние 20 лет вошла в топ-стран, которые предлагают большое количество инноваций с максимальной отдачей.

Библиографический список

1. Артемова Е., Ремезков А. Эффективность разработки и внедрения прогрессивных технологий // АПК: экономика, управление. – 2006. – №5. – С.16-18.
2. Зайцева Е.А. Агропромышленное производство в условиях цифровизации: проблемы и пути решения / Экономика АПК и развитие сельских территорий в условиях глобальных вызовов: матер. национальной научно-практ. конф. // Воронеж, 2022. – С. 29-32.
3. Козлов В.В. Какой видится стратегия инновационного развития российского сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. – 2010. – № 4. – С. 23.

УДК: 631

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОБИЗНЕСЕ

Зуева Ю.В., Трефильев П.П., Сидоров И.И.
ФГБНУ ВНИИФ, р.п. Большие Вязёмы
E-mail: *zueva2310@mail.ru*

Резюме. *Инновационные технологические процессы в аграрном хозяйстве семимильными шагами меняют структуру бизнеса также маршруты продовольственной логистики. Все без исключения системы точного земледелия могут помочь сохранять средства не только лишь при классической технологии работы, а также при труде с неустойчивыми нормами высева, внесения удобрений либо средств защиты растений.*
Ключевые слова: *информационные технологии, агробизнес, цифровые технологии, современные тренды в агробизнесе.*
Summary. *Innovative technological processes in the agricultural sector are also changing the business structure of food logistics routes by leaps and bounds. Without exception, precision farming systems can help save money not only with classical work technology, but also when working with unstable seeding rates, fertilizers or plant protection products.*
Key words: *information technologies, agribusiness, digital technologies, modern trends in agribusiness.*

Понятие «цифровые технологии» связано с программным обеспечением, созданным с помощью, так называемой, – «вычислительной техники».

Цифровые технологии реализуются при эксплуатации компьютерных, автоматических, роботизированных, сложных измерительных, радио- и телекоммуникационных устройств [5].

В современном сельском хозяйстве интенсивно возрастает поток информации от метеостанций, фитосанитарной службы, полевой наземной техники, пилотируемых и летательных аппаратов (квадрокоптеров и космических орбитальных спутников). Научно-технический прогресс в агропромышленном производстве продолжается. Все более значимую роль и в нем начинают играть элементы цифровых технологий [1,3].

Высокотехнологичные организации в агробизнесе динамично развивают цифровые технологии в данное направление, дополняя уже существующие автопилоты и курсоуказатели более прогрессивными элементами. А вот фермеры лишь учатся работать с разумной техникой.

Точное земледелие располагается в вершине своего развития в Северной и Южной Америке, Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе. В ряде государств Восточной Европы, а также в Бразилии, Аргентине и Китае отмечается многократный рост в этой сфере народного хозяйства.

И как показывает опыт, при заимствовании лишь только 1-го компонента – организации параллельного вождения и автопилота или автоматического отключения секций на перекрытиях, итоговый экономический эффект может составлять до 7-10 %. В случае внедрения всего набора технологий сбережение может быть составить вплоть до 50 % и значительно выше, способен окупить себя за один год [7, 8].

Рост рынка объясняется все более широким внедрением интеллектуальных методов ведения сельского хозяйства для повышения производительности. Использование BigData вместе с информационно-коммуникационными технологиями позволит фермерам получать более точные сведения, которые существуют в условиях выращивания аграрных цивилизаций. Еще один фактор, который способствует росту рынка точного земледелия – это известность беспилотных летательных аппаратов и Интернета вещей (IoT) для расширения производственных перспектив и исследований. Интернет вещей пока не играет первостепенной роли для увеличения производительности труда вследствие его крайне малого распространения и дороговизны. Однако подобные технологии в ближайшем будущем будут должны способствовать многостороннему анализу функционирования агропроизводства.

Спутниковая информация является на сегодняшний момент наиболее перспективным средством оперативного получения объективных данных о состоянии посевов сельскохозяйственных культур и прогнозирования их урожайности. Имеющиеся спутниковые технологические процессы дают возможность формировать концепции своевременного прогноза растительности для огромных территорий земель. Спутниковый прогноз дает возможность устанавливать вид культур, границы полей также уже способен предоставлять направления по удобрению почвы. Фермеры-пользователи еще имеют все шансы получать данные по температуре и иных погодных критериях в отдельных полях и во всей местности. Большим преимуществом использования спутниковых систем считается их ретроспективность. Почти все сервисы обладают собственную основу фотоснимков, сделанных за все время их работы. Когда нужный участок располагается «в поле зрения» спутника, возможно получить историю такой зоны за последние пару лет: севооборот, историческая динамика развития биомассы в установленных полях, более или менее результативные зоны. В случае если в одном и том же месте земельного участка спектральные снимки показывают проблемы год от года, то агроному станет проще определить первопричину и также принять меры. Также подобная информация может служить для специалистов АПК основой для достоверного прогнозирования урожайности [2, 4].

Применение данных спутникового мониторинга позволяет формировать массивы разнонаправленной полезной информации для агропроизводства. Однако сам спутниковый прогноз не предоставляет каких-либо самостоятельных направлений по ведению агробизнеса. Сведения изначально поступают от спутниковых операторов, во многих государствах они доступны, а также открыты в целях платного применения. Исходные данные, полученные со спутников, для практического применения нуждаются в дополнительной обработке и последующем анализе. «Машинные переводчики» с языка космических фотоснимков на понятный для каждого фермера формат уже есть. По введенным пользователем параметрам, программный продукт получает информацию из баз данных архивов спутниковых снимков и за короткий промежуток времени визуализирует ее в одном из доступных форматов [9, 10, 11].

Сегодня стала доступной технология отслеживания процессов реакций растения на стрессы - травмы, инфекции и повреждения от света благодаря датчикам, изготовленным из углеродных нанотрубок. Они могут быть встроены в листья растений, откуда и сообщают о происходящем, расходуя сигнальные волны перекиси водорода [6].

Согласно оценке международной продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), численность населения приблизится к 9,8 млрд. до 2050 года. Потребность в зерне, как ожидается, увеличится как минимум в 2,2 раза. При этом площадь обрабатываемых земель останется прежней, поэтому нам необходимо улучшить защиту растений и повысить урожайность, используя цифровые технологи.

В настоящее время технологии «умного» земледелия во множества государствах именуют «технологиями устойчивого роста», подчёркивая прямую взаимную связь между их внедрением и ростом показателей результативности. Уже в недалёком будущем мы увидим их всеобщее использование и на российских полях [11, 12].

Библиографический список

1. Лысов А.К. Новые технологии по дистанционному съему диагностической информации. // Защита и карантин растений. – 2016. – №12. – С. 31.
2. Манылов И.В. Сравнение алгоритмов дешифрации аэрофотоснимков земель сельскохозяйственного назначения // Информационно управляющие системы. – 2011. – №3. – С. 24.
3. Орешкина Л.В. Обнаружение и распознавание класса объектов на многозональных изображениях дистанционного зондирования // Информатика. – 2020. – №2. – С. 79.
4. Информационные технологии в системе точного земледелия / А.В. Акинчин, Л.В. Левашаков, С.А. Линков, В.В. Ким, В.В. Горбунов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 9. – С. 16-21.
5. Борисенко И.Б. Ресурсосбережение как элемент информационных технологий // Научно-агрономический журнал. – 2009. – № 1 (84). – С. 45-47.
6. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: учебник для магистрантов, обучающихся по направлению "Агрономия"/ С.И. Зинченко, Н.С. Матюк и др. – Иваново: ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», 2020. – 282 с.
7. Ахметшина Л.Г. Цифровизация российского агробизнеса: возможности реализации IoT-проектов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 8 (53). – С. 116-120.
8. Красновская Е. Будущее аграриев за цифровыми технологиями // Свиноводство. – 2020. – № 7. – С. 4-7.
9. Курдюмов А.В. Эволюция конкурентоспособности агропромышленного комплекса в условиях цифровизации производственной деятельности // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 2 (47). – С. 67-72.
10. Научно-техническая продукция научных организаций агроинженерного профиля в условиях цифровизации агропромышленного комплекса / Ю.Ф. Лачуга, Ю.Х. Шогенов, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 5. – С. 2-9. – Библиогр.: с. 9.
11. Труфляк Е.В. Использование элементов точного сельского хозяйства в России. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 26 с.
12. Черноиванов В. И. Цифровые технологии в АПК // Сельская жизнь. – 2018. – 26 апреля - 2 мая (№ 16). – С. 3.

УДК 631.3:004.04

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Каличкин В.К., Максимович К.Ю., Федоров Д.С.
Сибирский ФНЦ агробиотехнологий РАН,
р.п. Краснообск, Новосибирская обл.
E-mail: *vk.ralichkin@gmail.com*

Резюме. *В результате применения алгоритмов Random Forest и CART создана модель продуктивности севооборотов в различных условиях атмосферного увлажнения. В качестве основного предиктора использован стандартизированный индекс осадков (SPI). Модель характеризуется приемлемой предиктивной способностью (R^2 = 0,60, RMSE = 6,44, MAE = 3,99).*

Ключевые слова: *модель продуктивности севооборотов, машинное обучение, атмосферное увлажнение.*

Summary*. The application of Random Forest and CART algorithms has resulted in the creation of a crop rotation productivity model under varying atmospheric moisture conditions. The Standardized Precipitation Index (SPI) was used as the main predictor. The model provides satisfactory predictive capability (R^2 = 0.60, RMSE = 6.44, MAE = 3.99).*

Key words*: crop rotation productivity model, machine learning, atmospheric moisture.*

Ключевую роль при рациональной организации территории землепользования и проектирования систем земледелия выполняют севообороты. Правильно спроектированный и последовательно осуществленный севооборот позволяет не только предотвратить деградацию почв, но и уменьшить уровень засоренности посевов и распространение вредителей. Как правило, это отражается на урожайности культур и качестве готовой продукции [1].

С помощью традиционных методов обработки данных невозможно удовлетворить постоянно растущие требования интеллектуального земледелия, что является важным препятствием для извлечения ценной информации из полевых опытов. Существенные достижения в обработке данных были получены при использовании методов машинного обучения, которые объясняются их способностью обрабатывать большое количество входных данных и решать нелинейные задачи [2].

Машинное обучение проводили с использованием временных рядов длительных полевых опытов, проведенных в лесостепи Приобья Новосибирской области Сибирским НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства в течение 1999-2019 гг. В опытах изучали севообороты, ориентированные на производство зерна: зерновой, зерновой с бобовыми (вико-овес на зерно), зерновой с масличными (рапс), зернопаровой с озимой рожью, зернопаровой с яровыми культурами, зернотравяной (вико-овес на зеленую массу), зернотравяной (клевер), зернотравяной с озимой рожью и донником [3]. Использованы данные, полученные на фоне без применения средств интенсификации (удобрений и пестицидов). Для оценки продуктивности севооборотов фактическую урожайность возделываемых культур пересчитывали в зерновые единицы (з.ед.).

Оценку атмосферного увлажнения осуществляли с помощью

стандартизированного индекса осадков (Standardized Precipitation Index – SPI) [4]. Для расчетов SPI использованы временные ряды по данным поста метеонаблюдений г. Новосибирска. Расчеты SPI выполнены в ПО Drought Indices Calculator (DrinC) [5] с открытым исходным кодом (https://drought-software.com). Степень проявления увлажненности/засушливости территории оценивали по следующей шкале варьирования SPI: экстремально влажно – 2,0+; сильно влажно – от 1,5 до 1,99; умеренно влажно – от 1,0 до 1,49; норма от -0,99 до +0,99; умеренно сухо – от -1,0 до -1,49; сильно сухо – от -1,5 до -1,99 и экстремально сухо – -2,0 и менее [6].

Проверку данных на нормальность распределения выполняли при помощи тестов Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Поскольку распределение данных отличалось от нормального ($p < 0,05$), применяли Пуассоновскую лог-модель. Для создания моделей продуктивности севооборотов использовали алгоритмы случайный лес (Random Forest) и дерево решений (CART) с помощью авторской программы Crop Yield Analysis & Forecast (CYAF) [7, 8]. Расчёт показателей сложности дерева решений, оптимизацию и оценку его точности проводили с помощью перекрестной кросс-проверки. Дополнительные вычисления и графические построения выполнены средствами языка программирования для статистической обработки данных и работы с графикой R в интегрированной среде разработки R-Studio.

В результате проведения анализа данных, выявлена статистически значимая связь между показателем продуктивности различных вариантов севооборотов и атмосферным увлажнением (тест Краскела-Уоллиса, $p < 0,0001$). Наименьшая вариация продуктивности севооборотов во времени отмечена для зернопарового с озимой рожью (среднеквадратическое отклонение (SD) равно 4,52), зернового с масличными (SD – 4,62) и зернопарового с яровыми культурами (SD – 5,22); наибольшее варьирование показателей продуктивности были характерны для зернотравяных севооборотов (SD – 7,95-9,45). В сильно засушливый год (1999 г.; SPI = -1,9) продуктивность первых трех севооборотов изменялась от 18,0 до 20,4 ц з.ед./га севооборотной площади, что было выше в среднем на 2,4 ц з.ед./га, чем в других севооборотах. В экстремально засушливый год (2012 г.; SPI = -2.9), продуктивность в данных севооборотах изменялась от 7,7 до 11,3 ц з.ед./га, что было в среднем выше на 1,4 ц з.ед./га, чем в севооборотах с травами. В годы с умеренным увлажнением (2018 г., SPI = 1,01) и увлажнением в пределах нормы (2017 г., SPI = 0,8) наибольшая продуктивность была характерна для зернотравяного севооборота с клевером (30,2-32,1 ц з.ед./га) и зернотравяного с вико-овсом на зеленую массу (31,0-31,9 ц з.ед./га).

Используя полиномиальную регрессию и фактические данные по продуктивности севооборотов, исследована взаимосвязь и варьирование показателей при чередовании разных значений атмосферного увлажнения, выраженных через SPI. Показано, что влияние атмосферного увлажнения на целевую переменную не является прямолинейным, а имеет более сложную форму (рис. 1).

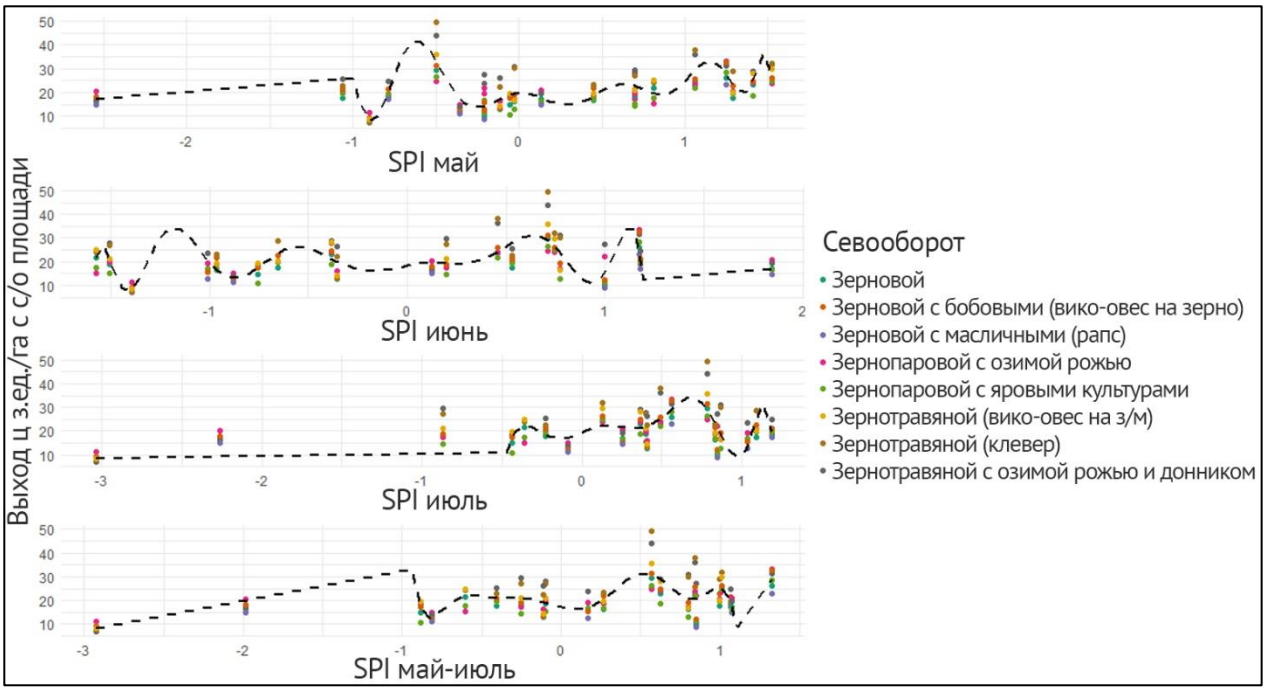


Рисунок 1 – Диаграмма рассеяния переменных, содержащих значения продуктивности севооборотов и индекса SPI за вегетационный период с наложением регрессионного сплайна

Для определения наиболее подходящей степени полинома был применен их анализ с использованием кросс-валидации. Для каждой степени полинома было вычислено значение среднеквадратичной ошибки (RMSE), которое является мерой точности модели. После проведения кросс-валидации и оценки RMSE, для каждой степени полинома были определены наиболее подходящие, при которых достигается наименьшее значение среднеквадратичной ошибки. Это позволило выбрать наиболее точные модели, учитывающие нелинейную связь между SPI и целевой переменной.

С помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена определено наиболее значимое влияние SPI на продуктивность севооборотов в различные периоды вегетации ($SPI_{май} – 0,47$, $p < 0,001$ и $SPI_{май-июль} – 0,43$, $p < 0,001$). Данная связь была использована при построении дерева решений (рис. 2).

Модель на основе CART обладает достаточной предиктивной способностью ($R^2 = 0,56$, RMSE = 6,84, MAE = 4,55), однако для увеличения точности модели был применен ансамблевый подход путем применения Random Forest. Это позволило увеличить точность модели, так коэффициент детерминации (R^2) стал равен 0,60.

В зависимости от атмосферного увлажнения в разные периоды вегетации модель позволяет определить севообороты с параметрами различной продуктивности. В экстремально сухих условиях атмосферного увлажнения ($SPI_{май-июль}$ <-2,5 во временном ряде наблюдений) продуктивность севооборотов будет самая низкая и составит 8,5-16 ц з.ед./га. При нормальном увлажнении ($SPI_{май-июль}$ > -0,71 – > 0,42) максимальная продуктивность возможна для зернотравяного с клевером и зернотравяного с вико-овсом на зеленую массу севооборотов

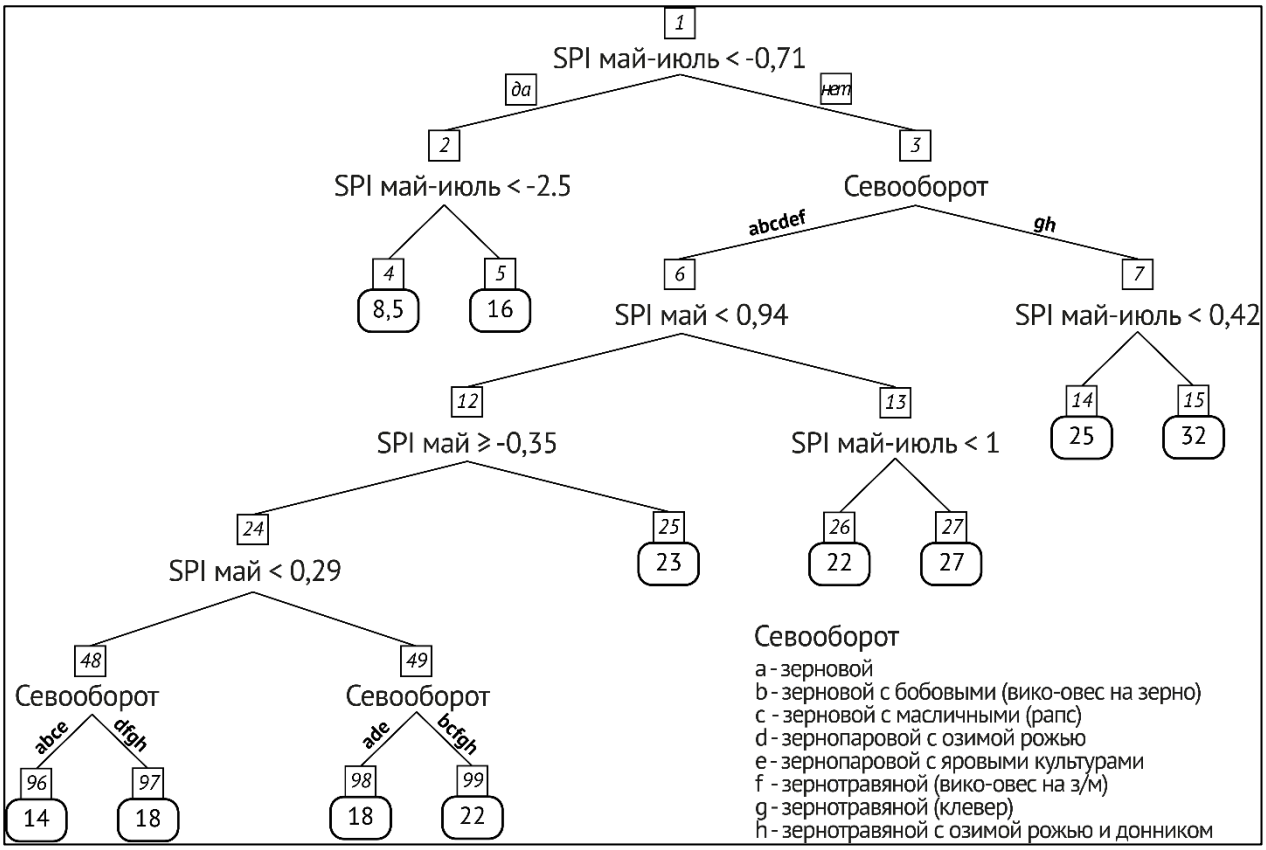


Рисунок 2 – Дерево решений продуктивности севооборотов
(Примечание: верхняя цифра – номер узла дерева; овальный четырехугольник – лист дерева с возможной продуктивностью).

(около 32 ц з.ед./га). При нормальном увлажнении в весенне-летний период ($SPI_{май-июль} > -0,71$, $SPI_{май} < 0,94$, $SPI_{май} > -0,35$ и $SPI_{май} > 0,29$) максимальная продуктивность будет характерна для зернопарового с озимой рожью и зернотравяных севооборотов (около 18 ц з.ед./га). При возможном увеличении атмосферного увлажнения весной ($SPI_{май} > 0,29$) наиболее продуктивными будут: зерновой с бобовыми, зерновой с масличными и зернотравяные севообороты (около 22 ц з.ед./га).

Таким образом, в результате применения непараметрической статистики и машинного обучения с использованием временных рядов продуктивности севооборотов, полученных в длительных полевых опытах в лесостепи Приобья Новосибирской области, построена модель, характеризующаяся достаточно высокой предиктивной способностью: среднеквадратическая ошибка (RMSE) равняется 6,44, средняя абсолютная ошибка (MAE) – 3,99, коэффициент детерминации (R^2) – 0,60. Наименьшее варьирование продуктивности севооборотов во времени определено для зернопарового с озимой рожью, зернового с масличными и зернопарового с яровыми культурами. Наибольшее варьирование продуктивности характерно для зернотравяных севооборотов, однако максимальная продуктивность в условиях нормального увлажнения достигается именно в зернотравяных севооборотах: с клевером и с вико-овсом на зеленую массу.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Benos L., Tagarakis A.C., Dolias G. et al. Machine Learning in Agriculture: A Comprehensive Updated Review // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – № 11. – P. 3758. – DOI: https://doi.org/10.3390/s21113758.
3. Власенко А.Н., Шоба В.Н. Захаров Г.М., Крупская Т.Н. Урожайность зерновых культур в звеньях севооборотов // Земледелие. – 2016. – № 5. – С. 12-14.
4. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales // Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. – 1993. – Vol. 17. – № 22. – P. 179-183. [Электронный ресурс]. – URL: https://climate.colostate.edu/pdfs/relationshipofdroughtfrequency.pdf (Дата обращения 10.04.2023)
5. Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices // Earth Science Informatics. – 2015. – Vol. 8. – P. 697-709. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12145-014-0178-y.
6. Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков // ВМО-№ 1090. 2012. 26 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_ru_2012.pdf (Дата обращения 15.05.2023).
7. Программа анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур (CYAF – Crop Yield Analysis & Forecast) / Федоров Д.С., Альсова О.К., Каличкин В.К., Максимович К.Ю. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2021667894 от 08.11.2021 г.
8. Каличкин В.К., Федоров Д.С., Альсова О.К., Максимович К.Ю. Разработка программы анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 1. – С. 51-56. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_0_0.

УДК 633.11: 631.559:631.847.3

ВЛИЯНИЕ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ И ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Кишев А.Ю.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ им. В. М. Кокова, г. Нальчик
E-mail: *a.kish@mail.ru*

Резюме. *Представлены результаты изучения влияния грибов арбускулярной микоризы Glomus intraradices и бактерии Bacillus megaterium var. Phosphaticum на урожай и качество зерна озимой пшеницы в степной зоне Кабардино-Балкарии. Выявлено, что сорта озимой мягкой пшеницы Южанка и Адель реагируют на инокуляцию биопрепаратами увеличением показателей структуры урожая. Показано, что бинарная инокуляция семян озимой пшеницы (G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum) повышает продуктивную кустистость как относительно контрольного варианта, так и варианта с минеральным удобрением. Число зерен в колосе увеличилось с 36,1 и 36,9 шт. до 40,3 и 40,5 шт., а масса зерна с колоса с 1,18 и1,20 г до 1,47 и 1,51 г соответственно по сортам Южанка и Адель. Инокуляция семян в среднем за 3 года обеспечила существенную прибавку урожая сорта Южанка на 11,2-47,8 %, сорта Адель на 15,0-48,8 %. Более высокие прибавки получены в варианте – G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum. Минеральные удобрения также увеличивают урожайность сортов пшеницы на 33,4-31,9 % относительно контроля.*

Summary. *The results of studying the influence of arbuscular mycorrhiza fungi Glomus intraradices and the bacterium Bacillus megaterium var. Phosphaticum on the yield and grain quality of winter wheat in the steppe zone of Kabardino-Balkaria. It was revealed that the varieties of winter soft wheat Yuzhanka and Adel react to inoculation with biological products by increasing the indicators of the crop structure. It has been shown that binary inoculation of seeds of winter wheat (G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum) increases productive tillering as compared to the control variant and the variant with mineral fertilizer. The number of grains in an ear increased from 36.1 and 36.9 pcs. up to 40.3 and 40.5 pieces, and the grain weight per ear from 1.18 and 1.20 g to 1.47 and 1.51 g, respectively, for the Yuzhanka and Adel varieties. Inoculation of seeds on average over 3 years provided a significant increase in the yield of Yuzhanka variety by 11.2-47.8 %, Adel variety by 15.0-48.8 %. Higher gains were obtained in the variant - G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum. Mineral fertilizers also increase the yield of wheat varieties by 33.4-31.9 % relative to the control.*

Введение. Проблема фосфора в сельском хозяйстве очень острая, потому что в почве фосфор преимущественно находится в форме сложных минеральных соединений, которые трудно усваиваются растениями. При выращивании сельскохозяйственных культур из одного гектара пахотного слоя почвы извлекается 25-40 килограммов оксида фосфора, что требует ежегодного внесения удобрений. Однако доступность для растений фосфора в год внесения удобрений в почву составляет от 10 до 30%, так как большая часть фосфора фиксируется тонкодисперсной частью почвы и превращается в недоступные для растений фосфаты [1, 2]. Для формирования высокого урожая озимой пшеницы с оптимальным химическим составом, необходимо растения обеспечить в период вегетации сбалансированным поступлением элементов питания. Почвы с низким содержанием подвижных форм фосфора в условиях степной и сухостепной зоны КБР превалируют, и озимая пшеница хорошо отзывается на внесение фосфорных удобрений [3]. Дополнительным источником улучшения фосфорного питания растений может стать использование грибов арбускулярной микоризы Glomus intraradices (G. Intraradices) и бактерии Bacillus megaterium var. Phosphaticum [4]. Бактерии Bacillus megaterium var. Phosphaticum способны отщеплять от органических фосфатов фосфорную кислоту, которая, взаимодействуя с катионами, переходит в соли фосфорной кислоты, доступные для растений. Микроорганизмы Bacillus megaterium var. Phosphaticum способны мобилизовать фосфор из тежелодоступных соединений железа, алюминия и кальция. Арбускулярная микориза – это наиболее широко распространенная и экологически значимая форма растительно-микробных взаимодействий. В ее образовании участвуют грибы одной монофилетической группы - грибы отдела Glomeromycota и 90 % наземных растений. Они являются наиболее распространенными грибами-симбиотами корней растений и важным экологическим партнером в агроэкосистемах. Грибы арбускулярной микоризы выполняют функцию поставщиков растворимых фосфатов для растений. Благодаря способности мицелия выделять органические кислоты и кислые фосфатазы, эти грибы способны превращать недоступные для растений формы фосфора в доступные. Несмотря на то, что микоризные грибы образуют симбиоз с большинством видов растений, имеет место существенный полиморфизм по

симбиотической эффективности грибов арбускулярной микоризы на различных сортах пшеницы, т.е необходимы поиски комплементарных пар макро- и микросимбионтов.

Условия, материалы и методы. Исследование проводились в 2020-2022 гг в степной зоне КБР, характеризующейся умеренно-жарким климатом с умеренным увлажнением. Среднегодовая сумма осадков составляет 433 мм. Наибольшее количество их приходится на июнь, наименьшее – на январь. Большая часть осадков выпадает за активный вегетационный период (выше +10°С) и составляет в среднем 345 мм, или более 79% от годового количества. Почва опытного участка - чернозем обыкновенный, с содержанием гумуса 4,35%, валового фосфора – 0,12 %, подвижного фосфора – 12,9 мг/кг почвы. Объектами исследований являлись высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы Южанка и Адель, характеризующиеся высокими мукомольно-хлебопекарными качествами зерна. Исследовали следующие варианты опыта: 1. Контроль; 2. $N_{60}P_{60}K_{30}$; 3. штамм G. Intraradices; 4. штамм Bacillus megaterium var. Phosphaticum; 5 - G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum. Посев озимой пшеницы проводили с нормой высева 5 млн. всхожих семян на гектар. Общая площадь опытной делянки – 55 м^2, учетная – 41,25 м^2. Исследования осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов, 2012; Минеев и др., 1993).

Результаты исследований. Биогенные элементы, содержащиеся в почве и удобрениях контролируют процессы обмена веществ в растительном организме. Оптимальное их содержание обуславливает продуктивность сельскохозяйственных культур, дефицит элементов питания приводит к уменьшению урожайности и ухудшению качества продукции. Результаты оценки воздействия на растения эндомикоризного гриба (АМ) Glomus intraradices и бактерий Bacillus megaterium var. Phosphaticum свидетельствуют о положительном отклике растений озимой пшеницы в условиях дефицита фосфора в черноземе обыкновенном. Сорта озимой мягкой пшеницы Южанка и Адель реагировали на инокуляцию биопрепаратами увеличением показателей структуры урожая. На контрольном варианте в среднем за 2020-2022 гг., продуктивная кустистость составляла – 1,4 шт у сорта Южанка и 1,3 шт у сорта Адель, в варианте применения удобрений продуктивная кустистость возросла на 0,3 и 0,2 шт соответственно по сортам. В вариантах инокуляции эндомикоризным грибом продуктивная кустистость возрастала на 0,2 шт. относительно контрольного варианта на сорте Южанка, т.е была ниже относительно варианта с минеральным удобрением. Обработка фосфатмобилизующими бактериями повышала продуктивную кустистость относительно контроля, но была ниже относительно варианта с минеральным удобрением на 0,2 и 0,1 шт соответственно по сортам. Бинарная инокуляция семян озимой пшеницы (G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum) повышала продуктивную кустистость как относительно контрольного варианта, так и варианта с минеральным удобрением. В этом варианте опыта наблюдалось максимальное повышение показателей продуктивности колоса – увеличились число зерен в колосе с 36,1 и 36,9 шт. до 40,3 и 40,5 шт. и масса

зерна с колоса с 1,18 и1,20 г до 1,47 и 1,51 г соответственно по сортам Южанка и Адель.

Таблица 1 – Влияние арбускулярной микоризы и фосфатмобилизующих бактерий на структуру урожая озимой пшеницы, (2020-2022 гг.)

Вариант	Продуктивная кустистость, шт.	Число колосьев на 1 м^2, шт.	Число зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Озерненность агрофитоценоза, тыс. шт./м^2
Южанка					
контроль	1,4	332	36,1	1,18	11, 985
1	1,7	359	40,1	1,34	14, 395
2	1,6	357	39,2	1,32	13, 994
3	1,5	346	37,3	1,28	12, 905
4	1,9	391	40,3	1,47	15, 757
Адель					
контроль	1,3	269	36,9	1,20	9,926
1	1,5	318	39,4	1,37	12, 529
2	1,5	304	40,2	1,42	12, 220
3	1,4	291	37,5	1,33	10, 912
4	1,7	325	40,5	1,51	13, 162

Примечание: 1 - Контроль; 2 - $N_{60}P_{60}K_{30}$; 3 – штамм G. Intraradices ; 4- штамм Bacillus megaterium var. Phosphaticum; 5 - G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum .

Инокуляция семян озимой пшеницы G. Intraradices и Bacillus megaterium способствовала увеличению таких качественных показателей зерна пшеницы, как натура и масса 1000 зерен (табл. 1). В среднем за годы исследований мягкая озимая пшеница сорта Южанка на контрольном варианте формировала натуру на уровне 783 г/л, а масса 1000 зерен при этом составляла 37,2 г. Применение минерального удобрения, грибов арбускулярной микоризы и бактерий Bacillus megaterium способствовало увеличению натуры зерна до 796-801 г/л, а масса 1000 зерен возрастала до 38,5-41,8 г. Вариант с одной микоризой повышал натурную массу зерна пшеницы Южанка на 18,0 г/л и на 24 г/л на сорте Адель. Совместное применение грибов арбускулярной микоризы и бактерий Bacillus megaterium способствовали максимальному повышению в опыте показателя натуры зерна: на 23 г/л на сорте Южанка и на 35 г/л на сорте Адель. Мягкая пшеница сорта Южанка и Адель показали тенденцию к увеличению содержания белка и клейковины в зерне под воздействием биопрепаратов, причем максимальные значения были достигнуты в вариантах совместного применения грибов арбускулярной микоризы и бактерий Bacillus megaterium. В наших исследованиях также установлено, что использование биопрепаратов способствует повышению урожайности обоих сортов озимой мягкой пшеницы. Инокуляция семян в среднем за 3 года обеспечила существенную прибавку урожая сорта Южанка на 11,2-47,8 %, сорта Адель на 15,0-48,8 % (табл. 2). Более высокие прибавки получены в варианте – G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum. Минеральные удобрения также увеличивают урожайность сортов пшеницы на 33,4-31,9 %.

Таблица 2 – Влияние арбускулярной микоризы и фосфатмобилизующих бактерий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, (2020-2022 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса зерна, г/л	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
Южанка					
контроль	4,46	37,2	783	14,1	25,3
1	5,95	41,4	805	14,3	27,8
2	5,74	41,0	801	14,6	28,5
3	4,96	38,5	796	14,3	28,2
4	6,59	41,8	806	14,8	29,1
Адель					
контроль	3,60	36,3	775	13,9	25,9
1	4,75	37,9	782	14,4	26,7
2	4,77	39,1	799	14,3	28,1
3	4,14	38,0	786	14,1	27,9
4	5,36	40,7	810	14,5	28,7

Примечание: 1 – Контроль; 2 – $N_{60}P_{60}K_{30}$; 3 – штамм G. Intraradices ; 4 – штамм Bacillus megaterium var. Phosphaticum; 5 – G. Intraradices + Bacillus megaterium var. Phosphaticum.

Выводы. По результатам трех лет исследований при возделывании зерновых культур установлена высокая эффективность применения микробных препаратов для предпосевной обработки семян в условиях степной зоны КБР. Урожайность озимой пшеницы сорта Южанка в среднем повышалась на 0,5-2,13 т/га, а сорта Адель на 0,54-1,76т/га. Наилучший результат отмечен при совместном использовании грибов арбускулярной микоризы и бактерий Bacillus megaterium. Результаты оценки воздействия на растения эндомикоризного гриба (AM) Glomus intraradices и бактерий Bacillus megaterium var. Phosphaticum свидетельствуют о наиболее высоком положительном отклике растений озимой пшеницы сорта Адель.

Библиографический список

1. Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Калоев Б.С., Кубатиева З.А., Калагова Р.В. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимия. 2019. № 4. С. 31-38.

2. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: Издательство ВНИИА, 2013. – 296 с.

3. Малкандуева А.Х., Малкандуев Х.А., Ашхотов А.М., Шамурзаев Р.И. Реакция сортов озимой пшеницы на дозы удобрений в условиях Кабардино-Балкарии // Земледелие. 2016. № 1. С. 23-24.

4. Завалин А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. №5. С. 26-28.

УДК 631.43

ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПОД СЕВООБОРОТОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА ГОДА

Козлова[1] А.А., Кочарли[2] С.А., Хасаева[3] С.Г., Гюлалыев[4] Ч.Г.
[1]ФГБОУ ВПО “Иркутский Государственный Университет,
г. Иркутск, Россия.
[2]Институт Почвоведения и Агрохимии Министерство Науки и
Образования Азербайджанской Республики, г.Баку
[3]Институт Радиационных Проблем Министерство Науки и
Образования Азербайджанской Республики, г.Баку
[4]Институт Географии Министерство Науки и
Образования Азербайджанской Республики, г.Баку,
E-mail: *[1]allak2008@mail.ru. [3]subura71@mail.ru, [4]ch_gulaliyev @yahoo.com*

Резюме. *Предоставленная статья имеет большой научный интерес в изучении водного режима под полями хлопково-люцернового севооборота. Результаты проведенных исследований показали, что для сохранения потенциального плодородия, получения высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо осуществление на территории фермерских хозяйств Муганской степи пятипольных хлопково-люцерновых севооборотов.*
Ключевые слова: *почва, хлопок, люцерна,, севооборот, Муганская степь.*
Summary. *The provided article is of great scientific interest in the study of the water regime under the fields of cotton-alfalfa crop rotation. The results of the studies showed that in order to maintain potential fertility, obtain high, sustainable yields and soil-protective, resource-saving agricultural crops, it is necessary to implement five-field cotton-alfalfa crop rotations on the territory of farmers of the Mugan steppe.*
Key words: *soil, cotton, alfalfa, crop rotation, Mugan steppe.*

Введение. Вода является одним из основных факторов, участвующих в органоминеральных превращениях в почве. Она играет роль растворителя питательных веществ, необходимых для развития растений, в связи с чем водный режим почв изучали многие исследователи [1, 2, 3]. Г.Н. Высоцкий, давший первую классификацию водного режима почв, сравнивал значение воды в почве с ролью крови в живом организме.

Основной целью представленной работы является изучение изменения водного режима почвы в зависимости от сезона под севооборотом: хлопок-хлопок-хлопок-люцерна-люцерна в районе Северной Мугани Азербайджана.

Объекты и методы исследования. Исследования выполнены в условиях стационара Северной Мугани (39°55′51″N. 48°22′10″ E.) – части Кура-Араксинской низменности Муганской равнины Азербайджанской республики. Исследуемая территория расположена ниже уровня моря и представляет равнину (с уклоном 0,0001-0,0003) с северо-запада на юго-восток.

Количество гумуса в верхнем слое серо-луговой почвы исследуемого территории составляет 1,5-2,6 % и уменьшается в нижних слоях профилю. Эти почвы считаются насыщенными основаниями, общее их количество варьируется от 17,8 до 39,4 мг-экв, а за счет биогенного процесса катион кальция

достигает 78 %. Почвы исследуемой территории представлены легко-, средне- и тяжелосуглинистым, а в отдельных случаях и легкоглинистым гранулометрическим составом. Количество физической глины колеблется в пределах 26,9-79,8 %. Климат зоны имеет сухой субтропический с жарким и сухим летом и мягкой зимой. Количество среднемноголетних осадков составляет до 293 миллиметров, их распределение по сезонам неравномерно, основное их количество выпадает осенью и весной. Большое влияние на влажность почвы и ее динамику оказывает температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха составляет 14,0°С, летние и осенние месяцы очень сухие и жаркие, вызывающие сильное испарение из почвы. В течение года с поверхностности почвы происходит 900-1000 мм испарения. Влажность почвы в основном зависит от атмосферных осадков, уровня грунтовых вод, искусственного орошения и др. Из климатических данных, показанных нами выше, видно, что количество атмосферных осадков не влияет на водный режим почвы в течение вегетационного периода. Здесь регулировать режим влажности почвы можно только искусственным орошением в соответствии с агротехническими правилами. На режим увлажнения почвы влияет ряд факторов. Одним из таких факторов является растительность, ее густота и состав [4, 5]. Поэтому нами изучен влажностный режим почвы в метровом слое за три года при хлопково-люцерновом севообороте на 6 станциях.

Результаты исследования. Как видно из данных изоплет (рис.) под хлопково-люцерновыми севооборотами и на целине в зависимости от периода сева отмечается существенная динамика влажности почвы в зависимости от сезона.

В сероземно-луговых почвах Северной Мугани распределение влаги различается по годам и сезонам. Годовой фонд влажности колеблется в пределах 4,70-35,3 %. На изучаемой территории наибольшая влажность в почве отмечена в осенне-зимний период года, которая составляет 31,64 %, что создает благоприятный режим влажности для развития культурных растений и активной деятельности микроорганизмов. К лету влажность почвы уменьшается в связи с повышением температуры воздуха, поверхность почвы сильно высыхает и влажность почвы достигает минимума. Все это особенно ясно проявляется на целинных участках. В этих условиях естественный растительный покров, быстро заканчивая вегетационный период, к началу лета отмирает и тем самым замедляется активная деятельность микроорганизмов.

На культурных посадках путем поливов можно регулировать режим влажности почв и создать условия для развития растений, что четко проявилось на участках хлопково-люцернового севооборота. Здесь летом, несмотря на отсутствие атмосферных осадков, в результате проведенных поливов влажность почвы была оптимальной. Так, при сравнивании режима влажности за три года под хлопчатником, посеянным в I, II, III год, можно заметить, что в метровом слое почвы под хлопчатником первого года величина влаги составила 8,75-14,78 %, второго года – 4,9-33,14 %, третьего года – 4,70-34,87 %.

Если же сравнить эти показатели у люцерновых полей, то на участке под люцерной первого года эта величина составила 4,89-34,57 %, двухлетней

люцерной она возросла до 6,80-35,30 %, что связано с интенсивным развитием ее надземной массы, сохраняющая почву от солнечных лучей, препятствуя ее сильному перегреву и иссушению. С другой стороны, интенсивное развитие корневой системы, проникающей в более глубокие слои почвы, в значительной мере обеспечивает ее влагой.

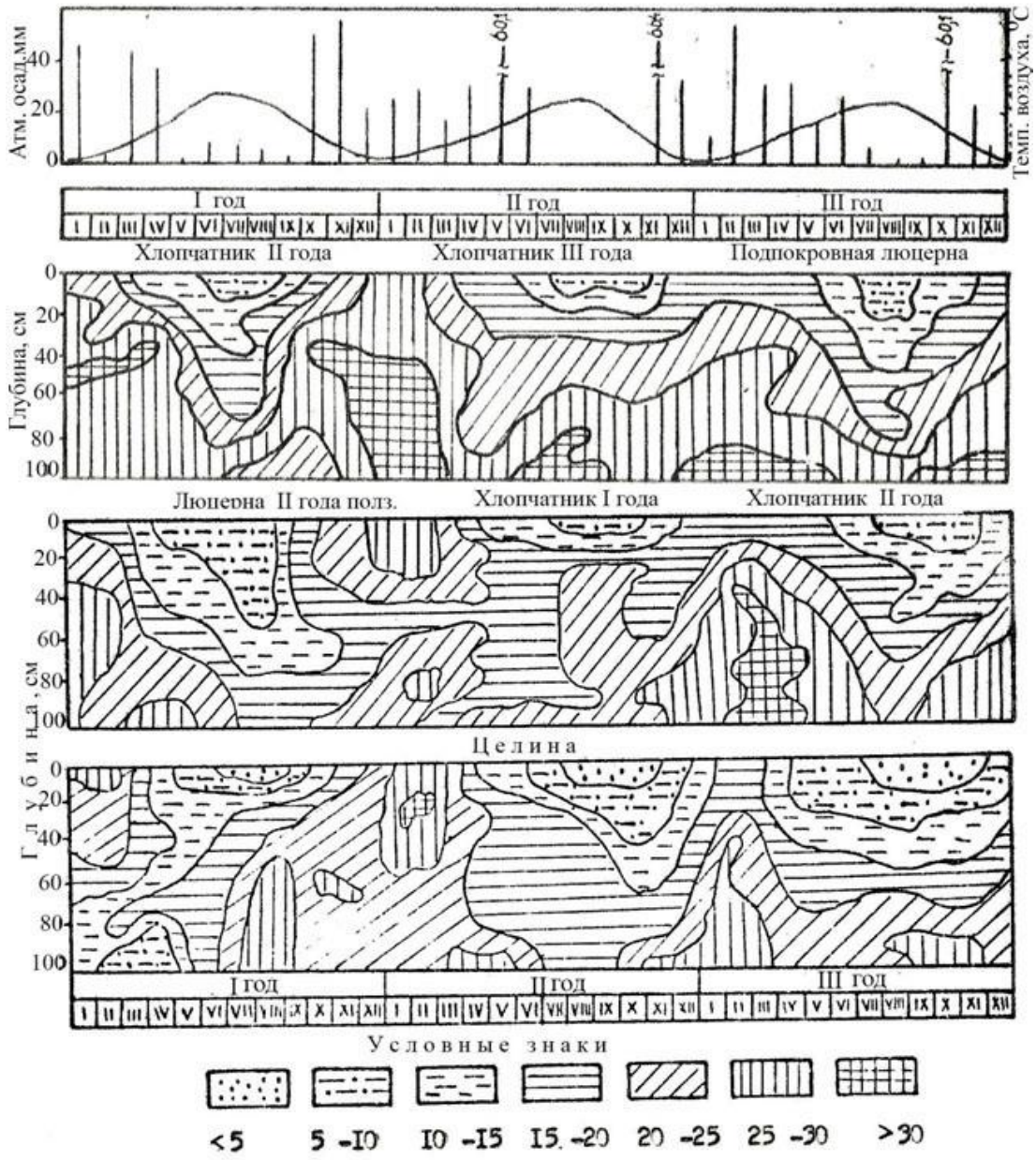


Рисунок – Динамика влажности почвы под севооборотом в зависимости от сезона года

Полученные хроноплеты показывают, что гидротермические параметры почвы изменяются в зависимости от условий орошения. Распределение влажности сероземно-луговых почв в севооборотах меняется не только по месяцам и сезонам, но и по годам, а основной фон влажности колеблется в пределах 5-41 %. На исследуемых нами почвах влажность достигает 30 % в зимне-весенний период. Это обеспечивает благоприятный режим влажности для развития естественных растений и жизнедеятельности микроорганизмов.

Летом влажность почвы снижается, из-за повышения температуры поверхность почвы становится очень сухой, а запас влаги в почве достигает минимального уровня. В таких условиях растения сгорают в начале лета, теряя вегетацию, ослабевает жизнедеятельность микроорганизмов. Однако посредством орошения здесь регулируется влажностный режим почвы и создаются условия для роста культурных растений.

При сравнении вегетационного периода посевов хлопчатника первого, второго и третьего года в хлопково-люцерновом севообороте видно, что запас влаги в посевах хлопчатника первого года был больше, чем во втором и третьем годах. Это также зависит от количества органических веществ в почве и формы стебля растения. Сравнивая люцерну, видно, что запас влаги у двухлетней люцерны больше, чем у однолетней. Это связано с более мощным развитием наземной части двухлетней люцерны, поскольку она как укрытие защищает поверхность почвы от солнечных лучей и не дает почве перегреваться.

На основании всего этого можно сделать вывод, что в период вегетации сельскохозяйственных растений исследуемой территории в связи с повышением температуры воздуха, уменьшением осадков и увеличением испарения необходимо соблюдать правила искусственного орошения с соблюдением потребности растений в воде. Во избежание опасности засоления из-за легкого гранулометрического состава и малой водоемкости почву целесообразно часто орошать малыми поливными нормами воды. Хлопково-люцерновый севооборот помогает создать достаточный запас влаги в почве. Поэтому на режим влажности почв определенное влияние оказывает правильное применение севооборотов.

Библиографический список

1. Алекперов Ф. Ш. Динамика водно-физических свойств почвы в зависимости от способов и глубины ее обработки в трехпольном севообороте // Аграрная наука. – 2009. – № 5. – С. 13-14.
2. Анисимов Д.А., Медведев И.Ф., Азаров К.А. Сезонная и пространственная динамика запасов свободной влаги в почве // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Саратов, 18–19 марта 2014. – Саратов: Ракурс, 2014. – С. 310–312.
3. Саввинов Д. Д., Иванов Э. Г., Максимова Х. И., Прибылых Е. И. Динамика влажности почвы под посевами сельскохозяйственных культур при различных способах её обработки // ВЕСТНИК СВФУ. – 2012. – Т. 9. – № 3. – С.91-97.
4. Гюлалыев Ч.Г., Кочарли С.А., Козлова А. А., Джафаров А. М. Динамика некоторых свойств почв при хлопково-люцерновом севообороте // Почвы и окружающая среда. – 2022. – Т. 5. – №1. – С.1-13. – https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/178.
5. Шубитидзе Г.В. Роль элементов систем земледелия в формировании устойчивой продуктивности агроценозов в засушливой степи Поволжья // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 10. – С. 29–30.

УДК 576.80:632.934:633.63

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С ПОМОЩЬЮ АБОРИГЕННОГО МИКРООРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ

Колесникова М.В.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Воронежская область, Рамонский район, п. ВНИИСС
E-mail: *emarvlad@mail.ru*

Резюме. *В условиях полевых опытов установили, что совместная запашка соломы озимой пшеницы с целлюлозолитическим микромицетом, минеральным азотом и питательной добавкой оказывает положительное влияние на структуру микробного сообщества чернозёма выщелоченного, стимулируя жизнедеятельность микрофлоры, участвующей в формировании эффективного и потенциального плодородия почвы. В результате этого возрастает продуктивность сахарной свёклы.*

Summary. *Under the field experiment conditions, it has been determined that winter wheat straw plowed in together with celluloselytic micromycete, nitrogen and nutrient additive has a positive influence upon structure of microbial community of leached chernozem by stimulating vital activity of microflora which participates in formation of effective and potential soil fertility.*

Интенсивный путь развития сельского хозяйства способствует непрерывному росту урожайности сельскохозяйственных культур и позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Такой путь развития сельского хозяйства даёт возможности увеличения производства продукции земледелия.

Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур возможно только за счет целесообразного использования плодородия почвы при его обязательном сохранении.

Наиболее существенным источником пополнения почвы органическим веществом, является солома озимой пшеницы. Её использование в качестве органического удобрения способно отчасти восполнить потери углерода гумуса, так как в ней содержится 35-40 % этого элемента. При запашке соломы в почву возвращается (в пересчете на 1 гектар) 12-15 кг азота, 7-8 кг фосфора, 24-30 кг калия [1].

Доля соломы в урожае зерновых культур составляет 50-70%. Утилизация побочной продукции озимой пшеницы на месте возделывания может одновременно восполнить дефицит органического вещества в почве и сократить затраты на производство культуры.

В зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения ЦЧР период разложения соломы озимой пшеницы значительно удлиняется. Солома полностью разлагается за 3-5 лет в зависимости от погодных условий года. Кроме того, её внесение в почву сопровождается нежелательными процессами: иммобилизацией азота и повышением фитотоксичности почвы. Для восполнения потерь азота необходимо использовать азотные удобрения. Расход азота составляет 0,5-1,3% от массы соломы, т.е. 40-80 кг на 1 га [2].

Использование выделенных из черноземов микромицетов, обладающих высокой целлюлозолитической активностью, может ускорить процесс

разложения соломы озимой пшеницы в полевых условиях, что будет способствовать увеличению продуктивности сахарной свёклы и повышению эффективного плодородия почвы при снижении затрат на производство корнеплодов, что весьма актуально.

Исследования провели в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» в лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы в 2006-2018 гг.

В коллекции эффективных и фитопатогенных микроорганизмов организации находится целлюлозолитический микромицет, который был идентифицирован во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов ФГУПГосНИИГенетика-ВКПМ, как *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016.*

В 2006 году с его помощью установили режим разложения соломы озимой пшеницы в лабораторных условиях. На основании этих исследований были заложены полевые опыты. В 2007-2008 гг. в мелкоделяночных опытах установили, что запашка соломы озимой пшеницы совместно с азотом, микромицетом и питательной добавкой (ПД), в качестве которой использовали патоку, стимулирует увеличение численности полезной микрофлоры почвы, участвующей в формировании эффективного и потенциального плодородия, что содействует активизации процессов гумусообразования и способствует накоплению элементов минерального питания. В результате продуктивность сахарной свёклы повысилась на 11,6 т/га [3].

Для подтверждения полученных результатов в 2009 году был заложен полевой опыт в масштабе близком к производственному. Расширение площади опыта подтвердило результаты предыдущих исследований: урожайность сахарной свёклы увеличилась на 6,9 т/га, или на 25 %.

В дальнейшем были продолжены опыты по внедрению аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета в технологию возделывания культуры. В схему опыта ввели применение гербицидов, как обязательный приём борьбы с сорняками.

Почва – чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый малогумусный со средним содержанием элементов питания.

Осенью запахали солому озимой пшеницы из расчета 4 т/га (исходя из средней многолетней урожайности соломы в Воронежской области). Одновременно с соломой вносили целлюлозолитический микромицет, питательную добавку и минеральный азот. Затем проводили лущение на глубину 12 см и вспашку на 30-32 см. Микромицет использовали в виде инокулюма, который готовили путем компостирования питательного субстрата, согласно методу инфицирования почвы [4, 5]. В качестве питательной добавки использовали патоку (мелассу) в разведении (1:1000) с водопроводной водой. Её применение необходимо для активизации жизнедеятельности целлюлозолитического микромицета при его интродукции в почву. Питательную добавку вносили с помощью ранцевого опрыскивателя из расчета 200 л/га рабочего раствора. Аммиачную селитру и азофоску использовали в дозе 40 кг/га д. в.

Методом расщепленных делянок проводили двукратную обработку

гербицидами по всходам. Гербициды вносили с помощью мелкоделяночного опрыскивателя. Согласно видовому составу сорняков в 1-ую обработку использовали Бицепс гарант в дозе 1,4 л/га. Вторую обработку проводили через 10 дней: Бицепс гарант 1,4 л/га в баковой смеси с Карибу в дозе 30 г/га.

В полевом опыте высевали гибрид сахарной свеклы Рамоза. Технология возделывания − общепринятая для региона. Площадь делянки 27 $м^{2.}$. Повторность опыта – четырёхкратная.

Поскольку биологическая активность почвы является важным показателем плодородия, и от ее интенсивности в большой степени зависит динамика доступных элементов питания в почве, а значит и продуктивность основных культур севооборота, то на протяжении вегетационного периода проводили мониторинг изменений, происходящих в микробном сообществе чернозема выщелоченного в динамике (май, июль, сентябрь). Численность почвенных микроорганизмов, относящихся к разным эколого-трофическим, физиологическим и таксономическим группам, учитывали методом высева почвенной суспензии различной степени разведения на элективные питательные среды, согласно методикам МГУ.

Наблюдения за изменениями, происходящими в микробном сообществе чернозёма выщелоченного, показали, что используемый нами целлюлозолитический микромицет сохраняется и развивается в почве.

Запашка соломы совместно с микромицетом и азотными удобрениями привела к повышению численности целлюлозолитических микроорганизмов в почве в мае, что вполне закономерно. Их численность выросла относительно контроля в среднем в 2 раза.

С середины вегетационного периода и до уборки максимальное количество целлюлозолитических микроорганизмов отмечено при запашке соломы с микромицетом и азофоской без использования гербицидов. В сентябре их численность превышала контроль в 4,6 раза. Следовательно, для развития целлюлозолитических микроорганизмов помимо азота необходимы фосфор и калий, которые входят в состав удобрения.

Численность микроорганизмов, принимающих участие в синтезе гумуса (зимогенная микрофлора), при использовании гербицидов была ниже, чем при ручной прополке. В середине вегетации максимальная их численность отмечена при внесении в почву соломы совместно с аммиачной селитрой и микромицетом, не зависимо от применения гербицидов. Однако при ручной прополке численность зимогенной микрофлоры была выше на 6,4 млн. КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (а. с. п.).

Благодаря бинарному консорциуму, существующему в природе между целлюлозолитическими микромицетами и диазотрофами, численность последних увеличилась при введении первых в агроценоз. Если сравнивать форму азота удобрений по их влиянию на численность диазотрофов, то установлено преимущество совместного внесения целлюлозолитического микромицета с аммиачной селитрой.

Урожайность сахарной свёклы является интегральным показателем.

Полученные данные свидетельствуют, что при запашке соломы озимой пшеницы на фоне ручной прополки урожайность культуры не изменилась относительно контроля. Достоверное повышение урожайности корнеплодов сахарной свёклы отмечено при запашке соломы совместно с азотным удобрением как в комплексе с целлюлозолитическим микромицетом, так и без него (таблица 1).

Наиболее эффективным источником азота была аммиачная селитра. В комплексе с целлюлозолитическим микромицетом она привела к росту урожая относительно контроля на 5,5 т/га. Сахаристость при этом увеличилась на 0,4 %. Сбор сахара был максимальным и составил 10,2 т/га, что выше контрольного значения на 1,1 т/га.

Таблица 1 – Продуктивность сахарной свеклы

	Вариант	Урожайность		Сахаристость		Сбор сахара	
		т/га	± d	%	± d	т/га	± d
Ручная прополка	Контроль	57,2		15,9		9,1	
	Солома	57,3	0,1	16,1	0,2	9,3	0,2
	Солома +N (азофоска)	59,5	2,3	16,3	0,4	9,7	0,6
	Солома +N (аммиачная селитра)	61,4	4,2	16,1	0,2	9,9	0,7
	Солома + ПД (1:1000) + N (азофоска) + микромицет	60,1	2,9	16,1	0,2	9,7	0,6
	Солома + ПД (1:1000) + N (амм. селитра) + микромицет	62,7	5,5	16,3	0,4	10,2	1,1
гербициды	Контроль	55,8	-2,6	16,0	0,1	9,0	-0,1
	Солома	52,5	-4,7 -3,3*	15,8	-0,1 -0,2*	8,4	-0,7 -0,6*
	Солома +N (азофоска)	54,9	-2,3 -0,9*	16,0	0,1 0*	8,8	-0,3 -0,2*
	Солома +N (аммиачная селитра)	57,0	-0,2 1,2*	16,0	0,1 0*	9,1	0,0 0,1*
	Солома + ПД (1:1000) + N (азофоска) + микромицет	59,7	2,5 3,9*	15,9	0,0 -0,1*	9,5	0,4 0,5*
	Солома + ПД (1:1000) + N (амм. селитра) + микромицет	60,9	3,7 5,1*	16,0	0,1 0*	9,7	0,6 0,7*
	$НСР_{05}$	2,6		Нет			
	P,%	1,5					

*сравнение с контролем при использовании гербицидов

В контроле при использовании гербицидов наблюдали снижение урожайности сахарной свёклы по сравнению с ручной прополкой. Внесение соломы озимой пшеницы привело к снижению урожайности культуры. Добавление к соломе минеральных удобрений повлияло по-разному, в зависимости от вида удобрения. Внесение азофоски совместно с соломой способствовало появлению тенденции к снижению урожайности, а при использовании аммиачной

селитры, наоборот, к росту урожайности, но также на уровне тенденции.

Достоверное повышение урожайности отмечено при запашке соломы совместно с целлюлозолитическим микромицетом и минеральными удобрениями. Если рассматривать источник азота, то наиболее эффективным явилась аммиачная селитра. Урожай сахарной свеклы относительно контроля с гербицидами вырос на 5,1 т/га. Сахаристость была на уровне контроля. Здесь же был установлен и максимальный сбор сахара – 9,7 т/га.

Таким образом, на основе ассоциативных взаимосвязей разного характера между группами микроорганизмов, внесение в почву целлюлозолитического микромицета способствовало повышению численности агрономически ценной микрофлоры. Увеличение биологической активности привело к росту урожайности сахарной свёклы.

Исследования показали целесообразность применения целлюлозолитического микромицета совместно с аммиачной селитрой для ускорения разложения соломы озимой пшеницы при использовании гербицидов.

Библиографический список

1. Ягодин, Б.А. Агрохимия [Текст]: учеб. для вузов по агрон. специальностям / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко, под ред. Б. А. Ягодина. – Москва: Мир, 2004. – 583 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология [Текст] / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – Москва: Дрофа, 2005. – 444 с.
3. Колесникова, М.В. Формирование плодородия чернозема выщелоченного при интродукции аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов при запашке соломы озимой пшеницы [Текст] / М.В. Колесникова, Н.В. Безлер, Б.Л. Агапов // Агрохимия. – 2014. - № 8. – С. 17-25.
4. Инфекционные фоны в фитопатологии [Текст] / ред. Ю.Н. Фадеева. – Москва: Колос, 1979. – 206 с.
5. Кирай З. Методы фитопатологии [Текст] / З. Кирай, З. Клемент, И. Вереш. – Москва: Колос, 1974. – 234 с.

УДК 004.9:338.436.33

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ

Кондратьева О.В., Слинько О.В., Войтюк В.А.
ФГБНУ «Росинформагротех», р.п. Правдинский Московской обл.
E-mail: *inform-iko@mail.ru*

***Резюме**. Рассмотрены основные направления отечественных программных продуктов и цифровых платформ в землепользовании, куда входит формирование и алгоритмизация сценариев управления по основным кейсам и решением множества поставленных задач. Определено, что создаваемые платформенные решения цифрового сельского хозяйства направлены на формирование модульной платформы глобального прогнозирования спроса и предложения с использованием спутниковой, почвенной, статистической, климатической, налоговой, таможенной и другой информации, которая представлена в установленных форматах в режиме онлайн.*

***Summary**. The main directions of domestic software products and digital platforms in land management are considered, which includes the formation and algorithmization of management scenarios on the main cases and the solution of multiple tasks. It is determined that the created*

platform solutions of digital agriculture are aimed at forming a modular platform for global forecasting of supply and demand using satellite, soil, statistical, climatic, tax, customs and other information, which is presented in established formats in online mode.

В рамках выполнения национальной программы «Цифровая экономика РФ» и ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» Минсельхоза России [1] является формирование цифровой экономики, которое предусматривает ряд мероприятий по внедрению цифровых технологий и платформенных решений в АПК.

Модель цифровой экономики требует кардинальной модернизации идеологии управления на уровне хозяйствующих субъектов, а также реализации принципиально новых методов информатизации всех процессов управления.

Уход с рынка западных партнеров, всевозможные ограничения и нарушение логистических цепочек стали настоящим вызовом для российского агробизнеса. Несмотря на это, эксперты отрасли убеждены, что эти трудности станут мощным импульсом для развития всех сфер агропромышленного комплекса, повышения экономической эффективности и конкурентоспособности отечественного производства [2].

По данным Минсельхоза России, в 2020 году только 10 % площадей были обработаны с использованием цифровых технологий, в 2021 г. этот показатель вырос на 20 %, но это еще недостаточно по сравнению с мировыми показателями. Для снижения риска ошибок в аграрном секторе началась активизация применения цифровых инструментов – навигационные и геоинформационные системы, контроль техники, дифференцированное внесение удобрений, AIoT-платформы (контроль данных, поступающих с датчиков, техники и других устройств).

В последние 5 лет разработано очень много отечественных программ в сфере сельского хозяйства, упрощающих технологический процесс получения урожая. Применение технических средств, таких как GPS-навигаторы, российская спутниковая система ГЛОНАСС, системы, выявляющие неоднородность полей, автоматические пробоотборщики, машины и программы с автоматическим учётом урожая, позволяют получать пространственно-ориентированные карты полей и составлять оптимальные по площади и характеристикам мероприятия с учётом нескольких вариантов в пределах возделываемого поля.

Для того чтобы провести успешную кампанию, сельскохозяйственному предприятию необходимо правильно определить севооборот, разработать технологические карты и проконтролировать их выполнение. Результативность и эффективность принимаемых решений зависит от наличия достоверной информации о состоянии полей, их агрохимических и агрофизических показателях, предшествующих культурах и выполненных агротехнических операциях, уровне выпавших осадков, а также от оперативности получения такой информации. Поэтому разработка и применение программных продуктов и цифровых платформ в растениеводстве позволяют оперативно проводить мониторинг посевов, обновлять карты полей, участвовать в оперативном сбыте продукции, подбирать государственные меры поддержки и пр.). В связи с этим

приходится иметь дело с большим количеством информации, поступающей непосредственно с машин и датчиков, а также от людей. Эта информация разнородна и включает в себя космические снимки, данные о ходе полевых работ, движении транспортных средств, также данные о состоянии почвы, посевов, погоде, планируемой урожайности. В ходе этого разрабатываются различные программы, интегрирующие различные решения для управления в растениеводстве, включая технологии точного земледелия. Эти программы легко использовать как в отдельном хозяйстве, так и в агрохолдингах [3].

Программирование урожаев – это построение комплекса мероприятий, связанных между собой, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение предельно возможной урожайности культур высокого качества.

Процесс программирования урожайности включает два этапа: проектирование научно-обоснованной программы получения расчетной урожайности и практическое применение данной программы на производстве.

Выполнение этих этапов предусматривает следующие элементы:

– выявление уровня урожайности потенциально возможного (ПУ) по ограничивающему почвенно-климатическому фактору в данном районе;

– вычисление действительно возможного урожая (ДВУ) с учетом плодородия почвы, метеорологических и экономических факторов;

– выяснение причин несовпадения между действительно возможными урожаями и получаемыми по факту;

– вычисление доз удобрений под программируемый урожай для конкретного поля севооборота, с учетом агрохимических показателей почвы, биологических особенностей культуры и сорта;

– планирование технологических операций, включающих все необходимые агротехнические приемы с указанием способов и сроков их выполнения;

– своевременное и качественное выполнение агротехнических приемов, предусмотренных технологической картой;

– сбор данных по урожаю и условиям выращивания сельскохозяйственных культур на каждом поле с целью аккумуляции информации, необходимой для оперативной корректировки разработанной программы и последующих уточнений нормативов и показателей программирования урожаев [4].

Например, *компания «ЛАНИТ-Интеграция»* (центр стратегического развития и цифровой трансформации) в 2020 г. по заказу Минсельхоза России разработал концептуальные основы национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство». Основная цель – обеспечение цифровой трансформации и развитие АПК посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений. Нацплатформа «Цифровое сельское хозяйство», включает в себя шесть подплатформ, предусматривающих цифровизацию следующих областей сельского хозяйства: землепользования и землеустройства; прослеживаемость продукции; агрометеопрогнозирование; сбор отраслевых данных; информационная поддержка и предоставление услуг; хранение и распространение информационных материалов. Размещение сервисов в электронной форме, что

позволит заложить основы для развития новых подходов к ведению хозяйства. Данные, агрегируемые платформой, повысят прозрачность и прогнозируемость процессов для участников рынка, а также снизят риски финансовых институтов, реализующих выдачу средств целевых отраслевых программ.

Компания БАРС Груп – мониторинговый центр, в основу которого заложены собственные облачные платформы. На их базе создан широкий спектр программных продуктов, включающий тиражные информационные системы для государства и бизнеса и уникальные решения для автоматизации государственных и коммерческих систем. Содержит важнейшие данные о земледелии, спецтехнике, помогает заказчикам в выборе отечественного программного обеспечения в целях достижения технологической независимости от иностранного программного обеспечения. Линейка цифровых продуктов широко известна специалистам-аграриям и является существенным подспорьем в развитии предпринимательства:

Функциональные характеристики системы «БАРС.Агро» обеспечивают:

– Планирование и контроль агро-, зоотехнических, селекционноплеменных, ветеринарных и других мероприятий;

– Мониторинг земельных ресурсов, состояния почвы и культур, качества посевных и уборных компаний;

– Планирование севооборота и прогнозирование урожайности;

– Интерактивную карту полей;

– Интеграцию с метеосервисами;

– Комплексный учет животных и контроль эпизоотической ситуации, интеграцию систем с RFID-оборудованием для учета чипированных животных;

– Оперативное управление селекционно-племенной работой;

– Анализ воспроизводства и продуктивности в стаде;

– Технический учет оборудования, подвижного состава и спецтехники;

– Отслеживание и планирование финансовых показателей и пр.

Государственным университетом по землеустройству разработан программный комплекс «RIS» для оптимального проектирования рисовых карт [5], который анализирует различного уровня ситуации, риски, предлагая оптимальные решения при проектировании рисовых полей и других сельскохозяйственных угодий. Исследования экономической эффективности оптимизации земляных работ с использованием комплекса «RIS» показали экономию на производстве земляных работ на площадях около 100 га порядка 2,4 млн руб.

Практические испытания программного комплекса «RIS» показали его незаменимость при задании ограничений одновременно на несколько параметров проектирования.

Преимущество перед традиционным проектированием – при решении задачи деления участка на подучастки с лимитирующими ограничениями по нескольким параметрам, только программным путем можно эффективно проверить совместимость условий, обеспечить необходимые согласования и получить решение, гарантирующее строгий минимум объемов земляных

работ.

Основной производственный актив в растениеводстве открытого грунта сельхозтоваропроизводителя это поля, сформированный пул которых представляет неравномерные ассиметричные фигуры. Часто поля могут находиться еще и в разных почвенно-климатических условиях и иметь разные особенности выращивания культур. При этом в среднем на предприятии ко всем полям применяются одни и те же технологии. И эта разница в эффективности полей начинает серьёзно сказываться на экономике предприятия. Одно поле выдаёт планируемый урожай, другое – не достигает плана, и средние показатели по предприятию могут снижаться.

Проводя исследования по данному вопросу, можно сделать вывод о том, что создание эталонных цифровых моделей производственных процессов в сельском хозяйстве [6-8], в частности современным производственным технологиям в земледелии, позволит повысить эффективность управления производственными процессами и создаст благоприятные условия для развития бизнеса.

Библиографический список

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Слинько О.В., Кондратьева О.В. Цифровизация позволит вывести агробизнес на новый уровень // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: матер. III Междунар. научно-практ. конф. – Саратов, 2023. – С. 499-503.
3. Слинкина Е.А., Плевако А.М., Нардин Д.С. Сравнительная характеристика функциональных возможностей программ Farm Works, ГЕО-Агро и ГЕО-План для использования в сельском хозяйстве // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 1 (4) январь-март. – С. 53-58.
4. Якуб А.В., Приходина М.В., Нардин Д.С. Функциональные возможности информационно-аналитической системы «ГЕО-Агро» для программирования урожая сельскохозяйственных культур // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 1(4) январь-март. – С. 59-63.
5. Кондратьева О.В. Передовые отечественные программные продукты и цифровые платформы в развитии АПК: аналит. обзор. – М., ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – С. 80.
6. Совершенствование информационных технологий в отечественном АПК / О.В. Кондратьева, А.Д. Федоров, О.В. Слинько [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 7. – С. 33.
7. Кондратьева О.В., Слинько О.В., Федоров А.Д. Обзор цифровых технологий в агропромышленном комплексе // Устойчивое развитие АПК региона в условиях инновационной модернизации и цифровизации экономики: матер. Всеросс. научно-практ. конф. преподавателей, аспирантов и молодых ученых. – Махачкала, 2022. – С. 110-115.
8. Слинько О.В., Кондратьева О.В. Цифровизация позволит вывести агробизнес на новый уровень // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: матер. III Междунар. научно-практ. конф. – Саратов, 2023. – С. 499-503.

УДК 631.5:633.11+631.87

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Кривошеев С.И., Шумаков В.А.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
Россия, Курск, Карла Маркса. 70б,
E-mail: *sergejkrivoseev67@gmail.com*

Резюме. *В статье представлены результаты исследований по использованию ростостимулирующих биопрепаратов для предпосевной обработки семян в первичном семеноводстве озимой пшеницы сортов: Ахмат, Льговская 4, Безостая 100. Наиболее эффективными ростостимуляторами при замачивании целых колосьев в их водных растворах являются Корневин (1г/л воды), Гуми-20 Кузнецова (2 мл/л воды) и суспензия хлореллы (разбавленная водой 1:4).*

Summary. *The article presents the results of research on the use of growth-stimulating biological products for pre-sowing seed treatment in primary seed production of winter wheat varieties Akhmat, Lgovskaya 4, Bezostaya 100. The most effective growth stimulants when soaking whole ears in their aqueous solutions are Kornevin (1 g / l of water), Kuznetsov's Gumi-20 (2 ml / l of water) and chlorella suspension (diluted with water 1:4).*

Ключевые слова*: ростостимуляторы, Корневин, Гуми-20 Кузнецова, Гумат+7, Гумат калия, Борогум–М, суспензия хлореллы*

Key words: *growth stimulators, Kornevin, Kuznetsova Gumi-20, Humate+7, Potassium humate, Borogum–M, chlorella suspension*

Введение. Семьи из колоса представляют отдельностоящие кусты из растений. Внутри высаженного колоса отмечается большая плотность растений, что значительно уменьшает площадь питания по сравнению с разреженным посевом семенами [1]. Высокая плотность посева приводит к уменьшению глубины проникновения корней, а следовательно, и величины урожайности [2].

Для стимуляции роста корневой системы у озимой пшеницы используются различные природные и синтетические препараты.

Гуминовые препараты действуют как мелиоранты, детоксиканты, а также как стимуляторы роста растений (улучшается питание и дыхание растений, прорастание семян, увеличивается длина и биомасса проростков, усиливается ферментативная активность) [3, 4].

Особая роль в росте растений отводится ауксинам, играющим важную роль в регуляции как корнеобразования, так и роста корней в длину и стимуляции их ветвления [5].

В состав суспензии хлореллы входят фитогормоны, влияющие на всхожесть семян и развитие растений.

Цель исследований – изучить применение Корневина, гуминовых удобрений и удобрений с микроводорослями хлореллы для предпосевной обработки семян в первичном семеноводстве озимой пшеницы.

Объекты и методы проведения исследований. Лабораторные опыты проводились в лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2022-2023 годах. В опыте целые колосья замачивали в водных

растворах препаратов, представленных в таблице 1.

В каждом варианте использовали по 20 колосьев озимой пшеницы следующих сортов – Ахмат, Льговская 4, Безостая 100. Замоченные колосья высаживали по 5 штук в контейнеры, заполненные черноземной почвой. Почву периодически увлажняли. Через девять дней пророщенные колосья извлекали из почвы и корневую систему аккуратно отмывали водой из пульверизатора. Пророщенные колосья разбирали на отдельные проростки, проводили замеры длины ростков и корневой системы, подсчитывали число корней, учитывали воздушно-сухую массу стеблей и корней, определяли всхожесть.

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант	Время замачивания, часы	Доза препарата, г, мл/л воды
1.Контроль	24	0(вода)
2.Корневин	16-20	1
3.Гумат+7	16-20	1
4.Гумат калия	16-20	10
5.Гуми-20 Кузнецова	16-20	2
6.Борогум-М	16-20	5
7.Суспензия хлореллы	10-12	1:4 (разбавление водой)

В опытах использовали следующие препараты: Корневин – регулятор роста и образования корней на основе фитогормонов ауксинов. Мы применяли Корневин, СП (5г/кг 4 (индол – 3 – ил) масляной кислоты). Масса пакета 10 г, производство ООО «Агросинтез» (Россия).

Удобрение Гуми-20 Кузнецова. В его составе: гуматы натрия (действующее вещество) в пересчете на сухое вещество не менее 60%, фосфор – 0,5-2,0%, калий – 0,1-1,0% и микроэлементы природного происхождения. Это водорастворимый концентрат объемом 500 мл, изготовленный «НВП» БашИнком (Россия).

В опыте использовали гуминовые удобрения: Гумат+7, Гумат калия и Борогум-М.

Биостимулятор суспензии хлореллы, изготовленный ООО «Биокомплекс» (РФ). В его составе: культуральная водная среда, микроводоросли ChlorellaVulgaris.

Результаты и обсуждение. Всхожесть семян в лабораторном опыте зависела от используемых биопрепаратов. В среднем по трем сортам она составила на контроле 91,6%, что на 4,8% меньше, чем в вариантах с Корневином и Гуми-20 Кузнецова. Водный раствор суспензии хлореллы повысил всхожесть на 3,8% препарат Гумат+7 имел достоверную прибавку на сортах Ахмат и Льговская 4. Гумат калия – на сорте Ахмат, Борогум-М – на сорте Безостая 100 (табл. 2).

Важное значение имеет интенсивность роста надземной массы, проявляющаяся в степени развития проростков озимой пшеницы по высоте. Процент хорошо развитых проростков озимой пшеницы зависел от сорта и от применяемых биопрепаратов. Сорт Льговская 4 имел высокую интенсивность роста по

сравнению с другими сортами. Сорт Ахмат уступал по начальному развитию как сорту Льговская 4, так и сорту Безостая 100. Наибольший процент хорошо развитых проростков у сорта Ахмат наблюдался в варианте с суспензией хлореллы – 40,7 %, у сорта Льговская 4 – у препарата Корневин–77,2 % у сорта Безостая 100 – у препарата Гуми-20 Кузнецова –64,4 %. Эти же препараты входили в тройку наиболее эффективных по действию на степень развития проростков у всех изучаемых сортов.

Таблица 2 –Влияние биопрепаратов на всхожесть и рост проростков озимой пшеницы на девятый день после посева семян по сортам

Вариант	Всхожесть, %	Степень развития проростков, %		
		слабая	средняя	хорошая
Ахмат				
1.Контроль (вода)	90,0	4,0	60,0	26,0
2.Корневин	96,1	3,9	52,9	39,3
3.Гумат+7	94,2	4,8	73,1	14,4
4.Гумат калия	93,7	6,3	58,3	29,1
5.Гуми-20 Кузнецова	95,9	5,1	53,1	37,7
6.Борогум-М	92,4	2,8	61,3	28,3
7.Суспензия хлореллы	94,4	3,7	50,0	40,7
$НСР_{05}$	2,5	-	-	-
Льговская 4				
1.Контроль (вода)	93,5	13,0	43,1	37,4
2.Корневин	97,6	4,7	15,7	77,2
3.Гумат+7	96,1	2,3	29,5	64,3
4.Гумат калия	95,2	4,0	29,1	62,1
5.Гуми-20 Кузнецова	96,8	4,8	17,6	74,4
6.Борогум-М	95,4	1,5	28,3	65,6
7.Суспензия хлореллы	96,8	2,4	27,0	67,4
$НСР_{05}$	2,4	-	-	-
Безостая 100				
1.Контроль (вода)	91,3	17,4	66,1	7,8
2.Корневин	95,7	5,1	27,4	63,2
3.Гумат+7	93,7	3,6	28,6	61,6
4.Гумат калия	93,2	8,5	25,6	59,1
5.Гуми-20 Кузнецова	96,6	6,8	25,4	64,4
6.Борогум-М	94,5	2,7	36,4	55,4
7.Суспензия хлореллы	95,0	1,6	31,4	62,0
$НСР_{05}$	2,6	-	-	-

Об оптимальной росторегулирующей активности препаратов судили по совокупности таких показателей как длина и воздушно-сухая масса проростков. Длина проростков из колосьев, замоченных в растворах Корневина, Гуми -20 Кузнецова и суспензии хлореллы была выше контрольных проростков на 1,1-3,7 см (11,6-44,1%), проростки имели более длинные корни на1,4-2,9 см (11,3-27,9%). Воздушно-сухая масса корней в варианте с Корневином превышала контроль по сорту Ахмат на 10 %, по сорту Безостая 100 на 27,3 %, а по сорту Льговская 4 на 44,5%.

Таким образом**,** на основании проведенных лабораторных исследований были определены биопрепараты, обладающие высокими ростостимулирующими свойствами при замачивании целых колосьев озимой пшеницы в их растворах.

Ими являются биопрепараты: Корневин (1г/л воды), Гуми-20 Кузнецова (2 мл/л воды) и суспензия хлореллы (разбавленная водой 1:4).

Библиографический список

1. Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Технологические схемы производства семян высших репродукций новых сортов озимой пшеницы в условиях Курской области //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020.– Том 64. – №6 (384). – С.74-78.
2. Най П.Х., Тинкер П.Б. Движение растворов в системе почва-растение. М.: Колос, 1980. – 365 с.
3. Писарев Б.А. Сортовая агротехника картофеля. М.: Агропромиздат. – 1990. – 208 с.
4. Hygo W.B. Disinfection mechanisms. Inprincipales and practice of disinfection, Preservation and Sterilization., 3 rd end, Blackwell Science, Oxeford,1999, pp.258-283.
5. Площинская М.Е., Иванов В.Б., Салмин С.А., Быстрова Е.И. Анализ возможных механизмов регуляции ветвления корня // Журнал общей биологи. 2002. Т.63. №1. С.68-74.

УДК: 615.322: 631.527: 633.521

ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЗАЩИТЕ ЛЬНА ОТ БОЛЕЗНЕЙ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И СОРНЯКОВ[2]

Кудрявцев Н.А.
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь
E-mail: *mila.zaytseva.2018@mail.ru*

Резюме*. Цифровые технологи служат для разработки фитосанитарных прогнозов, присутствуют в мобильных приложениях, содержащих каталог информации по болезням, вредителям и сорнякам льна, по средствам защиты растений, реализуются в терминалах управления и навигаторах.*

Ключевые слова: *цифровые технологии, фитосанитарный мониторинг, мобильные приложения, лен, терминал управления, навигатор.*

Summary*. Digital technologies are used to develop phytosanitary forecasts, are present in mobile applications containing a catalog of information on diseases, pests and weeds of flax, plant protection products, are implemented in control terminals and navigators.*

Ke ywords*: digital technologies, phytosanitary monitoring, mobile applications, flax, control terminal, navigator, interactive map.*

Цифровые технологии характеризуются программным обеспечением при использовании современной техники для записи кодовых импульсов и сигналов в определенной последовательности и с определенной частотой. Такие технологии реализуются при эксплуатации компьютерных, автоматических, роботизированных, сложных измерительных, радио- и телекоммуникационных устройств. В современном сельском хозяйстве интенсивно возрастает поток

[2] *Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0017).*

информации от метеостанций, фитосанитарной службы, полевой наземной техники, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (в т.ч. квадрокоптеров и космических орбитальных спутников). Научно-технический прогресс в агропромышленном производстве продолжается. Все более значимую роль в нем начинают играть элементы цифровых технологий. Данные цифровых систем позволяют находить закономерности явлений, с которыми они связаны, применять современные научные методы их обработки, позволяющие принимать грамотные решения. ВЦИОМ провел исследования с целью выяснения, какой сектор сельского хозяйства наиболее популярен для применения цифровых технологий. Таким сектором была названа защита растений. Цифровизация в широких масштабах реализуется в общегосударственном фитосанитарном мониторинге при использовании датчиков сбора данных о распространении болезней и вредителей растений. Они интегрируются в единую сеть с метеоусловиями и служат для разработки заблаговременных фитосанитарных прогнозов [1, 2].

Цель предлагаемой публикации – информационно-аналитическая оценка уровня применения цифровых технологий в фитосанитарной стабилизации льноводства. Научно-методическими вопросами фитосанитарного мониторинга и прогноза применительно к льноводству при традиционном подходе мы систематически занимаемся, интегрируясь в российскую фитосанитарную службу. В настоящее время работаем над модернизацией методик учета болезней и вредителей, испытания пестицидов и агрохимикатов, участвуя в исследованиях, координируемых ФГБНУ ВНИИ защиты растений по заданию Россельхозцентра [2, 3].

При решении задач цифровизации на практике защиты растений, как правило, используются и традиционный подход, и информационные технологии. В рамках традиционного подхода формулируется задача, составляется алгоритм ее решения, подбирается соответствующая программа для ЭВМ, позволяющая решить поставленную задачу. Такой подход адекватен при наличии надежных, сходящихся алгоритмов действий. Но при решении плохо формализуемых задач, алгоритмов которых не существует или они находятся при «человеко-машинном взаимодействии», работает в основном человек, а ЭВМ оказывает ему помощь. Такие решения основываются на новых информационных технологиях с теоретической базой в сфере искусственного интеллекта. Многолетние данные по проявлению болезней, вредителей и сорняков льна, по погодным условиям, по эффективности применения пестицидов – такую информацию можно получать в цифровом виде, обрабатывать и накапливать в «облачных хранилищах». Данный сервис предоставляет в режиме реального времени результаты анализа множества факторов и дает обоснование для последующих действий, помогая вести учет данных и дифференцировать элементы рекомендуемых мероприятий на конкретных сельскохозяйственных угодьях. В качестве примера, возьмем мобильное приложение в смартфоне для специалиста по защите растений, агронома (apps.apple.com > ru > articles >). В нем отображается фитосанитарная ситуация на конкретных полях, при осмотре

которых специалист последовательно делает несколько фотографий, устанавливает фазы развития культурных и сорных растений, проявление их болезней и вредителей, при необходимости – добавляет комментарии. GPS-датчик определяет положение специалиста на поле и собранные данные автоматически привязываются к данному участку и его биоценозу, связываются с географическими координатами и реальным временем. Такие данные адаптированы для выгрузки в Excel для математических и других анализов. Они могут пересылаться другим специалистам, консультантам, поставщикам средств защиты растений. Подобный сервис (с интернациональным названием Exact Farming) при участии московских ученых, с которыми мы сотрудничаем при реализации результатов нашей НИР в производстве [4, 5].

В практической реализации наземного опрыскивания с цифровым программным обеспечением на льне масличном при обработке посевов в фазе елочки композицией избирательных гербицидов и защитно-стимулирующих препаратов я участвовал, выполняя договор НИИ льна с ООО «Спектр» Балашовского р-на Саратовской области. Опрыскивающий агрегат Amazone UX 5200 + Massey Ferguson 6700 был оборудован терминалом управления Amatron+, позволившим производить автоматическую регулировку параметров рабочего процесса, регистрировать внесенное количество рабочей жидкости и обработанную площадь.

Позиционно точное вождение агрегата без двойного наложения пестицидов на обрабатываемые участки и без «огрехов» на них, переключение параметров работы агрегата на разворотных полосах, ответвлениях и клиньях полевых угодий обеспечивала дополнительная бортовая компьютерная система GPS-Switch. При этом учитывалась ширина захвата и положение отдельных секций опрыскивателя. В зависимости от качества сигнала GPS было возможно довольно точное автоматическое управление работой агрегата. После первого объезда периметра поля определялись его границы, затем система работала по заданной программе.

При профилактической обработке полей глифосатсодержащими гербицидами сплошного действия для будущего посева льна в Саратовской области агрегат – опрыскиватель Amazone UX 5200 + трактор Massey Ferguson 6700 оснащался системой Ama Spot. Ее сенсорные датчики и специализированные форсунки позволяли обрабатывать гербицидами не всю поверхность полей, а вносить их только на участки, где проявлялись засоряющие растения. Эта модернизация экономила порядка 30 % расхода глифосатов.

Сенсоры датчиков Green Sense распознавали флуоресцентный пигмент хлорофилла и «отличали» живые растения от поверхности почвы и мертвых растительных остатков. Датчики располагались на штанге опрыскивателя с интервалом 1 м. Это расстояние задействовано как 4 зоны (по 25 см). В каждой фиксируется присутствие сорняков (при их наличии). Если датчик обнаруживал растение, то мгновенно включался процесс опрыскивания высокоточными форсунками (при скоростях до 20 км/час в любое время суток). Экономия рабочей жидкости не только снижает затраты на гербицид, но и повышает

производительность труда, уменьшая количество заправок бака опрыскивателя.

Дифференцированное внесение рабочих жидкостей пестицидов и агрохимикатов при контроле норм применения, положения секций и форсунок опрыскивателя позволяет Российская Глонасс/GPS-система (навигационный комплекс) Агронавигатор. Применение такого цифрового оборудования на опрыскивателе ОП-24-3000 в агрегате с трактором МТЗ-82 обеспечивало в 2018-2019 гг. на льняных полях ООО «Родниковое Поле» Веневского района Тульской области (где мы работали по договору ФГБНУ ФНЦ ЛК, реализуя в производстве результаты нашей НИР) автоматическое регулирование расхода рабочей жидкости композиций гербицидов и защитно-стимулирующих веществ по скорости движения агрегата (для выдерживания их заданной нормы применения); автоматическое включение и выключение опрыскивания при начале движения и остановке; автоматическое выключение опрыскивания при заходе штанги агрегата на обработанный участок; автоматическое раздельное отключение концевых форсунок при их заходе на обработанный участок во время параллельного вождения.

В этом хозяйстве впервые для данного региона было организовано семеноводство льна новых сортов селекции НИИЛ. В 2018 г. здесь возделывалось 208 га льна, в 2019 г. – 406 га. Эти площади были обработаны композициями гербицидов и защитно-стимулирующих веществ при помощи вышеназванного оборудования с цифровым программным обеспечением. Таким образом была показана очень высокая биологическая и хозяйственно-экономическая эффективность проводимых мероприятий, в 2019 г. хозяйство получило рекордный урожай семян льна-долгунца – 12,5 ц/га (507,5 тонны с 406 га). За это достижение ООО «Родниковое Поле» совместно с ФГБНУ ФНЦ ЛК получили Медаль Российской агропромышленной выставки «Золотая Осень» на ВДНХ.

Композиции гербицидов в сниженных нормах применения с адьювантами, антистрессантами и биопрепаратами для обработки посевов льна в 2021 и 2022 гг. применялись при реализации результатов нашей НИР в условиях производства АО «Ленпром» на полях Торжокского района Тверской области (ООО «Пасечник»). Использовался опрыскиватель прицепной ОП-18-2500 в агрегате с МТЗ-1221.2. Точное вождение агрегата по посевам льна тоже осуществлялось с помощью цифрового оборудования – бортового компьютера с Глонасс/GPS навигатором.

При реализации этого оборудования с цифровым программным обеспечением была достигнута эффективная защита льна от болезней, вредителей и сорняков, получены высокие морфологические показатели культурных растений, особенно в случаях применения композиций гербицидов в сниженных нормах применения с адьювантами, антистрессантами и биопрепаратами.

Реальность применения средств защиты растений в производственной обстановке даже по опыту нашей работы нередко связана с экстремальными условиями. В 2020 г. при обилии осадков в Тульской области во время фазы «елочка» льна и невозможности прохождения по полям наземных агрегатов –

применялось авиационное опрыскивание посевов пестицидами с использованием сверхлегкого летательного аппарата (СЛА) «Бекас», оборудованного опрыскивателем авиационным ОА-РЖУ. Для авиационного опрыскивания устанавливался расход рабочей жидкости – всего 10 л/га. При этой работе тоже применялось цифровое оборудование -– GPS-навигационный комплекс, обеспечившее хорошую эффективность опрыскивания – относительно равномерное внесение пестицидов практически без «огрехов».

Важный элемент реализации цифровых технологий в защите растений – использование беспилотных летательных аппаратов. Они задействованы в системе фитосанитарного мониторинга и при опрыскивании пестицидами различных территорий.

Например, БПЛА сельхозназначения MG-1S Advanced (производства фирмы DJI КНР) – оснащен цифровым оборудованием, повышающим точность работы коптеров. Российские специалисты работают над экспериментальными коптерами, способными поднимать порядка 5 тонн рабочей жидкости пестицидов и агрохимикатов.

Библиографический список

1. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the Russian Federation // International Simposium «Eath sciences: history, contemporary issues and prospects». – 2020. – S. 012055. Elibrary ID: 44546319. – DOI: 1088/1755-1315/579/1/012055.
2. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Захарова Л.М., Алибеков М.Б., Алырчиков Ф.В., Савоськина О.А. Теоретические и методические инновации в учетах и прогнозах болезней, вредителей и сорняков льна. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №3 (72). – С. 215-220.
3. Захарова Л.М., Кудрявцев Н.А. Технология защиты льна-долгунца // Защита и карантин растений. – 2010. – №5. – С. 25-28.
4. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Алибеков М.Б., Савоськина О.А. Экологизированное применение регуляторов роста, фунгицидов и гербицидов при возделывании льна. // Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. – С. 313-317.
5. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Злотников А.К., Злотников К.М. Препарат Альбит в системе защиты льна-долгунца. // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 34-35.

УДК: 632.954.633.52:631.4

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОТРАВЛИВАНИЕ СЕМЯН ЛЬНА

Кудрявцев Н.А.
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь
E-mail: *mila.zaytseva.2018@mail.ru*

Резюме. *В представленной работе проанализированы результаты многолетних экспериментов по изучению болезней льна и влиянию на них протравливания семян. Показаны достоверное снижение зараженности болезнями и повышение всхожести семян, вызванные действием на них изучаемого фактора.*

Ключевые слова*: лен, семена, болезни, дезинфекция, защитно-стимулирующее воздействие, эффективность.*

Summary*. In the presented work, the results of long-term experiments on the study of flax diseases*

and the effect of seed etching on them are analyzed. A significant decrease in disease infection and an increase in seed germination caused by the effect of the studied factor on them are shown.
Key words: *flax, seeds, diseases, disinfection, protective and stimulating effect, efficiency.*

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0017).

В льноводстве, как правило, необходимы мероприятия по защите растений, которые должны обеспечивать достаточно здоровые посевы, формирующие полноценный урожай продукции [1].

Из болезней льна, как вредоносные в условиях большинства регионов России и некоторых зарубежных стран, многие исследователи отмечали фузариоз, антракноз, септориоз (пасмо), ауреобазидиоз (полиспороз), озониоз (крапчатость) [2, 3].

К фузариозному увяданию на уровне 84,3-100 % устойчивы некоторые сорта льна-долгунца селекции ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК, например, Александрит, Зарянка, Универсал. К антракнозу относительно устойчивы сорта Тонус и Дипломат, к септориозу – сорт Цезарь. Устойчивость сортов льна, разумеется, – важный элемент защиты этой культуры от болезней, но, как правило, он не избавляет растениеводов от необходимости проводить предусмотренные технологией возделывания химические меры, например, протравливание семян, считающееся в льноводстве обязательным [4].

Защита льна от болезней основывается на их последовательном изучении, в т.ч. и выполненном нами. Применительно к протравливанию семян мы в теоретическом плане выделили из общепринятой классификации группу болезней, распространяющихся и сохраняющихся преимущественно с семенами льна. В эту группу включены: фузариозное побурение (принципиально отличающееся от фузариозного увядания основным путем распространения и сохранения инфекции), антракноз, септориоз (пасмо), ауреобазидиоз (полиспороз), озониоз (крапчатость), бактериоз и некоторые другие патологии льна [5].

Приоритетный объект нашей фитопатологической работы – крапчатость (озониоз) льна. Применительно к нему мы определили согласно современным критериям – коэффициенты вредоносности, принципы распространения и сохранения инфекции, биологическую специализацию патогенного организма, которому дали морфологическое описание и систематическое название – *Ozonium vinogradovi* Kudryavtsev [6]. Вид назван в честь В.П. Виноградова, начавшего изучать крапчатость, как отдельную болезнь льна, и погибшего в 1941 г. на Волховском фронте. Симптомы проявления озониоза (крапчатости) льна – яркие красные пятна на проростках семян – позволяют по ним наглядно определять эффективность протравливания этих семян.

Семена льна протравливают, как правило, фунгицидными химическими препаратами. В «Гос. каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных на территории РФ» зарегистрировано более 30 наименований препаратов, с положительными результатами испытанных при обработке ими семян льна. Например, несколько лет назад испытан Редиго Про, КС (пропиконазол +

тебуконазол, 150 + 20 г/л), 0,5 л/т. Значительно раньше был изучен старый стандартный протравитель семян льна – ТМТД, ВСК (тирам, 400 г/л), 3,0 л/т.

Для льноводов особенно интересно использовать такой протравитель семян, ресурса фунгицидного действия которого было бы достаточно для защиты растений льна не только в фазе всходов, как бывает обычно со стандартными препаратами, но и значительно дольше – во время дальнейшей вегетации этой культуры. Надежду на это дает препарат Систива, КС (флуксапироксад, 333 г/л) [7].

Основной способ обработки семян – влажное протравливание с расходом рабочей жидкости до 10 л/т. При этом влажность семян теоретически повышается всего на 1 %. При качественном разбрызгивании и перемешивании с семенами нам удавалось избегать образования больших комов «слипшихся» семян при расходе рабочей жидкости до 7 л/т. Объемы протравливания семян льна в 80-90-е годы прошлого века в СССР были порядка 100 000 тонн семян в год. В настоящее время эти объемы стали во много раз меньше.

Обработка семян льна реализуется на серийных протравочных машинах. Нам удавалось получить приемлемые результаты на отечественных протравливателях семян – ПС-5, ПС-10, ПС-20, ПС-30 и других, на импортных – «Рёбер», «Аграно», «Мобитокс-супер и других.

Эксперименты по полевым испытаниям и разработке регламентов применения препаратов для протравливания семян льна – проведены в соответствии с классическими методическими рекомендациями по агрономическим наукам и регистрационным испытаниям пестицидов. В 2019-2021 гг. были выполнены полевые опыты на базе ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК, показавшие положительные результаты испытаний нового средства защиты растений льна. Они выявили фунгицидный протравитель семян Систива (0,5 л/т), подтвердивший заявленное защитное действие против болезней всходов льна и статистически достоверно превзошедший по биологической эффективности протравитель семян ТМТД (4 л/т).

В полевых посевах льна опытов 2019-2021 гг. дифференцированно в связи с применением препаратов Систива и ТМТД – мы изучали проявление антракноза, полиспороза и пасмо льна на протяжении всего периода вегетации.

Фитопатологический анализ растений льна, ежегодно отбираемых перед уборкой, показал, что они были поражены в основном антракнозом и пасмо. В контрольном и стандартном вариантах встречался полиспороз. Следует отметить, что протравливание семян препаратом Систива значительно снижало распространённость этих болезней и перед уборкой льна.

Мы убедились, что предпосевная обработка семян препаратом Систива защищает растения льна-долгунца от болезней на протяжении всего вегетационного периода. Распространенность антракноза в 2019-2021 гг. на делянках контроля составила 30,4-43,2 %, пасмо – 36,2-46,0 %. Обработка семян препаратом Систива снизила их проявление до уровня распространенности менее 10 %. Отмечено положительное влияние обработки семян препаратом Систива на морфологические параметры растений льна. Справедливо предположение об их

положительном влиянии на реакции метаболизма растений льна, приводящие к усилению физиологических процессов не только устойчивости к возбудителям болезней (к патогенам, сосредоточенным в семенах, а также и к тем, заражение которыми происходит в поле), но и формирующим урожай льнопродукции.

В производственной обстановке АО «Ленпром» в 2022 г. системный протравитель семян Систива после обработки им семян льна-долгунца с помощью протравочной машины ПС-10А – статистически достоверно уменьшил показатели распространенности болезней всходов льна, что проиллюстрировано таблицей 4. Антракноз в начале появления всходов культуры отмечен в контроле – на 10,0 % растений. В варианте с обработкой семян стандартным фунгицидом ТМТД – 5,5 %; с обработкой семян Систивой – 2,0 %. Этот показатель достоверно меньше уровня контроля и стандарта. Распространенность крапчатости льна – обработка семян Систивой тоже достоверно снизила по сравнению с контролем.

В дальнейших фитопатологических учетах отмечено, что обработка семян препаратом Систива в производственной обстановке снизила проявление антракноза и пасмо в фазе созревания льна до уровня их распространенности 5 и 6 %, в то время, когда в варианте с ТМТД – 21 и 34 %, а в контроле – 37 и 48 %.

Хозяйственно-экономическая оценка эффективности применения инкрустирования семян препаратом Систива проведена при сравнении его с базовым (стандартным) вариантом (ТМТД) – с учетом затрат на проведение фитосанитарных мероприятий и реализацию дополнительного урожая, а также его стоимость по фактическим ценам, сложившимся в АО «Ленпром», производящего льнотресту. Стоимость 1 л препарата Систива – 6 500 руб. Затраты на его применение (0,5 л/т) при замене ТМТД (4 л/т) по цене 1 000 руб./л не выше, чем в базовом варианте. Принятая в основу расчета фактическая цена реализации 1 тонны тресты номером 2,50 – 16 550 руб. Общие затраты на производство 1 т тресты – 490 руб. Учтены все фактические затраты, в т.ч. на уборочные работы.

По результатам расчетов, представленным в таблице, экономический эффект нового рекомендуемого варианта, в сравнении с базовым, составил +15 257 руб./га.

Таким образом, в полевых исследованиях 2019-2022 гг. убедительно показана высокая эффективность препарата Систива, как мощного фунгицидного и защитно-стимулирующего средства (против грибных болезней льна, для повышения урожайности льнопродукции). Выявлена существенная высокая эффективность обработки семян препаратом Систива – против болезней всходов льна: эффективность против антракноза составила 95,8-97,9 %; против крапчатости 95,2-96,8 %. Очевидно, гораздо более мощное фунгицидное действие нового протравителя семян льна, по сравнению со стандартным – ТМТД (при его биологической эффективности против болезней от 51,9 до 54,8 %).

Предпосевная обработка семян препаратом Систива защищала растения льна-долгунца от болезней на протяжении всего вегетационного периода. В то время, когда распространенность антракноза на делянках контроля составила 30,4-43,2 %, пасмо – 36,2-46,0 % – препарат Систива снизил их проявление до

уровня распространенности менее 10 %.

Обработка семян льна препаратом Систива способствовала получению урожайности льнопродукции, превышающей уровень контроля на величины, большие, чем $НСР_{05}$.

Фунгицидный протравитель семян Систива (0,5 л/т) в 2022 г. в производственной обстановке подтвердил заявленное длительное действие и статистически достоверно превзошел по биологической эффективности и положительному влиянию на урожайность льнопродукции - протравитель семян ТМТД (4 л/т). Экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым составил +15 257 руб./га.

Следовательно, проведенные в 2019-2022 гг. испытания показали высокую биологическую и хозяйственную эффективность применения препарата Систива на культуре льна-долгунца при обработке семян.

На основании положительных результатов многолетних полевых испытаний ФГБНУ ФНЦ ЛК предлагает рекомендовать применение на территории Российской Федерации препарата Систива на культуре льна-долгунца с разработанными регламентами использования (таблица).

Таблица – Рекомендуемые регламенты применения препарата Систива при обработке семян льна

Торговое название, препаративная форма, д.в., концентрация	Норма применения препарата	Культура	Назначение	Способ применения
Систива, КС, флуксапироксад, 333 г/л	0,5 л/т	Лен-долгунец	Защита растений льна от грибных болезней на протяжении периода вегетации, повышение урожайности	Предпосевная обработка семян. Расход рабочей жидкости – 7 л/т

Библиографический список

1. Захарова Л.М., Кудрявцев Н.А. Технология защиты льна-долгунца // Защита и карантин растений. – 2010. – №5. – С. 25-28.
2. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Захарова Л.М., Алибеков М.Б., Алырчиков Ф.В., Савоськина О.А. Теоретические и методические инновации в учетах и прогнозах болезней, вредителей и сорняков льна. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №3 (72). – С. 215-220.
3. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Алибеков М.Б., Савоськина О.А. Экологизированное применение регуляторов роста, фунгицидов и гербицидов при возделывании льна. // Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. – С. 313-317.
4. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Злотников А.К., Злотников К.М. Препарат Альбит в системе защиты льна-долгунца. // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 34-35.
5. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the nonchernozem zone of the russian federation // International Simposium «Eath sciences: history, contemporary issues and prospects». – 2020. S.

012055. – DOI: 1088/1755-1315/579/1/012055.
6. Кудрявцев Н.А. Фитосанитарная стабилизация льноводства / Дис. докт. с.-х. наук (06.01.11). – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2007. – 497 с.
7. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К., Савоськина О.А. Перспективные средства защиты льна // Защита и карантин растений. – 2020. – №4. – С. 24-26.

УДК 631. 58.631,48:581:5

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ВНЕСЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Лазарев В.И.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
Россия, Курск, Карла Маркса, 70 б,
E-mail: *vla190353@yandex.ru*

Резюме. *Представлены результаты исследований эффективности использования удобрений, содержащих серу при возделывании ярового ячменя на черноземе типичном и темно-серой лесной почве. Установлено, что на черноземе типичном со средним уровнем обеспеченности почвы серой (6,7 мг/кг) эффективность серосодержащего удобрения марки NPKS-(15-15-15-10) была практически равна эффективности минерального удобрения без серы (NPK-(15-15-15). Влияние серы, находящейся в комплексном минеральном удобрении было минимальным – прибавка урожая ярового ячменя составила 0,3 ц/га ($НСР_{05}$–1,1 ц/га). На темно-серой лесной почве с низким уровнем обеспеченности серой (2,8 мг/кг) внесение серосодержащего удобрения марки NPKS-(15-15-15-10) повышало урожайность ярового ячменя на 10,9 ц/га, прибавка урожая от серы входящей в состав удобрения составила 2,5 ц/га ($НСР_{05}$ - 1,3 ц/га).*

***Ключевые слова*:** *чернозем типичный, темно-серая лесная почва, сера, яровой ячмень, минеральное удобрение с содержанием серы, урожайность, экономическая эффективность*

Summary. *The results of studies of the effectiveness of the use of fertilizers containing sulfur in the cultivation of spring barley on typical chernozem and dark gray forest soil are presented. It was found that on typical chernozem with an average level of sulfur content of the soil (6.7 mg/kg), the efficiency of sulfur-containing fertilizer NPKS-(15-15-15-10) was almost equal to the efficiency of mineral fertilizer without sulfur (NPK-(15-15-15). The effect of sulfur contained in the complex mineral fertilizer was minimal - the increase in the yield of spring barley was 0.3 c/ha (NSR_{05} -1.1 c/ha). On dark gray forest soil with a low level of availability of sulfur (2.8 mg/ kg), the introduction of sulfur-containing fertilizer NPKS-(15-15-15-10) increased the yield of spring barley by 10.9 c/ ha, the increase in yield from sulfur included in the fertilizer was 2.5 c/ ha (NSR_{05} - 1.3 c/ ha).*

Key words: *typical chernozem, dark gray forest soil, sulfur, spring barley, mineral fertilizer with sulfur content, yield, economic efficiency*

Важным элементом, входящим в состав белковых веществ растений, участвующим в окислительно-восстановительных процессах и в обмене веществ, является сера. Сера является одним из основных элементов минерального питания растений входящим в состав белковых веществ, незаменимых аминокислот, гормонов, витаминов, липидов и других важных для жизнедеятельности растений органических соединений, участвующим в окислительно-восстановительных процессах и в обмене веществ. Сера принимает участие в

белковом и углеводном обменах, процессах фотосинтеза и дыхания, активирует биосинтез хлорофиллов, жиров, фиксацию азота из атмосферы клубеньками бобовых растений [1, 2]. Недостаток серы в питании растений приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции [3]. Напротив, при достаточной обеспеченности серой активизируются рост и поглощающая способность корневой системы растений [4].

Агрохимический анализ почв Курской области показал, что они имеют низкую обеспеченность подвижными формами этого мезоэлемента. Наименее обеспечены серой серые лесные почвы всех подтипов, имеющие легкий гранулометрический состав и низкое содержание гумуса. По данным агрохимического обследования пахотные почвы хозяйств Курской области с низким содержанием подвижных форм серы составляют 96,5%, средним – 3,5%, высоким – 0,2% от обследованной пашни. В этих условиях получение высоких и стабильных урожаев основных сельскохозяйственных культур без внесения удобрений, содержащих серу, весьма проблематично [5]

В последние годы потребности сельскохозяйственных культур в сере уделяют большое внимание, поскольку во многих системах земледелия снизилось её поступление в почву. Применение серосодержащих удобрений становится актуальным в результате роста урожайности, повышения качества растениеводческой продукции, изменения структуры севооборотов, сокращения объемов внесения органических удобрений, а также снижения использования удобрений, содержащих серу [6].

В сельскохозяйственном производстве длительный период в качестве таких удобрений использовали сульфат кальция, (гипс) содержащий 19 % серы и 23 % кальция, простой суперфосфат, содержащий, помимо фосфора, 11 % серы и 22 % кальция, сульфат аммония – 24 % серы и 21 % азота, сульфат калия 16,5 % серы и 53 % калия, сульфат магния – 10% магния и 13 % серы [7, 8].

В настоящее время отечественной химической промышленностью освоен выпуск комплексных минеральных удобрений (марка NPKS-10-20-20-6), включающих в свой состав азот, фосфор, калий и серу, находящуюся в наиболее доступной для растений форме. Изучение эффективности использования таких удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Курской области является актуальной задачей.

Материалы и методика исследования. Исследования по определению эффективности комплексного минерального удобрения с серой марки NPKS (15-15-15-10) проводилось на двух типах почв: темно-серой лесной (ООО «Знаменское» Рыльского района, Курской области) и черноземе типичном (Курский НИИ агропромышленного производства) на посевах ярового ячменя в севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар, озимая пшеница (*TriticumaestivumL.*), соя (*Glycinemax*), яровой ячмень *(HordeumvulgareL. annua)*. Схема опыта включала в себя следующие варианты: 1. Контроль – без внесения удобрений; 2. NPK (15-15-15) в дозе N30P30K30 под предпосевную культивацию; 3. NPKS (15-15-15-10) в дозе N30P30K30S20 под предпосевную культивацию.

Повторность в опытах – трехкратная, размещение вариантов в опытах систематическое в один ярус. Площадь учетной делянки 100 м^2. Характеристика почв опытных участков представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв опытных участков

Показатели	Содержание	
	Чернозем типичный	Темно-серая лесная
Гумус, %	5,3	3,2
pH водной суспензии	5,4	5,0
Гидролизуемый азот, мг/кг	69,0	90,1
Подвижный фосфор, мг/кг	113,2	88,0
Обменный калий, мг/кг	145,0	81,0
Подвижная сера, мг/кг	6,7	2,8

Полевые работы на опытных участках проводились в лучшие агротехнические сроки и в основном теми же машинами и орудиями, которые используются в производственных условиях. Сорт ярового ячменя Суздалец. Норма посева – 4,5 млн. всхожих зерен на гектар. Способ посева – рядовой, глубина заделки семян – 4-5 см. Уборку и учет урожая ярового ячменя проводили самоходным комбайном «Сампо-500» прямым комбайнированием. Пересчет урожая проводился на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность зерна. Структура урожая определялась по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, В образцах зерна ярового ячменя определяли содержание белка и крахмала на приборе – анализатор зерна «Infratec^{TM}1241»; крупность зерна (ГОСТ-10846-76), натура зерна (ГОСТ-10840-76). Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

Результаты и обсуждение. Результаты проводимых исследований показали, что внесение минеральных удобрений, содержащих серу, оказывало положительное влияние на питательный режим как чернозема типичного, так и темно-серой лесной почвы. В пахотном слое чернозема типичного содержание нитратного в период появления всходов ярового ячменя в вариантах с внесением (NPKS (15-15-15-10) составило 17,9 мг/кг, в вариантах с внесением NPK (15-15-15) – 17,0 мг/кг при содержании нитратного азота в варианте без внесения удобрений, равном 12,5 мг/кг. В пахотном слое темно-серой лесной почвы запасы нитратного азота перед посевом ярового ячменя составили 16,8 и 15,6 мг/кг, в контрольном варианте – 11,7 мг/кг, соответственно. В фазе колошения ярового ячменя запасы нитратного азота повышались в пахотном слое чернозема типичного до 26,6-25,3 мг/кг, темно-серой лесной почве – до 22,6-22,1 мг/кг.

Ко времени уборки ярового ячменя запасы нитратного азота в вариантах с внесением NPKS (15-15-15-10) и NPK (15-15-15) были минимальными и составили: в пахотном слое чернозема типичного 14,1-13,2 мг/кг и 12,5-11,7 мг/кг в пахотном слое темно-серой лесной почвы.

Внесение различных видов минеральных удобрений как на черноземе типичном, так и на темно-серой лесной почве, способствовало лучшему росту и развитию растений ярового ячменя, образованию более мощной вегетативной массы и корневой системы, в сравнении с контрольным вариантом.

Анализ урожайных данных, полученных в опытах, свидетельствует о том, что эффективность удобрений, содержащих серу при возделывании ярового ячменя на различных типах почв, была различной и зависела от содержания серы в почве. На черноземе типичном со средним уровнем обеспеченности почвы серой (6,7 мг/кг) эффективность комплексного минерального удобрения марки NPKS (15-15-15-10) была практически равна эффективности комплексного минерального удобрения без серы NPK (15-15-15). Так, внесение серосодержащих удобрений марки NPKS (15-15-15-10) в дозе $N_{32}P_{32}K_{32}S_{20}$ на черноземе типичном повышало урожайность ярового ячменя 7,5 ц/га или 23,1%, а минерального удобрения без серы NPK (15-15-15) в дозе $N_{32}P_{32}K_{32}$ – на 7,2 ц/га или 22,1%. Влияние серы, находящейся в комплексном минеральном удобрении NPKS (15-15-15-10) было минимальным- прибавка урожая составила 0,3 ц/га.

Отзывчивость ярового ячменя на внесение серосодержащего удобрения марки NPKS (15-15-15-10) при возделывании его на темно-серой лесной почве с низким уровнем обеспеченности серой (2,8 мг/кг) была значительно выше. Прибавка урожая ярового ячменя от серы, находящейся в комплексном минеральном удобрении NPKS (15-15-15-10) составила 2,5 ц/га. (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от применения различных видов удобрений, 2020-2022 гг.

Варианты опвта	Урожайность, ц/га	Крупность зерна, %	Содержание, %	
			белок	крахмал
Чернозем типичный				
1.Контроль	32,5	95,1	12,0	43,1
2.NPK N30P30K30 под предпосевную культивацию	39,7	95,8	12,6	43,4
3.NPKS N30P30K30 S20 под предпосевную культивацию	40,3	96,7	12,8	45,4
$НСР_{05}$	1,1	0,9	0,4	0,8
Темно-серая лесная				
1.Контроль	30,4	94,3	11,6	43,8
2.NPK N30P30K30 под предпосевную культивацию	38,1	94,7	11,9	44,4
3.NPKS N30P30K30 S20 под предпосевную культивацию	40,6	95,8	12,1	44,9
$НСР_{05}$	1,3	0,8	0,2	0,5

При расчете экономической эффективности использования минеральных удобрений на посевах ярового ячменя за основу были приняты следующие показатели: стоимость удобрений: NPK(15-15-15) – 20796 руб./т; NPKS (15-15-15-10) –20500 руб./т, урожайность ярового ячменя в контрольном варианте и

по вариантам опытов – фактическая, полученная методом взвешивания, закупочная цена 1-й тонны зерна ярового ячменя – 10000 руб.

Установлено, что экономическая эффективность использования комплексных минеральных удобрений марки (NPKS-15-15-15-10) зависела от содержания серы в почве: на черноземе типичном она была ниже, чем на темно-серой лесной почве. Так, внесение комплексных минеральных удобрений с серой под предпосевную культивацию ярового ячменя на черноземе типичном обеспечивало получение 13191 руб./га чистого дохода, при себестоимости 1 ц зерна, раной 672,68 руб. и уровне рентабельности 48,6 %.

На темно-серой лесной почве величина условно чистого дохода составила 13491 руб./га, себестоимость 1 ц зерна – 667,71 руб. и уровень рентабельности – 49,8 % (табл. 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения серосодержащих удобрений на различных типах почв при возделывании ярового ячменя

Варианты	Урожай, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб.	Прибавка урожая, ц/га	Затраты на 1 га, руб.,	Себестоимость, руб./ц	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности,%
Чернозем типичный							
1.Контроль	32,5	32500		22609	695,66	9891	43,7
2.NPK N30P30K30	39,7	39700	7,2	27168	684,33	12532	46,1
3.NPKS N30P30K30 S20	40,3	40300	7,8	27109	672,68	13191	48,6
Темно-серая лесная							
1.Контроль	30,4	30400	-	22609	743,72	7791	34,4
2.NPK N32P32K32	38,1	38100	7,7	27168	713,07	10932	40,2
3.NPKS N30P30K30 S20	40,6	40600	10,2	27109	667,71	13491	49,8

Выводы. Таким образом, результаты проведенных испытаний показали, что на черноземе типичном со средним уровнем обеспеченности почвы серой (6,7 мг/кг) эффективность серосодержащего удобрения марки NPKS (15-15-15-10) была практически равна эффективности комплексного минерального удобрения без серы NPK (15-15-15). В условиях темно-серых лесных почв с низким уровнем обеспеченности серой (2,8 мг/кг) эффективность удобрения, содержащего серу марки NPKS (15-15-15-10) была выше эффективности комплексного минерального удобрения без серы NPK (15-15-15).

Библиографический список

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. – М. 2000. – 524 с.

2. Миккельсен Р. Нортон Р. Сера в почвах и серосодержащие удобрения // Питание растений. – 2014. – №3. – С. 1-9.

3. Лукин С.М., Жуйков Д.В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях // Земледелие. – 2019. – №2. – С. 10-12.

4. Гребенникова Т.В., Аканова Н.П., Визирская М.М. Эффективность серосодержащих удобрений в сочетании с КАС-32 в формировании продуктивности различных

сельскохозяйственных культур // Плодородие. – 2023.– №2.–С. 37-43.
5. Лазарев В.И., Чевычелов А.Б. Эффективность комплексных удобрений, содержащих серу, на черноземных и серых лесных почвах Курской области при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. – 2016. – №5.– С. 29-32.
6. Шеуджен А.Х. Слюсарев В.Н., Бондарева Т.Н. Влияние длительного применения удобрений на содержание серы и трансформацию ее соединений на черноземе выщелоченном // Тр. Кубанского ГАУ. –2015.– №53.– С. 173-177.
7. Аристархов А.Н. Сера в агросистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Международный сельскохо-зяйственный журнал. – 2016. – № 5. – С. 39-47.
8. Тишков Н. М., Дряхлое А.А., Слюсарев ВН. Применение серосодержащих удобрений под масличные культуры на чернозёмах выщелоченных/Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИ масличных культур. – 2014. – № 2. – С. 124-130.

УДК 633.11" 321":631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ ФГБНУ «КУРСКИЙ ФАНЦ» СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ФРАНЦ

Логвинова Е.В., Емельянова А.А.
ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *e.logv1nova@yandex.ru, emeiyanova.a87@mail.ru*

Резюме. *В статье приведены результаты исследований за 2021-2022гг. линий яровой тритикале. Объектом исследований являлись линии совместной селекции ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр» с ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» по продуктивности, экологической пластичности, устойчивости к климатическим условиям, способных формировать высокую урожайность в условиях Курской области. Исследования проводились на базе лаборатории экологической селекции ФГБНУ «Курский ФАНЦ». На проведение исследований значительную роль оказали метеорологические условия, что позволило выделить линии с высоким уровнем адаптивности. Указана оценка перспективных линий по продуктивности и структуре урожая, а также комплексу хозяйственно ценных признаков, для практического использования в селекционных программах. Урожай линия яровой тритикале варьировал от 39,7 до 47,0 ц/га, у стандартного сорта Укро – 40,7ц/га.*

Ключевые слова: *селекция, линия, яровое тритикале, продуктивность, адаптивность, устойчивость, урожай.*

Яровое тритикале – относительно новое злаковое культурное растение, представляющая интерес для кормопроизводства [1]. Высокая кормовая ценность зерна тритикале обеспечивает среди всех зерновых культур самый высокий показатель эффективности использования корма. Поэтому зерно этой культуры в основном используется в качестве хорошего компонента для приготовления комбикормов. А также зерно яровой тритикале может использоваться для производства муки и выпечки кондитерских изделий, производства крахмала [2]. Биологические особенности яровой тритикале позволяют использовать его в районах, проблемных для возделывания озимых культур [3]. Высокая стрессовыносливость линий характеризует получение кормов в различных погодных аномалиях, когда погодные условия варьируют по годам [3, 4].

Цель исследований – оценка линий яровой тритикале по параметрам экологической стабильности и адаптивности к почвенно-климатическим условиям определенной зоны.

Условия, материал и методы исследования. В лаборатории экологической селекции ФГБНУ «Курский ФАНЦ» исследования провод в полевых опытах по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и методике ВИР, с использованием статистических методов «Методика полевого опыта» Б.А. Доспехова [5].

Посев культур проводился на делянках площадью 10 м^2, повторность шестикратная. Норма высева 5млн. всхожих зерен на 1га. Расположение делянок рендомизированное. Способ посева сплошной рядовой, сеялкой СКС-6-10 с междурядьями 15см.

На опытах вели фенологические наблюдения по фазам: всходы, кущение, колошение, молочная спелость, восковая спелость, полная спелость. Проводился учет густоты стояния растений по всходам и перед уборкой, учет поражения болезнями: мучнистой росой, бурой ржавчиной. Оценивали на устойчивость к полеганию (балл), состояние посевов по всходам и перед уборкой, выравненности стеблестоя, выполненности зерна, продуктивности колоса.

После уборки селекционных делянок в лабораторных условиях анализировались растения по элементам структуры урожая, определялись выполненность и выравненность зерна.

Объектом исследований, для научно-теоретических и практических исследований являлись линии тритикале яровой, стандартный сорт – Укро.

Посевы размещали на полях специального селекционного севооборота. Предшественник – черный пар. Почва опытного участка - чернозем типичный, мощный, тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое гумуса (по Тюрину) 5.4%, щелочногидролизуемого азота (по Корнфилду) 171мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) 224 мг/кг, подвижного калия (по Чирикову) 99 мг/кг. Реакция почвенной среды слабокислая (pH – 5,3).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ MicrosoftExcel, Statistica.

Несмотря на высокие адаптивные свойства яровой тритикале, метеорологические условия оказывают существенное влияние на общую урожайность зерна. А применяемые приемы агротехники, влияют на урожайность отдельно взятого года [3].

По количеству осадков район исследований относится к зоне умеренного увлажнения, среднегодовое количество осадков, зафиксированное Петринской метеостанцией, составляет 545мм. В 2021 г. агрометусловия для роста и развития растений преобладали благоприятные. Влагообеспеченность в пахотном слое почвы сохранялась хорошая. В период закладки генеративных органов налива зерна хорошая влагообеспеченность способствовала формированию колоса.

Апрель и май 2022 года по температурным условиям были близки к среднемноголетним, а по условиям увлажнения превысили многолетние показания соответственно на 161,1 % и 69,2 %. В июне формирование и налив зерна

происходил в условиях повышенного температурного режима и недостаточного количества осадков. Месячное количество осадков составило 10,0 мм, при среднемесячной температуре 20,0 °С. В июле погода была близка к среднемноголетним данным и составила 19,7 °С., а количество осадков – 68,5 мм. В целом вегетационный сезон 2022 гг. характеризовался как слабозасушливый [6].

Результаты и обсуждение. Хозяйственная ценность любого сорта и его пригодность для возделывания в конкретной экологической зоне во многом определяется его биологическими особенностями, в частности ритмом и темпом роста и развития растений в основные фенологические фазы и длинной вегетационного периода в целом [7]. В наших условиях вегетационный период линий яровой тритикале составил 89 дней. У стандартного сорта Укро – 89 дней (табл.1). Одним из приоритетных показателей, обуславливающих целесообразность культивирования того или иного сорта, является урожайность, которая зависит от взаимодействия и функционирования множества морфологических, биохимических, физических и генетических систем. Урожайность линий варьировала от 39,7 – до 49,7 ц/га. Урожайность стандартного сорта Укро в годы исследований в среднем составила 40,7 ц/га. Самая наименьшая урожайность была у линии 56/24/21 – 39,7 ц/га, самая высокая урожайность у линии5710/19 – 49,7 ц/га.

Таблица 1 – Характеристика линий яровой тритикале

№/пп	Линия, сорт	Вегетационный период, дней	Урожайность, ц/га	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г
1	Укро, ст.	89	40,7	7,0	120,0	2,6	46,8
2	5723/17	89	44,1	5,5	130,0	2,7	34,4
3	5740/17	89	42,0	4,5	120,0	2,2	35,5
4	5744/17	89	47,0	6,0	125,0	2,4	36,3
5	5779/17	89	43,7	6,0	130,0	2,3	39,1
6	5893/17	89	42,0	6,0	130,0	4,1	27.7
7	5710/19	89	49,7	6,5	130,0	2,0	36,4
8	5718/19	89	44,4	6,0	120,0	2,2	36,8
9	5614/21	89	46,3	5,5	112,5	2,5	34,8
10	5623/21	89	41,2	6,0	127,5	2,3	39,8
11	5624/21	89	39,7	6,0	120,0	2,4	38,8
12	5630/21	89	44,9	6,0	130,0	2,4	44,3
13	5649/21	89	41,4	6,0	130,0	2,8	37,6
14	5650/21	89	43,0	6,0	125,0	3,2	38,2
15	5653/21	89	46,2	6,0	120,0	3,3	32,2
16	5658/21	89	44,2	6,0	112,5	2,8	33,1
	НСР	-	1,3	-	-	-	1,5

Линии ярового тритикале были представлены среднерослыми и высокорослыми формами. В агроэкологических условиях региона максимальная высота растений была отмечена у линий: 5723/17, 5779/17, 5893/17, 5710/19, 5630/21, 5649/21 – 130 см, минимальная у 5614/21, 5658/21 – 112,5см, у

стандарта Укро – 120 см. Устойчивость к полеганию линий составило от 4,5 до 7 баллов, у стандарта – 7,0 баллов. Продуктивная кустистость варьировала от 2,0 до 4,1. Высокая продуктивная кустистость была у линии 5893/17 (4,1), самая наименьшая у линии 5710/19 (2,0), у стандарта Укро – 2,6. Крупность зерна, выраженная через массу 1000 зерен, представляет собой интегральный признак, определяющий потенциальную продуктивность, жизнеспособность и другие показатели качества семян [7]. Изменчивость массы 1000 зерен у линий яровой тритикале происходит под влиянием погодных условий региона. Максимальная масса 1000 зерен была у стандарта Укро – 46,8 г, высокая масса была у линии 5630/21 – 44,3 г, самая низкая у линии 5893/17 – 27,7 г.

В период проведения исследований такие болезни как мучнистая роса и бурая ржавчина на растениях яровой тритикале не выявлены.

Длина главного колоса у изучаемых линий яровой тритикале варьировала от 8,0 см у линий 5740/17, 5744/17, 5779/17 до 11,0см у линии 5624/21. В опыте преобладали генотипы со средней длиной колоса (9,0 – 10,0 см). Озерненность яровой тритикале варьировала в пределах от 38 до 68 зерен, у стандарта Укро – 36 зерен. За период исследования значительная часть линий яровой тритикале (90 %) превышалась по числу зерен в главном колосе стандартный сорт. Максимальное число зерен в колосе (более 50 штук) сформировали линии 5710/19, 5650/21, 5624/21, 5653/21. Важнейшим признаком продуктивности колоса является вес зерна с главного колоса, который сильно зависит от погодных условий вегетации. Наиболее продуктивный колос был сформирован у линий 5630/21, 5624/21 более (2 г). У остальных линий крупность зерна с главного колоса составило от 1,5 до 2,0 г.

Выводы. Таким образом, в результате проведения экологического изучения за период 2021-2022 гг. в лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ «Курский ФАНЦ» линии яровой тритикале селекции ФГБНУ «ФРАНЦ» продемонстрировали адаптивность и пластичность в Курской области. Выделен исходный материал по основным хозяйственным признакам для дальнейшей селекционной работы по созданию сортов тритикале, приспособленных к почвенно-климатическим условиям региона.

Библиографический список

1. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П. Оценка коллекционного и селекционного материала яровой тритикале в Национальном центре зерна им. П.П. Лукьяненко //Тритикале. Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки» - Ростов-на-Дону, 2018. - С. 66-71.
2. Грабовец, А.И. Тритикале / А.И. Грабовец, А.В. Крохмаль. – Ростов- на Дону: ООО «Издательство «Юг», 2018.-440 с.
3. Скатова С.Е. Яровое тритикале в Нечерноземной зоне / С.Е Скатова, А.М. Тысленко // Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале. Коллективная монография.- Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, Иваново: ПрессСто, 2017.295 с.
4. Дериглазова Г.М. Оценка стабильности урожайности ярового ячменя в условиях ЦЧР// «Зерновое Хозяйство России» 2023. Т. 15. №3. С. 87-92.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985.-351
6. Дериглазова Г.М., Боева Н.Н. Динамика погодных условий Курской области за

последние 50 лет// Вестник КГСХА. 2020. №7. С. 15-21.
7. Зенкина К.В., Асеева Т.А. Исходный материал для селекции тритикале на Дальнем Востоке//Тритикале. Материалы заседания секции тритикале ОСХ РАН он-лайн «Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья» - Ростов – на – Дону, 2021 - С.142-150.

УДК 574.24

О СОВМЕСТИМОСТИ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA SOROKINIANA С МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ

Лукьянов В.А.[1], Гайсина Л.А.[2], Неведров Н.П.[3], Снарская Д.Д.[4]
[1]ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
[2]ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы», г. Уфа
[3]Курский государственный университет, г. Курск
[4]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
E-mail: *lukyanov27@mail.ru*

Резюме. *Изучение симбиотических отношений разных видов микроорганизмов с целью утилизации отходов сельского хозяйства имеет высокую экологическую актуальность. В работе представлены результаты исследований, показывающие возможность увеличения продуктивности микроводоросли Chlorella sorokiniana с помощью консорциума симбионтных почвенных микроорганизмов.*
Ключевые слова: *микроводоросли, хлорелла, почвенные бактерии и грибы, куриный помёт, сточные воды, переработка отходов, симбиоз.*
Summary. *The study of symbiotic relationships of different types of microorganisms for the purpose of recycling agricultural waste has a high ecological relevance. The paper presents the results of studies showing the possibility of increasing the productivity of microalgae Chlorella sorokiniana with the help of a consortium of symbiotic soil microorganisms.*
Key words: *microalgae, chlorella, soil bacteria and fungi, chicken manure, sewage, waste recycling, symbiosis.*

Введение. Микроорганизмы являются неотъемлемой частью сложных экосистем с множеством уровней взаимодействия и взаимозависимости. Hays S.G. и др. (2015) в своей работе [1] подчеркивает, что в макроскопических экосистемах различные виды симбиоза уже изучены в достаточной степени, но, а что касается микробных сообществ, наши знания остаются относительно ограниченными. В последнее время интересным направлением в фундаментальной биотехнологии, в том числе и агробиотехнологиях, стали исследования консорциумов микроорганизмов, т.к. многовидовые системы более надежны и обладают более широкими возможностями. Однако, в биотехнологических производственных процессах, в основном культивируют монокультуры микроорганизмов из-за простоты контроля их фаз развития [2].

При идентификации микроводорослей или цианобактерий, очень часто учёные замечают наличие посторонних видов, а также бактерий и грибов. Это широко распространённая форма взаимовыгодного сожительства, когда присутствие партнёра становится обязательным условием существования каждого из них, что приводит к их массовому развитию на том или ином субстрате. Симбиотический подход, в котором полезные свойства многовидовых

сообществ приводят к увеличению продуктивности микрокультур представляет большой интерес для разработки продуктивных консорциумов в различных направлениях прикладной биотехнологии [3, 4].

Микроводоросли обладают высокими темпами роста по сравнению с другими фотосинтезирующими растениями и микроорганизмами, но и в этом случае, оптимизация условий культивирования считается важным вопросом. Производство их биомассы для использования в растениеводстве наиболее экономически эффективно на отходах сельского хозяйства, которые имеют подходящий состав элементов питания для полноценного развития [5]. В ранее проведённых исследованиях [6], было установлено, что питательные среды, приготовленные на органических отходах, имеют высокую эффективность, а присутствие дополнительных симбионтных бактерий оказывает положительное влияние на продуктивность микроводоросли рода *Chlorella*. Установлена способность различных микроводорослей использовать отходы животноводства в качестве источника питательных веществ, что позволяет утилизировать сточные воды промышленных предприятий, которые накапливаются в огромных количествах и наносят вред экосистемам [7-9]. Отдельно стоит отметить неуклонный рост исследований и разработок в области производства микроводорослей для аквакультуры. Производство биомассы микроводорослей на отходах сельского хозяйства имеет высокий потенциал, который связан не только с решением ряда экологическим проблем, но и получением коммерческого эффекта [10, 11]. Результаты многих исследований, а также перечень продукции некоторых компаний-производителей позволяют нам судить о востребованности и эффективности такой продукции, т.к. мировой рынок органических и микробиологических удобрений имеет высокие годовые темпы роста [12].

Цель исследований – изучение параметров роста микроводоросли *Chlorella sorokiniana* при культивировании с почвенными микробиологическими удобрениями.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2023 г. в ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Объектом исследования являлась культура микроводоросли *Chlorella sorokiniana* (IPPAS C-1) из коллекции Института физиологии растений РАН. В качестве фотобиореакторов закрытого типа были использованы ПЭТ ёмкости объёмом 0,5 л, повторность трёхкратная. Освещенность составляла 10 кЛк при слое 7 см. Углекислый газ не использовали. Температуру культивирования поддерживали на уровне 27 ± 1 °С. Цикл культивирования составлял 7 суток.

В качестве питательной среды использовали искусственно приготовленные концентрированные сточные воды на основе куриного помёта. Для изучения развития и продуктивности *Ch. sorokiniana* в исследованиях были использованы микробиологические удобрения «Экостерн» и «Геостим» на основе почвенных бактерий и грибов в дозе 1 мл/л.

«Экостерн» – удобрение для деструкции стерни разных с/х культур, оздоровления почвы и предотвращения её деградации на основе бактерий *Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, Enterococcus* и грибов *Trichoderma*, общее

количество жизнеспособных клеток $2,5\times10^9$ КОЕ/см^3 (производитель ГК БТУ-Центр, Украина).

«Геостим» – удобрение для активизации разложения органических соединений в почве на основе бактерий *Azomonas* 1×10^9 КОЕ/см^3, *Azotobacter* 1×10^9 КОЕ/см^3 и грибов *Trichoderma* $1x10^4$ КОЕ/см^3 (производитель ООО «Биотехагро», Россия)

Схема опыта включала два варианта: 1) микроводоросль *Ch. sorokiniana* (контроль); 2) микроводоросль *Ch. sorokiniana* + МУ «Экостерн»; 3) микроводоросль *Ch. sorokiniana* + МУ «Геостим». Продуктивность *Chlorella sorokiniana* оценивали путём подсчёта клеток в камере Горяева по ГОСТ Р 54496-2011 (ISO 8692:2004).

Результаты и обсуждение. Анализ данных по развитию *Ch. sorokiniana* на органической питательной среде показал, что микроводоросль имеет высокие темпы роста и содержание элементов питания в культуральной среде не приводят к стрессу. После подготовки сырья и начала культивирования, pH суспензии составил 7,37 ед. (рисунок 1). По истечению 7 суток, на фоне отсутствия подкисляющего фактора в среде, в контрольном варианте водородный показатель увеличился до 9,12. Применение удобрения «Экостерн» способствовало увеличению этого показателя до 9,05, удобрения «Геостим» до –9,40. Увеличение pH при культивировании микроводорослей обычно говорит об их интенсивном развитии на имеющемся субстрате, который в производственных условиях при необходимости могут снижать, что даёт дополнительную прибавку в продуктивности.

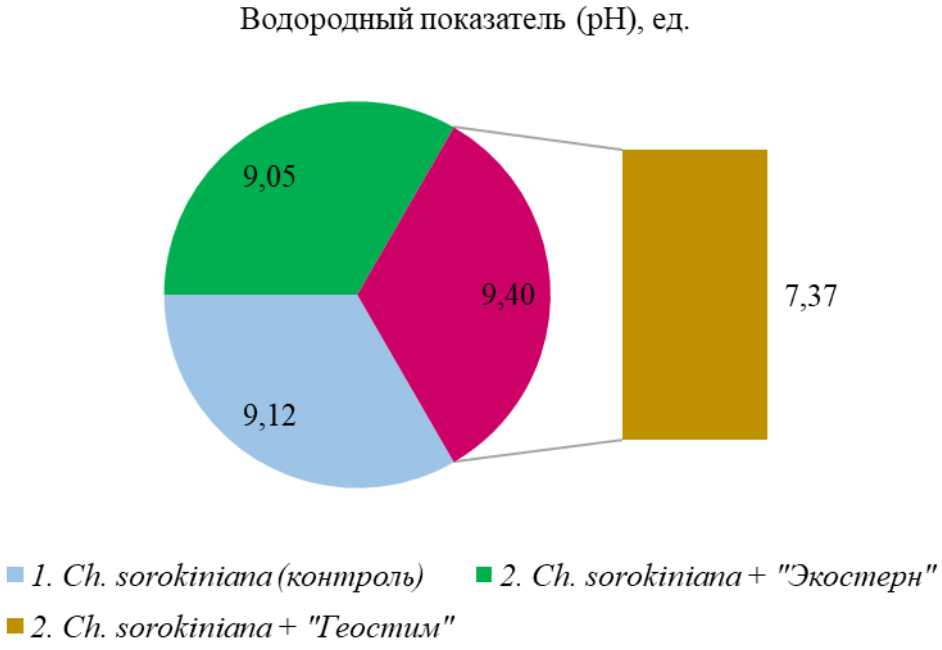


Рисунок 1 – Изменение pH культуральной среды в начале и конце цикла культивирования

При оценке влияния консорциумов микроорганизмов на деление клеток микроводоросли было установлено, что они не угнетали *Ch. sorokiniana*, а наоборот, лишь способствовали её росту (рис. 2). В контрольном варианте

численность клеток на 7-е сутки составила 120 млн/мл. С МУ «Экостерн» на основе на основе *Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, Enterococcus, Trichoderma* продуктивность *Ch. sorokiniana* увеличилась на 113 млн клеток. Второе удобрение «Геостим» на основе *Azomonas, Azotobacter, Trichoderma* также положительно повлияло на численность клеток микроводоросли (увеличение продуктивности до 188 млн/мл). Полученный эффект был обусловлен симбиотическим (синергетическим) эффектом изучаемых микроорганизмов, которые хорошо развиваются на органической питательной среде в аэробных условиях, создаваемых *Ch. sorokiniana*. Судя по продуктивности микроводоросли, количество CO_2 было достаточным для получения высокой плотности культуры, однако, его количество не позволило снизить pH.

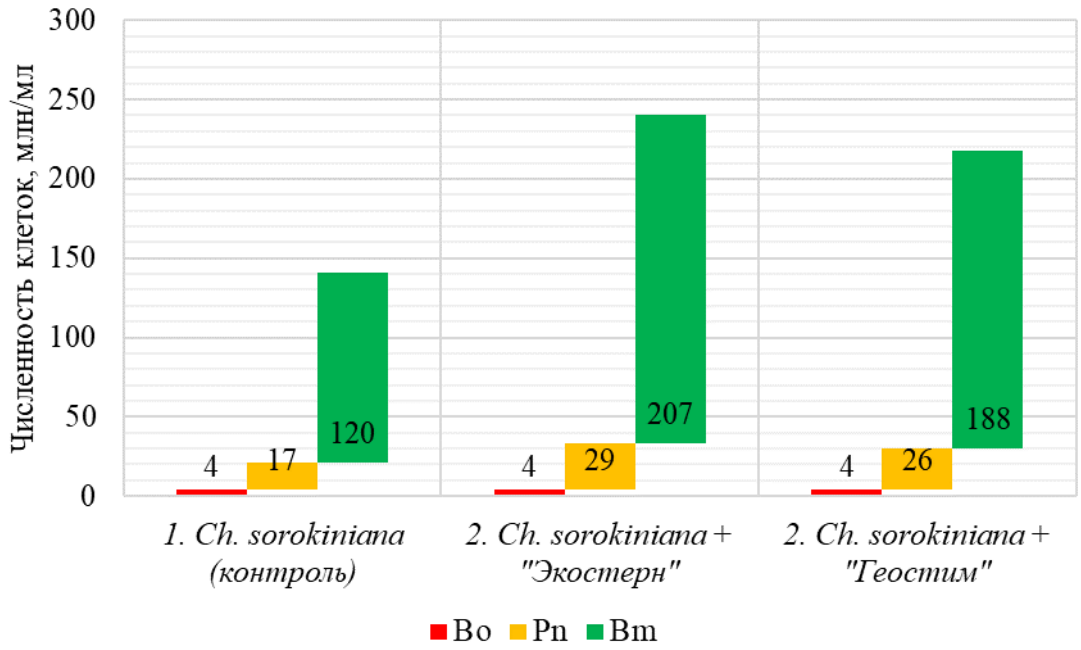


Рисунок 2 – Численность клеток микроводоросли *Ch. sorokiniana* в исследуемых вариантах эксперимента
(B_0 – начальная численность клеток в фотобиореакторе; P_n – скорость увеличения численности клеток; B_m – конечная численность клеток)

В контрольном варианте скорость увеличения численности клеток микроводоросли составила 17 млн кл./мл в сутки, с использованием «Экостерн» и «Геостим» отмечена тенденция ускоренного деления клеток микроводоросли, которая составила 29 и 26 млн кл./мл в сутки, соответственно.

Приготовленная питательная среда на основе куриного помёта в исходном состоянии перед началом культивирования имела неприятный запах отходов, но после развития *Ch. sorokiniana* с консорциумами микроорганизмов, запах был практически нейтральным. Без применения микробиологических удобрений запах был более резкий.

Заключение. Микроводоросли *Ch. sorokiniana* может иметь различные группы симбионтных видов микроорганизмов. Применение микробиологических удобрений «Экостерн» и «Геостим» при интенсивном культивировании

микроводоросли показало хороший стимулирующий эффект, который был оценён путём подсчёта численности её клеток. Полученные результаты позволяют судить о положительном влиянии *Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, Enterococcus, Azomonas, Trichoderma* на развитие *Ch. sorokiniana*, однако, в будущем требуется определить численность клеток каждого вида микроорганизмов, чтобы оценить вклад каждого вида в симбиотические отношения. Данный подход может быть использован в направлении производства удобрений на основе альгомикобактериального консорциума.

Библиографический список

1. Hays S., Patrick W., Ziesack M., Oxman N., Silver P. Better together: engineering and application of microbial symbioses // Current Opinion in Biotechnology. – 2015. – Vol. – 36. P. 40–49. – DOI: 10.1016/j.copbio.2015.08.008.
2. Brenner K, You L, Arnold FH (2008) Engineering microbial consortia: a new frontier in synthetic biology // Trends Biotechnol. – 2008. – Vol. 26. – P. 483–489. – DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.05.004.
3. Khan M.I., Shin J.H., Kim J.D. The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products // Microbial Cell Factories. – 2018. – Vol.17. – P. 36. – DOI: 10.1186/s12934-018-0879-x.
4. Ziganshina, E.E. Bulynina S.S., Ziganshin A.M. Comparison of the photoautotrophic growth regimens of chlorella sorokiniana in a photobioreactor for enhanced biomass productivity // Biology. – 2020. – Vol. 9. No. 7. – P. 1–12. – DOI 10.3390/biology9070169.
5. Kim S., Park J.E., Cho Y.B., Hwang S.J. Growth rate, organic carbon and nutrient removal rates of Chlorella sorokiniana in autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions // Bioresource Technology. – 2013. – Vol. 144. – P. 8–13. – DOI: 10.1016/j.biortech.2013.06.068.
6. Лукьянов В.А., Наумов Н.М., Горбунова С.Ю., Щемелинина Т.Н. Оценка продуктивности микроводоросли Chlorella sorokiniana на сточных водах в консорциуме с бактериями Bacillus // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны. Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной 100-летию КубГАУ. Краснодар, 2022. – С. 124–127.
7. Minty J.J., Singer M.E., Scholz S.A., Bae C., Ahn J., Foster C., Liao J., Lin X. Design and characterization of synthetic fungal-bacterial consortia for direct production of isobutanol from cellulosic biomass // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 110. – P. 14592– 14597. – DOI: 10.1073/pnas.12184 47110.
8. Du Z-Y., Zienkiewicz K., Vande Pol N et al (2019) Algal-fungal symbiosis leads to photosynthetic mycelium // Elife. – 2019. – Vol. 8. – P. 1–22. – DOI: 10.7554/elife .47815.
9. Zhang B., Li W., Guo Y, Zhang Z., Shi W., Cui F., Lens P., Hwa Tay J. Microalgal-bacterial consortia: from interspecies interactions to biotechnological applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol. 118. – P. 109563. – DOI: 10.1016/j.rser.2019.109563.
10. Попов В. Н., Корнеева О. С., Искусных О. Ю., Искусных А. Ю. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т. 82. – № 1. –С. 194–200.
11. Tan H.L., Lam M.K., Cheng W.Yo., Lim W.J., Tan I.S., Foo H., Show P. Heterotrophic and Mixotrophic Cultivation of Chlorella vulgaris using Chicken Waste Compost as Nutrients Source for Lipid Production // IOP Conference: Series Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 721. – No. 1. – P. 012011. – DOI: 10.1088/1755-1315/721/1/012011.
12. Biofertilizers Market by Microorganism Type // Meticulous Market Research Inc. – 2023. – URL: https://www.meticulousresearch.com/product/biofertilizers-market-5409 (дата обращения: 07.08.2023).

УДК 635.64:631.554

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Мазницына Л.В., Торговин В.В.
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь
E-mail: *lyubov_m@inbox.ru*

Резюме. *В статье приведены результаты исследований по влиянию биопрепаратов на продуктивность гибридов томата. Проанализированы данные по распространенности и развитию основных болезней томата в опыте, степени завязываемости плодов, их средней массе и урожайности. Наибольшая эффективность среди изучаемых биопрепаратов при учете плодов томата была получена в результате обработки растений Псевдобактерин-3.*

Summary. *The article presents the results of research on the effect of biological products on the productivity of tomato hybrids. The data on the prevalence and development of the main tomato diseases in the experiment, the degree of fruit formation, their average weight and yield are analyzed. The greatest efficiency among the studied biological preparations when taking into account tomato fruits was obtained as a result of processing plants with Pseudobacterin-3.*

Томат является одной из ведущих овощных культур в защищенном грунте. Интенсивное выращивание культуры в условиях защищенного грунта предусматривает поддержание необходимых параметров микроклимата, что создает благоприятные условия для растений и для развития болезней. Защита растений от вредных объектов - одно из важнейших мероприятий в агротехнике культур в защищенном грунте.

При угрозе возникновения в теплице болезней следует соблюдать поддержание благоприятных условий микроклимата для роста и развития растений и применять средства защиты растений от патогенов, среди которых эффективно использование биопрепаратов.

Цель исследований – изучение эффективности применения биопрепаратов в технологии выращивания тепличного томата в условиях продленного оборота.

Исследования были проведены в продленные обороты томата (2019-2021 гг.) в зимней остекленной теплице шестой световой зоны. Томат выращивали на минеральной вате, в течение оборота применяли систему дополнительного досвечивания. Посев томата проводили в июле, последний сбор в июне следующего года.

Объектом исследований были растения томата Мерлис F1 и Максеза F1. Предмет исследований – применение биопрепаратов при выращивании гибридов томата. Биопрепараты: Алирин-Б, Псевдобактерин-3, Фитоспорин, Orgamica F. Опыт был двухфакторный: фактор А – гибрид томата, фактор В – биопрепарат. Внекорневые обработки растений биологическими препаратами в концентрации 0,2-0,5 % осуществляли в соответствии с общими рекомендациями для овощных культур три раза с интервалом 10-14 дней.

В задачи исследований входило определение эффективности применения

биопрепаратов в борьбе с основными болезнями и при формировании плодов томата.

В период выращивания томата основными болезнями были мучнистая роса, кладоспориоз и фитофтороз. Согласно методике исследований и экологическому подходу к системе «хозяин–паразит» в опыте была проведена оценка устойчивости растения томата к болезням в конкретных условиях тепличного хозяйства.

Параметры микроклимата, уровень минерального питания, водообеспеченность и многие другие факторы, оказывают влияние на изменчивость горизонтальной устойчивости растения, при этом вертикальная устойчивость в меньшей степени зависит от экологических условий. Данные факторы заставляют проводить широкую экологическую оценку большого числа гибридов томата в каждом отдельном хозяйстве, оценивая при этом фактическую урожайность и поражаемость болезнями, что позволяет подбирать гибриды для создания агроценозов, имеющих высокую общую приспособленность к основным абиотическим и биотическим факторам, лимитирующих величину урожая в данном регионе. В связи с разной устойчивостью гибридов к болезням в опыте был проведен анализ устойчивости двух гибридов томата к основным болезням.

Больше всего среди изучаемых болезней растения томата поражались мучнистой росой. Распространенность мучнистой росы на всех вариантах до обработок фунгицидами находилась у Мерлис F1 в пределах 10,3-10,6 %, Максеза F1 – 11,0-11,4 %. В результате применения биопрепаратов степень распространенности мучнистой росы снизилась относительно начальных показателей на 6,1-7,5 %, была меньше чем в контроле после обработок на 19,0-21,4 %. Наименьшая распространенность мучнистой росы была отмечена при применении Псевдобактерин-3 (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние биопрепаратов на пораженность растений томата болезнями после проведения обработок

Вариант	Кладоспориоз				Фитофтороз				Мучнистая роса			
	Мерлис F1		Максеза F1		Мерлис F1		Максеза F1		Мерлис F1		Максеза F1	
	R*	P	R	P	R*	P	R	P	R*	P	R*	P
Контроль	14,1	10,3	15,0	10,9	5,8	4,2	5,5	4,8	23,1	12,4	25,3	15,0
Алирин-Б	3,5	3,2	4,5	4,2	3,9	3,2	4,6	3,8	3,7	3,4	4,1	3,9
Псевдобактерин-3	3,0	2,7	4,1	3,8	3,1	2,5	4,1	3,2	3,2	3,0	3,9	3,6
Фитоспорин	3,2	2,9	4,3	4,0	3,4	3,0	4,5	3,5	3,9	3,6	4,5	4,3
Orgamica F	3,3	3,1	4,5	4,3	3,6	3,1	4,3	3,4	4,1	3,8	4,9	4,5

*R – степень распространенности болезни, P – степень развития болезни

При применении фунгицидов развитие мучнистой росы на растениях снизилось на 3,6-4,6 %. Наименьшее развитие болезни было получено при применении Псевдобактерин-3 – 3,0-3,6 %, что было на 4,0-5,0 % меньше, чем до обработок фунгицидом и на 0,3-0,4 % существенно ниже по отношению к обработке Алирин-Б. При применении Фитоспорин и Orgamica F развитие

мучнистой росы было существенно меньше чем в контроле на 8,6-10,7 %. Распространенность мучнистой росы на растениях томата была выше её развития на 0,2-0,4 %.

Второй по распространенности болезнью в опыте был кладоспориоз. Степень распространенности кладоспориоза в опыте до проведения обработок была в пределах 7,2-8,4 %, после обработок снизилась на 4,3-5,4 %. При применении биопрепаратов степень распространенности кладоспориоза оказалась меньше, чем в контрольном варианте на 10,5-11,1 %. Наименьшая степень распространенности кладоспориоза была получена при использовании Orgamica F, разница по сравнению с контролем была 0,9-1,2 %, относительно использования других биопрепаратов – 0,2-0,5 %.

Развитие кладоспориоза в опыте было меньше, чем его распространенность после обработок на 0,2-0,3 %. Минимальные значения развития кладоспориоза были при обработке растений Псевдобактерин-3: показатель был меньше чем в контроле на 10,9-11,1 %. В результате применения Фитоспорина, Алирин-Б и Orgamica F развитие кладоспориоза было меньше относительно контроля на 10,5-10,9 %.

Растения томата в опыте меньше всего были поражены фитофторозом, распространенность которого в зависимости от схемы опыта до обработок была в пределах 8,7-9,6 %, развитие болезни – 5,4-7,6 %. После обработки биопрепаратами распространенность фитофтороза была меньше, чем до обработки на 4,8-5,6 %, его развитие – на 2,2-4,4 %. При применении биопрепаратов распространенность фитофтороза была меньше относительно контроля на 0,9-2,7 %, его развитие – на 1,0-1,7 % с наименьшими значениями при использовании Orgamica F.

Применение биопрепаратов повышало устойчивость растений томата к болезням и снижало их степень распространённости и развития. Кроме фунгицидного действия биопрепараты имели ростостимулирующие и антистрессовые свойства, что отразилось в изменении формирования плодов томата.

Показатель степени завязываемости плодов томатов является важным фактором, оказывающим влияние на урожайность культуры, что особенно актуально в условиях защищенного грунта. При применении биопрепаратов степень завязываемости плодов изучаемых гибридов томата повышалась, разница относительно контроля была 5,4-8,2 %. Наибольшее значение степени завязываемости плодов было при применении Псевдобактерин-3: разница относительно контроля в среднем по опыту составила 7,6 %, по сравнению с использованием Фитоспорина, Алирина Б и Orgamica F была на уровне 0,7-2,0 %. При сравнении гибридов было отмечено, что степень завязываемости плодов томата Мерлис F1 была больше, чем у Максеза F1 на 0,5-1,8 % (таблица 2).

Изучаемые в опыте гибриды Мерлис F1 и Максеза F1 относятся к крупноплодным томатам. В результате обработки растений биопрепаратами Псевдобактерин-3 плоды томата были самые крупные в опыте – в среднем 174,5 г, разница относительно контроля и других биопрепаратов была 2,7-15,5 г. У томата Максеза F1 формировались более крупные плоды чем у Мерлис F1 на 3,9-7,7 г.

Таблица 2 – Влияние биопрепаратов на формирование плодов томата

Гибрид, А	Вариант, В	Степень завязываемости плодов, %	Средняя масса плода, г	Урожайность, кг/м^2
Мерлис F1	Контроль	89,2	154,5	71,1
	Алирин-Б	94,6	164,6	73,6
	Псевдобактерин-3	96,1	172,5	77,5
	Фитоспорин	95,2	169,4	75,1
	Orgamica F	95,7	167,3	74,3
Максеза F1	Контроль	87,4	163,5	65,5
	Алирин-Б	93,2	172,3	68,4
	Псевдобактерин-3	95,6	176,4	71,3
	Фитоспорин	95,1	174,1	69,5
	Orgamica F	94,7	173,7	69,0
$НСР_{05}$ (А)		0,4	5,7	1,7
$НСР_{05}$ (В)		0,2	3,1	0,9

Применение биопрепаратов стимулировало цветение томата, повышало стрессоустойчивость растений, в результате урожайность достоверно превышала значения контроля на 2,5-6,4 кг/м^2. Максимальная урожайность в опыте была получена при использовании Псевдобактерин-3 и была больше контроля и применения других биопрепаратов на 1,8-6,4 кг/м^2. Урожайность томата Мерлис F1 была больше, чем у Максеза F1 на 5,2-6,2 кг/м^2.

Таким образом, применение биопрепаратов в технологии выращивания тепличного томата снижало степень распространенности и развития основных болезней в опыте и стимулировало рост и развитие растений. При применении биопрепаратов увеличивалась степень завязываемости плодов томата относительно контроля – на 5,4-8,2 %, средняя масса плода – на 9,5-15,5 г, урожайность – на 3,3-6,1 кг/м^2. Наибольшие показатели при учете плодов были получены при использовании Псевдобактерина-3.

Библиографический список

1. Езаов, А. К. Эффективность применения биопрепаратов для улучшения качественных характеристик томата / А. К. Езаов, З. С. Шибзухов, А. М. Каскулова // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: матер. I междунар. науч.-практ. конфер., Макеевка, 26 апреля 2018 г. Том II. – Макеевка: ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия», 2018. – С. 55-58.

2. Маслова, М. В. Эффективность биопрепаратов Алирин-Б и Ризоплан против альтернариоза томата / М. В. Маслова, Е. В. Грошева // Защита и карантин растений. – 2021. – № 2. – С. 26-27.

3. Новак, К. Н. Эффективность применения биопрепаратов в технологии выращивания томата в условиях защищенного грунта / К. Н. Новак // Молодые аграрии Ставрополья: сборник студенческих науч. тр. по матер. 85-й науч.-практ. конфер., Ставрополь, 23 апреля 2020 г. – Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2020. – С. 10-14. –

4. Проскурников, Ю. П. Формирование вегетативных и генеративных органов гибридов томата в зависимости от применения удобрений / Ю. П. Проскурников, М. В. Селиванова, О. Ю. Лобанкова // Естественные и технические науки. – 2013. – № 5(67). – С. 95-96.

5. Селиванова, М. В. Агробиологическая оценка гибридов томата в условиях защищенного грунта / М. В. Селиванова, О. Ю. Лобанкова, К. Н. Новак // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам

III науч.-практ. конфер. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию КубГАУ, Краснодар, 20 марта 2017 г. – Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2017. – С. 512-515.
6. Селиванова, М. В. Особенности минерального питания томата при применении микроэлементов и биологически активных веществ / М. В. Селиванова, Н. А. Есаулко // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сб. науч. статей по матер. V Междунар. науч. конфер., Ставрополь, 19–22 сентября 2017 г. – Ставрополь: ООО «СЕКВОЙЯ», 2017. – С. 129-131.
7. Селиванова, М. В. Эффективность применения удобрений и биологически активных веществ в технологии выращивания томата / М. В. Селиванова, М. С. Сигида // Сб. науч. тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. – 2016. – Т. 1. -№ 9. – С. 455-457.

УДК 631.81: 631.11

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ, АГРОХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ТУМАН…» ООО «ПЕГАС-АГРО» И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС

Милюткин В.А.
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, г.Кинель, Самарская обл., Россия
E-mail: *oiapp@mail.ru*

Резюме. *В статье рассматриваются широкие технологические возможности инновационного, многофункционального модульного комплекса «Туман…» ООО «Пегас-Агро» для агрохимических работ в полеводстве и – конкретно для внесения жидких азотных удобрений КАС – инъекторно* ***мульти-инжектором*** *и поверхностно* ***штанговым опрыскивателем*** *во время вегетации растений.*

Summary. *The article discusses the wide technological capabilities of the innovative modular complex "Fog ..." LLC "Pegas-Agro" for agrochemical work in field cultivation and - specifically for the application of liquid nitrogen fertilizers UAN - injector multi-injector and surface boom sprayer for the vegetative part of plants.*

Инновационный многофункциональный, агрохимический, модульный комплекс «Туман…» представляет для агропромышленного комплекса АПК России успешное инженерно-технологическое решение, что подтверждает выскрий производственный спрос на машины «Пегас…» и результаты полевых исследований Самарского ГАУ по оценке его эффективности, в частности с повышением урожайности озимой пшеницы свыше 15% с качеством не ниже III класса. Также данный комплекс полностью отвечает национальным требованиям «импорто-замещения». Особенно следует отметить тот факт, что на сельхоз-выставке «Золотая осень-2022» опрыскиватель «Туман» вызвал особый интерес у председателя Правительства М.В. Мишустина, а новый завод в г. Самаре, построенный в 2022 году, в 2023 г. посетил с положительными отзывами зам. пред. Правительства, министр промышленности Д. Мантуров.

Комплект модулей многофункционального, агрохимического комплекса «Туман…» включает очень важные для повышения урожайности и качества возделываемых сельхоз-культур агрегаты для внесения жидких азотных удобрений на основе карбамидно - аммиачной смеси КАС-32: **штанговый опрыскиватель** с крупнокапельными дефлекторными, инжекторными или

струйными форсунками для поверхностного опрыскивания «по листу» и **мультиинжектор** для внутрипочвенного, инъекторного внесения жидких удобрений в корневую зону растений. Данное направление с внесением минеральных удобрений связано с определяющей ролью азота - N для развития растений [1-3], который за счет, условно, трех форм (нитратная, аммонийная и амидная) [4], оказывает пролонгированный положительный эффект на урожайность и качество продукции. Из известных азотных удобрений только жидкие удобрения КАС, которые были изобретены в 1981 году и в своем составе на основе карбамидно-аммиачной смеси имеют три формы азота, что обеспечивает управляемое, стимулирующее их действие на рост и развитие сельхоз-культур в процессе вегетации, тем самым оказывает больший эффект. При чем в жидком удобрении КАС различные формы азота-N содержатся в следующем составе: нитратного азота - NO_3 - 8%, аммонийного - NH_4 - 8%, амидного - NH_2 - 16%. На рис.1 показано действие форм азота на растение: нитратный азот - NO_3 сразу поступает в растение через корни, а аммонийный-NH_4 бактериями почвы сначала переводится в нитратную форму и поступает в растение, амидный - NH_2 проходит две стадии - сначала он переводится в аммонийный азот, а затем в нитратный, который в итоге поглощается корнями растения. Однако только амидный азот может поступать в растение также и через листья, что очень важно для повышения эффективности удобрений.

NH_2 → NH_4		NH_4 → NO_3	
2°C	– 4 дня	5°C	– 6 недель
10°C	– 2 дня	8°C	– 4 недели
20°C	– 1 день	10°C	– 2 недели
		20°C	– 1 неделя

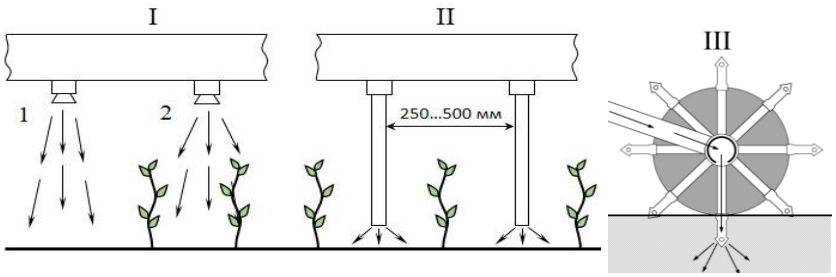
Рисунок 1 – Преобразование форм азота

В связи с чем, нами предлагаются технологии с использованием систем соответствующих машин и оборудования для эффективного внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС (рис. 2) [5-9]:

I – поверхностное внесение через крупнокапельные форсунки штанговыми опрыскивателями: 1-на поверхность почвы-внекорневая подкормка; 2–на растения и от растений на поверхность почвы-комплексная листовая и внекорневая подкормки;

II – опрыскиватели с шлангами-удлинителями на поверхность почвы-внекорневая подкормка;

III – мульти-инжектор – внутрипочвенное, инъекторное внесение.



а) б)

Рисунок 2 – Технологические схемы внесения жидких минеральных удобрений комплексами ООО «Пегас - Агро»: а) опрыскивателем форсунками и шланги удлинителями; б) мульти-инжектором

При исследованиях различных технологий внесения КАС Самарский ГАУ использовал технический, многофункциональный, модльный комплекс-«Туман…» ООО «Пегас-Агро» (г. Смара) (рис. 3) [7].

Рисунок 3 – Комплекс машин «Туман…» ООО «Пегас-Агро»

Первой и основной машиной комплекса «Туман» является штанговый опрыскиватель шириной захвата 28 метров для применения средств защиты растений и внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС (рис. 4).

Рисунок 4 – Самоходный опрыскиватель «Туман-2»

Второй машиной для внутрипочвенного инъекторного внесения КАС является мульти-инжектор «Туман-2М» (рис. 5)

Рисунок 5 – Мульти-инжктор «Туман-2М» для внутрипочвенного внесения КАС

Результаты. В исследованиях 2022 года благоприятного по увлажнению, осадков выпало 580,4 мм, по оценке эффективности инновационного мульти-инжектора «Туман-2М» в сравнении с опрыскивателем «Туман-2» при внесений азотных жидких удобрений КАС+S с микроэлементами в фазу кущения озимой пшеницы была получена значительная прибавка урожайности озимой пшеницы сорта «Базис» селекции Самарского НИИСХ относительно контроля с 51,7 до 78,5 ц/га или рост урожайности составил 52% (рис.6).

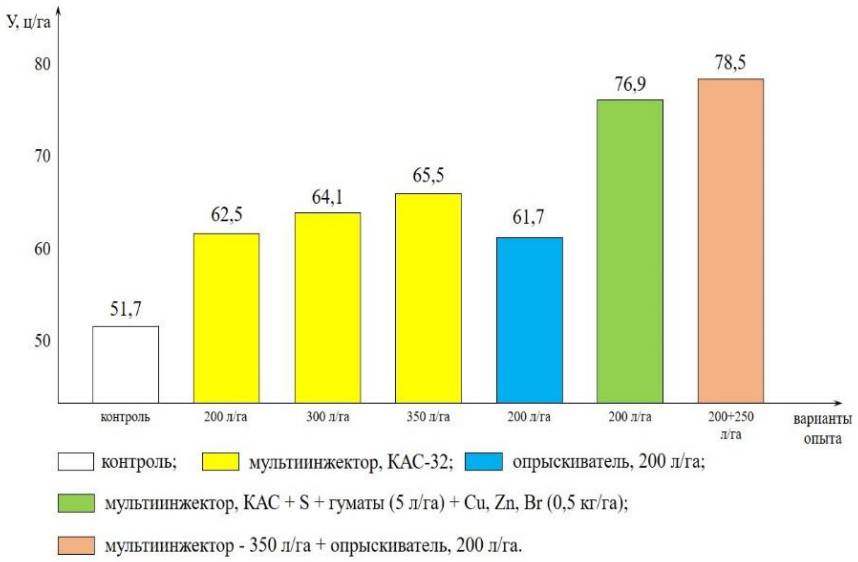


Рисунок 6 – Урожайность (ц/га) озимой пшеницы «Базис» при применении жидких минеральных удобрений КАС+S техникой ООО «Пегас-Агро»: поверхностно в фазу кущения опрыскивателем (О), внутри-почвенно мульти-инжектором (М) и совместно (О+М) по сравнению с контролем – без удобрений

В целом при подкормке озимой пшеницы в фазу кущения жидкими удобрениями КАС+S мульти-инжектором урожайность по сравнению с контролем возросла с 51,7 до 65,5 ц/га (рис.6) - или на 26,7%, при добавлении в КАС+S гумата калия - 5л/га и микроэлементов – Gu, Zn, Br по 0,5 кг/га урожайность пшеницы возросла до 76,9 ц/га или на 48,7 %. Также изучался

эффект от баковых смесей КАС с использованием мезо-и микроудобрений при внесении КАС+S мульти-инжектором внутри-почвенно и поверхностно опрыскивателем практически двойной нормой 200+200 л/га КАС+S.При этом была получена самая высокая урожайность - 78,5 ц/га, что на 51,8% выше контроля и значительно превышает рекордно высокую среднюю, по Самарской области, урожайности озимой пшеницы - 44,2 ц/га по итогам 2022 года.

Библиографический список

1. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования //Агрохимия. 2020. № 6. С. 3-13.
2. Милюткин В.А., Милюткин А.В., Золатарев И.Н.и др. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв // Земледелие. 1998. – № 6. С.16-17.
3. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г., Богомазов С.В. Преимущество жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 по срав-нению с твердыми-аммиачная селитра - на подсолнечнике и кукурузе//Нива Поволжья. - 2020. - № 3 (56).-С. 73-79.
4. Милюткин В.А., МакушинА.Н., Длужевский Н.Г. и др. Повышение эффек-тивности производства сельхозкультур в засушливых климатических услови-ях применением жидких минеральных удобрений//В сборнике: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сб. материалов Международной научнопрактической конференции. с. Соленое Займище. 2020. С.186-191.
5. Милюткин В.А. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Длужевский Н.Г., Длужев-ский О.Н. Жидкие азотные и азото-серосодержащие удобрения на базе КАС-эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям //В сборнике: Проблемы современной аграрной науки. Материалы международной научной конференции. Красноярск. 2020. С.71-74.
6. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследова-ние эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутри-почвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро»//В сборнике: Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конферен-ции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича. Молодёжный. 2021.С.114-121.
7. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А., Длужевский Н.Г. Технико-технологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных куль-турах жид-ких азотных и азото- серосодержащих удобрений на базе КАС-32//Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Оренбург. 2019. №5 (79). С. 149-152.
8. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируе-мом глобальном потеплении/В.А.Милюткин//Монография.Кинель.2021.С.181.
9. Милюткин В.А. Эффективность универсального многофункционального модульного комплекса «Туман» ООО «Пегас-Агро» при возделывании ози-мой пшеницы/В.А. Милюткин//Вестник Ижевской государственной сельско-хозяйс-венной академии. Ижевск. 2023. № 1 (73). С. 54-62.
10. Милюткин В.А., Милехин А.В., Длужевский Н.Г., Сысоев В.Н., Макушин А.Н. Инновационные технологии, удобрения и специальные комплексы ма-шин для выращивания яровой пшеницы высокой классности/В.А. Милюткин, А.В. Милехин, Н.Г. Длужевский, В.Н. Сысоев, А.Н. Макушин//Сурский вест-ник. 2023. № 1 (21). С. 28-32.

УДК 631.81: 631.11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АГРОХИМИЧЕСКОГО, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО, МОДУЛЬНОГО АГРЕГАТА «ТУМАН…» ООО «ПЕГАС-АГРО» ДЛЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

Милюткин В.А.[1] Гужин И.Н.[1], Цирулев А.П.[2]
[1]ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет,
[2]ООО «МИП «Агроакадемия»
г. Кинель, Самарская обл., РФ
E-mail: [1]*oiapp@mail.ru,* [2]tsap60@mail.ru

Резюме. *Негативная санкционная политика недружественных стран к РФ и, в частности по поставкам агропромышленному комплексу инновационной сельскохозяйственной техники и расходных материалов, не может остановить прогрессивное развитие нашей страны и ее ведущую роль в мировом экспорте продуктов питания за счет высокого интеллекта науки и производственных ресурсов. Принятая в экономике России программа «импорто-замещения» успешно решает возникшие проблемы, в частности это касается научно-производственного, сельхоз-машиностроительного комплекса ООО «Пегас-Агро» (г. Самара), разработавшего и серийно выпускающего на своем новом предприятии агрохимические, многофункциональные комплексы «Туман…».*

Summary. *The negative sanctions policy of unfriendly countries towards the Russian Federation and, in particular, on the supply of innovative agricultural machinery and consumables to the agro-industrial complex, cannot stop the progressive development of our country and the leading role in world food exports due to the high intelligence of science and production resources. The "import-substitution" program adopted in the Russian economy successfully solves the problems that have arisen, in particular, this concerns the research and production, agricultural machine-building complex of Pegas-Agro LLC (Samara), which has developed and commercially produces agrochemical, multifunctional complexes at its new enterprise "Fog…".*

Сложный и ответственный процесс реформирования агропромышленного комплекса – АПК Российской Федерации после перехода нашей страны к «рыночной экономике» прошел с положительным результатом, о чем свидетельствуют рекордные результаты 2022 сельскохозяйственного года. Сегодня Россия, решив продовольственную безопасность страны, также занимает ведущее место в Мире по экспорту продукции как растениеводства (зерно пшеницы, ячменя, сои, семена подсолнечника), так и животноводства (главным образом птицеводства). Однако растущие потребности населения Мира в продовольствии требуют от стран, в том числе и России, являющихся основными производителями продуктов питания, еще более значительного наращивания сельхозпродукции. И Россия, располагающая значительными земельными ресурсами и научными достижениями в АПК [1-10], успешно решает эти мировые запросы, несмотря на недружественную политику к нам со стороны ряда государств, ограничивающих поставки эффективных техники и расходных материалов. В связи с чем наша страна, мобилизовав свой огромный и разносторонний научно-производственный и сырьевой потенциал решает и конечно же успешно решит все искусственно навязанные проблемы. В качестве примера приводятся результаты работы одного из инновационных российских предприятий – ООО «Пегас-Агро» (г. Самара), разработавшего и выпускающего на

своем новом (запущен в 2022 году), высокотехнологичном заводе многофункциональный, агрохимический, комплекс «Туман» [4, 7], в частности агрегаты для внесения жидких минеральных удобрений (рис. 1, 2).

Технологическую и экономическую эффективность этих агрегатов в течении 3 последних лет исследует Самарский государственный аграрный университет (Заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник АПК России, д.т.н., профессор В.А. Милюткин). Исследования эффективности агрегатов «Туман» ООО «Пегас-Агро» проводятся совместно с химическим предприятием ПАО «КуйбышевАзот» в опытах с азотными удобрениями: жидкими-карбамидно-аммиачная смесь-КАС в сравнении с традиционными твердыми удобрениями-аммиачная селитра. Результаты исследований 2021-2022 годов и 2023 года показывают значительное, стабильное преимущество жидких удобрений КАС по сравнению с твердыми - аммиачная селитра и особенно в засушливые годы [2-8]. Исследования проводились и проводятся по применению КАС по двум технологиям с учетом его химических особенностей: наличие азота в 3-х формах - нитратный, аммонийный и амидный, которые по-разному действуют на растения, причем только амидный азот действует на растение не только через корни, переходя в аммонийный и нитратный азот, но и через листья.

Исследования проводились с агрегатами ООО «Пегас-Агро» 2-го поколения: штанговым опрыскивателем с крупнокапельными форсунками при поверхностной обработке озимой пшеницы сорта «Базис» в фазу кущения агрегатом «Туман-2» (рис.1а) и мульти-инжектором при внутрипочвенном - инъекторном внесении КАС с разными нормами (от 100 до 300 л/га).

а) б)

Рисунок 1 – Агрегаты ООО «Пегас-Агро»:
а)-штанговый опрыскиватель «Туман-2»;
б)-инновационный агрегат - мульти-инжектор «Туман-2М»

Машины «Туман…» фирмы ООО «Пегас-Агро» пользуются у аграриев значительным спросом из-за конструктивных положительных и эффективных особенностей с постоянным их совершенствованием. Так агрегаты третьего поколения для разных технологий уже представлены мульти-инжектором и штанговым опрыскивателем «Туман-3М» и «Туман-3» (рис.2а,б).

а) б)

Рисунок 2 – Новая модель мульти-инжектора «Туман-3М» – а)
и штангового опрыскивателя «Туман-3» – б)
ООО «Пегас-Агро» (г.Самара)

Конечно же агрегаты «Туман…» – как современные, высокоэффективные машинные комплексы цифровизированы (рис.3а) и имеют соответствующее оборудование для автоматическим управлением технологическим процессом. Также из всех известных машин-ликвилайзеров других фирм, только мульти-инжектор (прототип ликвилайзера) «Туман-3М» имеет усовершенствование рабочих органов за счет установки защитных кожухов над инъекторными дисками для защиты сельхоз-культур (кукуруза, подсолнечник) от прямого на них попадания КАС с целью устранения химического «ожога (рис. 3б).

а) б)

Рисунок 3 –Цифровизированная кабина агрохимического агрегата «Туман» –
а), кожух защитный над инъекторными дисками – б).

Агрохимический комплекс «Туман…» является многофункциональным агрегатом с возможностью его использования по различным технологическим процессам за счет установки в течении не более 5 часов на универсальное энергетически-транспортное средство соответствующего технологического модуля для внесения на посевы сельхоз-культур твердых или жидких удобрений, а также средств защиты растений. Самарский ГАУ в продолжении проводимых ранее (2021-2022 годы) технологических исследований инновационного агрохимического, многофункционального агрегата «Туман», в 2023 году продолжил исследования его эффективности при внесении КАС+S (N-26%, S-2%)

нормой 300 л/га (75 кг/га д.в.) на озимой пшенице сорта «Базис» селекции Самарского НИИСХ внесением удобрений как штанговым опрыскивателем, так и мульти-инжектором по следующим вариантам: I-аммиачная селитра-N-75 кг/га д.в. в фазе кущения разбрасывателем «Туман-2» (контроль); II-КАС+S-300 л/га или-N-75 кг/га д.в. в той же фазе кущения опрыскивателем «Туман-М» с крупнокапельными форсунками; III- КАС+S-300 л/га или 75 кг/га д.в. мульти-инжектором «Туман-2М»; IV- КАС+S-200+ 200 л/га или 50+50 кг/га д.в. также в фазе кущения опрыскивателем «Туман-2» и мульти-инжектором «Туман-2М» (рис.4).

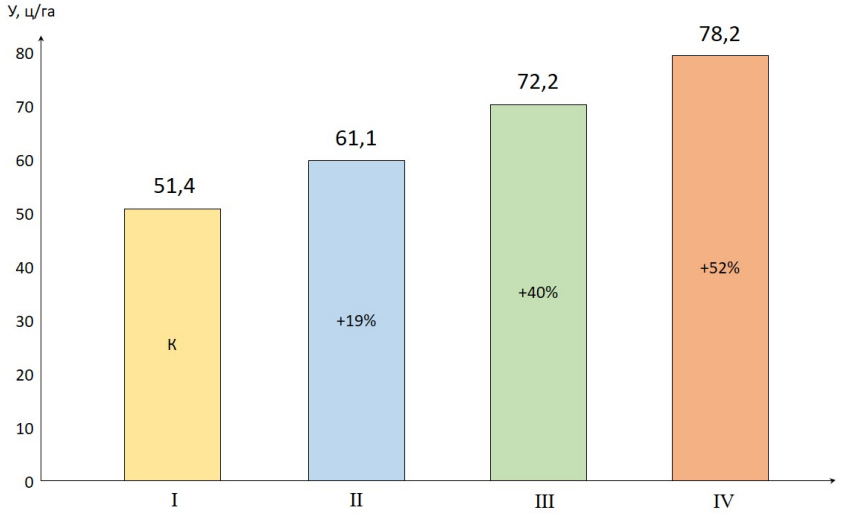


Рисунок 4 – урожайность озимой пшеницы сорта «Базис» от действия жидких азотных минеральных удобрений, вносимых по разным технологиям

В результате сравнительных полевых исследований эффективности азотных твердых минеральных удобрений-аммиачная селитра (контроль) и жидких азото-серосодержащих - КАС+S в 2023 году с заданными нормами по азоту-N (75 кг/га д.в.), получены прибавки урожайности (%) и урожайность (ц/га) озимой пшеницы сорта «Базис» по сравнению с контролем, вариант- I -51,4 ц/га при обработке посевов - вариант-II поверхностно, опрыскивателем с крупнокапельными форсунками - 19% - 61,1ц/га; при инъекторном внесении КАС – вариант-III мульти-инжектором - 40% - 72,2 ц/га; при комплексной обработке посевов КАС+S опрыскивателем (200 л/га) и мульти-инжектором (200 л/га)-вариант IV – 52%-78,2 ц/га, что свидетельствует о положительном влиянии инновационного удобрения КАС+S на повышение урожайности пшеницы особенно при применении – мульти-инжектора «Туман-2М».

Библиографический список

1. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования //Агрохимия. 2020. № 6. С. 3-13.
2. Милюткин В.А., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г. и др. Повышение эффек-тивности производства сельхозкультур в засушливых климатических услови-ях применением жидких минеральных удобрений//В сборнике: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сб. материалов Международной научнопрактической конференции. с. Соленое Займище. 2020.С.186-191
3. Милюткин В.А. Милюткин В.А., Толпекин С.А. и др. Жидкие азотные и азото-

серосодержащие удобрения на базе КАС-эффективная альтернатива твердым минеральным удобрениям //В сборнике: Проблемы современной аг-рарной науки. Материалы международной научной конференции. Красноярск. 2020. С.71-74.
4. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследова-ние эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрипочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро»//В сборнике: Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конферен-ции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича. Молодёжный. 2021.С.114-121.
5. Милюткин В.А., Сысоев В.Н., Шахов В.А., Длужевский Н.Г. Технико-тех-нологическое обеспечение эффективного внесения на пропашных культурах жидких азотных и азотосеросодержащих удобрений на базе КАС-32// Извес-тия Оренбургского государственного аграрного университета. Оренбург. 2019 №5 (79). С. 149-152.
6. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении/В.А.Милюткин//Монография.Кинель. 2021 С.181
7. Милюткин В.А. Эффективность универсального многофункционального модульного комплекса «Туман» ООО «Пегас-Агро» при возделывании ози-мой пшеницы/В.А. Милюткин//Вестник Ижевской государственной сельско-хозяйственной академии. Ижевск. 2023. № 1 (73). С. 54-62.
8. Милюткин В.А., Милехин А.В., Длужевский Н.Г., Сысоев В.Н., Макушин А.Н. Инновационные технологии, удобрения и специальные комплексы ма-шин для выращивания яровой пшеницы высокой классности/В.А. Милюткин, А.В. Милехин, Н.Г. Длужевский, В.Н. Сысоев, А.Н. Макушин//Сурский вестник. 2023. № 1 (21). С. 28-32.
9. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г. Логистика жидких удобрений ПАО "КуйбышевАзот" - от завода до сельхозпредпрятия - АПК/Милюткин В.А., Длужевский Н.Г.//В сборнике: Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 49-53.
10. Милюткин В.А. Региональное развитие сельхозмашиностроения - основа успешного развития импортозамещения в АПК/В.А. Милюткин//В сборнике: Безопасность и качество товаров. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Саратов, 2023. С. 71-79.

УДК 633.63 : 631.86 : 631.816.11 : 631.816.12 : 631.816.355

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИНОСТРАННЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЧР

Минакова О.А.
ФГБНУ «Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», пос. Рамонь, Воронежская обл.
E-mail: *olalmin2@rambler.ru*

***Резюме**. Гибриды сахарной свеклы отечественный селекции реагируют на улучшение питания значительным повышением урожайности и сахаристости корнеплодов по сравнению с иностранным гибридом. Для получения высоких урожаев корнеплодов отечественных гибридов рекомендуем вносить под РМС 120 $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару, $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза в пару, а также $N_{190}P_{190}K_{190}$ (без навоза), под РМС 127 – $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза в пару и $N_{90}P_{90}K_{90}$ +25 т/га навоза в пару. Наибольшая продуктивность иностранного гибрида обеспечивается использованием $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза в пару и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (без навоза).*

Summary. *Domestic sugar beet hybrids respond to improvement of nutrient supply by a considerable increase of beet root yield and sugar content as compared to foreign hybrids. To obtain high yields of the domestic sugar beet hybrids, it is recommended to apply* $N_{135}P_{135}K_{135}$ *with the background of 25 t/ha of manure in fallow,* $N_{120}P_{120}K_{120}$ *+ 50 t/ha of manure in fallow as well as* $N_{190}P_{190}K_{190}$ *(without manure) for RMS 120, and* $N_{135}P_{135}K_{135}$ *+ 25 t/ha of manure in fallow and* $N_{90}P_{90}K_{90}$ *+25 m t/ha of manure in fallow for RMS 127. Use of* $N_{135}P_{135}K_{135}$ *+ 25 t/ha of manure in fallow and* $N_{190}P_{190}K_{190}$ *(without manure) provides the greatest productivity of the foreign hybrid studied.*

В последние годы около 98 % посевных площадей сахарной свеклы в РФ засевались семенным материалом зарубежной селекции, что крайне негативно влияло на устойчивость функционирования свеклосахарного комплекса страны [1]. Высококонкурентные гибриды сахарной свеклы отечественной селекции позволят обеспечить высокую эффективность свекловодства, что зависит от практической реализации заложенного в них генетического потенциала.

Оптимальных результатов при возделывании сахарной свеклы можно добиться только при высокой культуре земледелия [3], одной из важных составляющих которой является внесение удобрений.

Эффективность использования удобрений при возделывании сахарной свеклы в значительной степени определяется ее сортовыми особенностями. Максимальная величина агрохимической эффективности гибрида создается в результате соответствия генетических, физиологических и морфологических свойств растения конкретным почвенно-климатических условиях [4].

Доказано, что улучшение условий питания обеспечивает значительные прибавки урожая корнеплодов как отечественных, так и иностранных гибридов [5].

Таким образом, для наибольшей эффективности возделывания сахарной свеклы различной селекции необходим поиск оптимальных доз удобрений, способствующих реализации биологического потенциала гибридов.

Исследования проводились в 2019-2021 гг. в опыте по изучению влияния применения удобрений на черноземе выщелоченном в условиях зоны неустойчивого увлажнения лесостепи ЦЧР. Исследования проводились в паровом звене севооборота. Высевались гибриды РМС 120 и РМС 127 селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова, гибрид Митика – Lion Seeds Ltd. Вегетационные периоды 2019-2021 гг. были засушливые, что оказало негативное влияние на итоговую продуктивность.

Установлено, что уровень урожайности корнеплодов отечественных гибридов в опыте составил 28,3-45,1 т/га, иностранного – 42,2-51,6 т/га (табл. 1). Урожайность РМС 127 увеличивалась в удобренных вариантах относительно контроля на 6,2-14,0 т/га (20,7-46,7 %), более всего – при использовании $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза. Системы $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза способствовали созданию наибольшей урожайности РМС 120, удобрения способствовали дополнительному получению относительно контроля 9,4-16,8 т/га (+33,2-59,4%). Это свидетельствует о том, что РМС 120 лучше реагировал на применение

удобрений. Разница в урожайности отечественных гибридов была несущественной, 1,1-2,4 т/га.

Таблица 1 – Урожайность корнеплодов сахарной свеклы, т/га (числитель) и окупаемость удобрений в опыте, кг/кг (знаменатель)

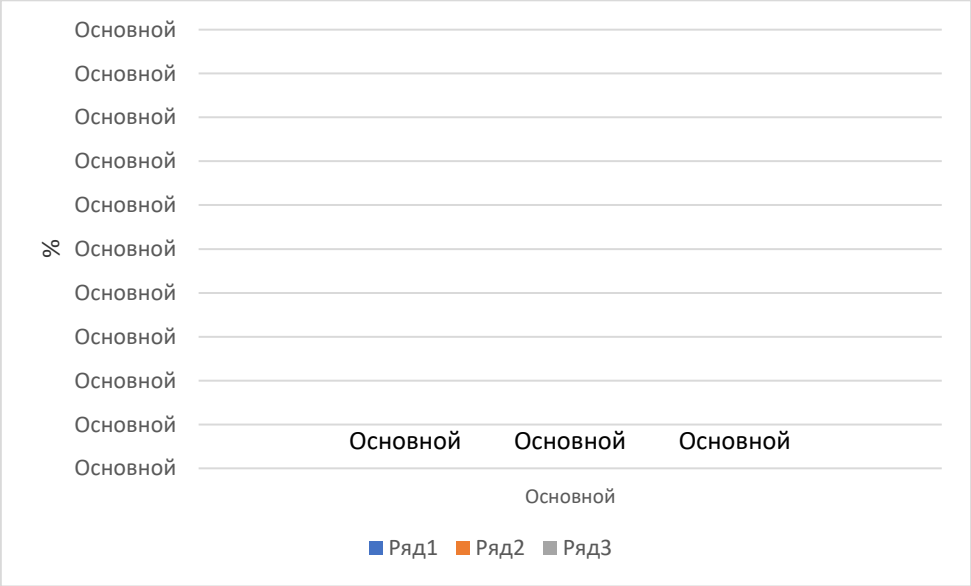
Вариант	РМС 120	РМС 127	Митика
Контроль	28,3 -	30,0 -	42,2 -
$N_{45}P_{45}K_{45}$+25 т/га навоза	37,7 45,7	36,2 30,1	46,0 18,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$+25 т/га навоза	40,8 36,7	43,2 38,7	48,0 17,0
$N_{135}P_{135}K_{135}$+25 т/га навоза	45,1 35,3	44,0 29,4	51,6 19,8
$N_{120}P_{120}K_{120}$+50 т/га навоза	43,2 29,7	41,6 23,1	48,3 12,2
$N_{190}P_{190}K_{190}$	43,3 26,3	42,4 21,7	50,1 13,9

$НСР_{гибрид}$ - 2,54, $НСР_{удобрения}$ 3,60 т/га

Уровень урожайности иностранного гибрида в вариантах с применением удобрений был на 11,1-27,1 % выше, чем отечественных гибридов, в контроле – на 40,7-49,1 %; наименьшая разница отмечалась в вариантах $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза, РМС 120 – также и $N_{190}P_{190}K_{190}$. Действие удобрений на Митике проявилось в увеличении урожайности относительно контроля на 3,8-9,4 т/га (на 9,00-22,3 %), что свидетельствует о его слабой реакции на улучшение условий питания в отличие от отечественных гибридов.

Наиболее высокая окупаемость 1 кг NPK для всех гибридов была отмечена при внесении $N_{45}P_{45}K_{45}$+25 т/га навоза на РМС 120 (45,7 кг/кг), минимальная – при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$+50 т/га навоза – на Митике (12,2 кг/кг). Для РМС 120 данный показатель также был высоким при использовании $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (35,3-36,7 кг/кг), РМС 127 – $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза (38,7 кг/кг), Митики – $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (18,5-19,8 кг/кг). Разница в окупаемости отечественных гибридов по вариантам составила: РМС 120 – 12,9-73,8 %, РМС 127 – 6,45-78,3 %, а иностранного – 13,9-62,3 %, что свидетельствует о том, что отечественные гибриды имели широкий спектр реакции показателя при действии разных систем удобрения, у иностранного гибрида эффективность разных доз была примерно одинаковой.

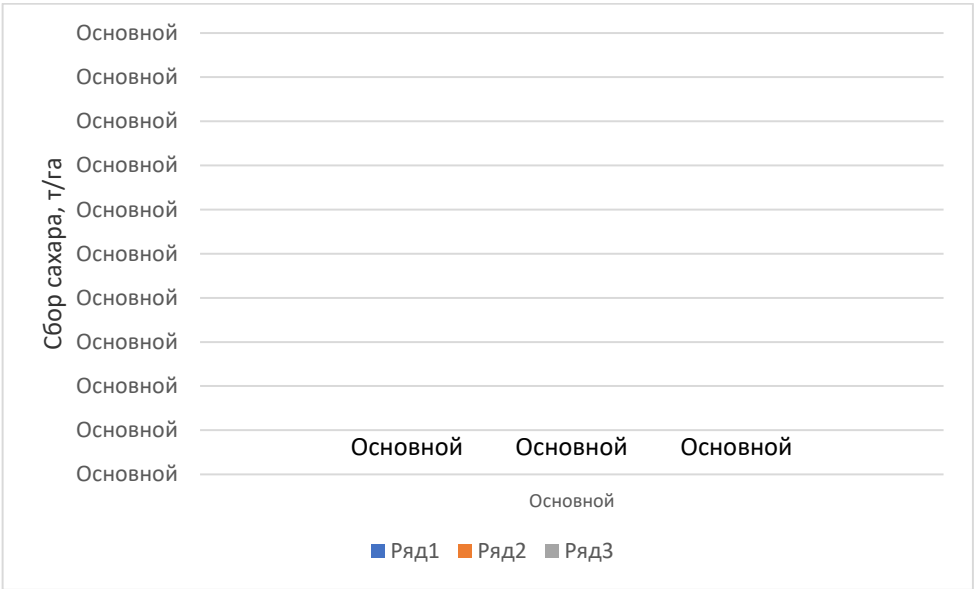
Максимальная сахаристость корнеплодов (18,2-18,9 %) (рис. 1) как отечественных, так и иностранного гибрида обеспечивалась применением $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120}$+50 т/га навоза, минимальная (15,9-18,0%) была в контроле и при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза. Средняя сахаристость РМС 120 составила 17,6 %, РМС 127 – 17,9 %, Митики – 18,1 %. Отмечено значительное повышение сахаристости корнеплодов отечественных гибридов в вариантах с удобрениями относительно контрольного варианта. Так, на гиб-



$НСР_{05гибрид}$ – 0,29, $НСР_{05удобр.}$ – 0,41%

Рисунок 1 – Сахаристость корнеплодов, %

риде РМС 120 отмечено достоверное повышение показателя на 1,6-2,6 %, РМС 127 – на 0,5-1,7 %, а у иностранного гибрида – не изменялось. Сахаристость отечественных гибридов была достоверно, на 0,4-2,1 %, ниже, чем иностранного (кроме системы $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза), наименьшая разница между гибридами отмечалась в варианте $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза (18,2-18,3 %).



$НСР_{05гибрид}$ – 0,28, $НСР_{05удобр.}$ – 0,39 т/га

Рисунок 2 – Биологический сбор сахара, т/га

Наиболее высокий биологический сбор сахара (9,27-9,34 т/га) (рис. 2) был отмечен у иностранного гибрида в вариантах $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$, отечественных гибридов: РМС 120 – на этих же вариантах, а также $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза (7,86-7,98 т/га), РМС 127 – $N_{90}P_{90}K_{90}$+25 т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоз и $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (7,60-7,79 т/г). Действие удобрений на данный показатель более всего проявилось на гибриде

РМС 120, увеличение относительно контроля составило 54,9-76,0 %, несколько меньше – на РМС 127 (на 27,9-51,0 %), менее всего – на Митике (на 10,1-22,9 %). Сбор сахара с 1 га посевов иностранного гибрида превышал таковой у РМС 120 на 11,8-68,9 %, РМС 127 – на 13,7-47,3 %, с увеличением уровня удобренности разница снижалась, минимальной она была при $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза (11,8-15,5 %). Сбор сахара отечественных гибридов на разных фонах удобрения был практически одинаков (превышение на 20 % и 14,7 % было отмечено у РМС 120 на фоне $N_{190}P_{190}K_{190}$ и в контроле).

Таблица 2 – Уравнения взаимных связей урожайности сахарной свеклы в звене с паром и доз удобрений

Гибриды	Уравнение	Коэффициент парной корреляции
Митика	Y=0,014x+42,7	0,856
РМС 120	Y=0,027x+30,2	0,899
РМС 127	Y=0,023x+31,6	0,820

Y – урожайность корнеплодов, x – дозы удобрений

Максимальная зависимость урожайности корнеплодов от доз удобрений проявилась у РМС 120, в меньшей степени – Митики, менее всего – РМС 127 (табл. 2). 1 кг NPK удобрений в наибольшей степени повышал урожайность РМС 120, несколько меньше – РМС 127, иностранный гибрид менее всего реагировал на увеличение удобренности.

Таким образом, урожайность корнеплодов отечественных гибридов под влиянием удобрений увеличилась относительно контроля в большей степени, чем иностранного (РМС 120 – на 33,2-59,4 %, РМС 127 – на 20,7-46,7 %, Митики – на 9,00-22,3 %). Повышение доз удобрений сокращало разницу в урожайности иностранного и отечественных гибридов до 11,1-27,1 %, в контроле она была значительно больше, 40,7-49,1 %. Улучшение питания отечественных гибридов способствовало повышению сахаристости относительно контрольного варианта: РМС 120 – на 1,6-2,6 %, РМС 127 – на 0,5-1,7 %, на сахаристость иностранного гибрида оно не влияло. Наибольшая окупаемость удобрений отмечалась в посевах РМС 120.

Для получения высоких урожаев корнеплодов отечественных гибридов необходимо вносить $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару, гибрид РМС 120 также способен обеспечивать высокую урожайность при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ + 50 т/га навоза в пару и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (без навоза), гибрид РМС 127 – $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза в пару, под иностранный гибрид необходимо использовать $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза в пару и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (без навоза).

Библиографический список

1. Путилина Л.Н., Дворянкин Е.А., Апасов И.В., Смирнов М.А. Свеклосахарный комплекс России: состояние и направления развития // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. – № 2 (72). – С. 180-190.
2. Хисматуллина Р.Р., Исламгулов Д.Р. Классификация гибридов сахарной свеклы // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 9. – С.16.
3. Комратов В.П. Сортовые особенности формирования урожайности сахарной свеклы в условиях лесостепи среднего Поволжья: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. сельскохозяйственных наук. – Пенза, 2009. – 23 с.

4. Кухарев О.Н., Касынкина О.М., Кошеляев В.В. Эффективность сортов и гибридов сахарной свеклы при различных уровнях минерального питания // Нива Поволжья. – 2017. – № 2 (43). – С. 29-33.
5. Жеряков Е.В. Отзывчивость сорта и гибридов сахарной свеклы на минеральные удобрения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11 (97). – С. 007-012.

УДК 631.811.095.337.633.11

АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Минченко Ж.Н.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *minchenko.knii@mail.ru*

Резюме. *Представлены результаты проводимых исследований по эффективности использования микроудобрений (МикроФид Комплекс, МикроФид Цинк, МикроФид Бор, Реаком-Хелат Цинка и Реаком-Хелат Бора) при возделывании ярового ячменя на черноземных почвах Курской области. Установлено, что использование удобрений в виде обработки семян и посевов в фазах кущение и выход в трубку обеспечило прибавку урожайности ярового ячменя – 0,29–0,45 т/га (7,6–11,7%), рост белка в зерне на 0,1–0,4 %, крупности зерна на 0,2–1,2% относительно контрольного варианта. Применение микроудобрений на посевах ярового ячменя было экономически выгодно*.

Summary. *The results of the conducted research on the effectiveness of the use of micronutrients (MicroFid Complex, MicroFid Zinc, MicroFid Boron, Zinc Chelate Reagent and Boron Chelate Reagent) in the cultivation of spring barley on chernozem soils of the Kursk region are presented. It was found that the use of fertilizers in the form of seed treatment and sowing in the tillering and tube phases provided an increase in the yield of spring barley – 0.29–0.45 t/ha (7.6–11.7%), protein growth in grain by 0.1–0.4%, grain size by 0.2–1.2%, relative to the control variant. The use of micro fertilizers on spring barley crops was economically profitable.*

Ключевые слова: *чернозем типичный, яровой ячмень, микроудобрения, урожайность, структура урожая, качество зерна, рентабельность*

Key words: *typical chernozem, spring barley, micro fertilizers, yield, crop structure, grain quality, profitability*

В соответствие с системой земледелия Курской области площадь посева ярового ячменя в среднем за последние 10 лет составила 241,0 тыс. га, или 23,6 % от площади посева зерновых культур. Средняя урожайность ярового ячменя за эти годы составила 3,91 т/га и колебалась от 2,62 т/га в 2013 г. до 5,22 т/га в 2022 г.

Освоение современных ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий возделывания, основанных на широком использовании биологических средств защиты растений, регуляторов роста и микроэлементных удобрений способствует получению более высоких урожаев этой важной культуры [1-4].

Биологической особенностью ярового ячменя является довольно короткий период вегетации (80-95 дней), и как следствие, короткий период потребления элементов минерального питания. Уже к фазе выход в трубку ячмень

потребляет из почвы до 67 % калия, до 46 % фосфора и значительное количество азота [5]. Поэтому научно-обоснованная система удобрения, позволяющая обеспечивать растения элементами минерального питания с самого начала его периода вегетации, является важным агротехническим приемом [6, 7].

Согласно агрохимическому обследованию почв первого агропочвенного района Курской области установлено, что из общей площади обследованных почв 38% – обладают низким содержанием подвижных форм бора, 58% – меди, 87% – марганца и 97% – цинка [8]. Как уже известно, недостаток микроэлементов в почве резко снижает эффективность применения минеральных удобрений, приводит к нарушению важнейших биологических процессов в растениях [9].

Важная роль в системе минерального питания сельскохозяйственных культур принадлежит микроэлементным удобрениям (борным, молибденовым, медным, цинковым и др.) [10, 11]. Использование таких удобрений при возделывании зерновых культур способствует изменению биохимической направленности обмена веществ в растениях, активизации работы ферментов, повышению сопротивляемости к различному роду заболеваний, в результате увеличению урожайности и качества продукции [12].

В настоящее время удобрения с микроэлементами от различных производителей широко используются при возделывании сельскохозяйственных культур. Однако, экспериментальные данные по оценке эффективности использования различных видов микроудобрений в конкретных почвенно-климатических условиях практически отсутствуют.

Цель исследования: изучить эффективность использования различных видов микроудобрений при возделывании ярового ячменя, их влияние на урожайность и качество зерна в условиях Курской области.

Материалы и методика исследования.

На посевах ярового ячменя изучалась эффективность монохелатных удобрений «Реаком-Хелат Цинка», «Реаком-Хелат Бора» и комплексных микроудобрений «МикроФид Комплекс», «МикроФид Цинк» «МикроФид Бор» при обработке семян и посевов в фазе кущение и фазе начало выхода в трубку.

Исследования проводились в опытах лаборатории технологий возделывания полевых культур ФГБНУ «Курский ФАНЦ», в 2020-2022 гг., в зернопаровом севообороте: чистый пар, озимая пшеница, соя, яровой ячмень.

Опытный участок имел следующие агрохимические характеристики: содержание гумуса в пахотном слое – 5,4% (по Тюрину); щелочногидролизуемого азота – 70 мг/кг; подвижного фосфора и обменного калия 8,9 и 12,6 мг/100 г почвы (по Чирикову); реакция почвенной среды –pH 5,3. По содержанию подвижных форм бора (0,34 мг/кг) и меди (0,30 мг/кг) почва относится к среднеобеспеченной, а по содержанию цинка (0,32 мг/кг) и марганца (4,50 мг–экв./100 г) – к низкообеспеченной.

Технология возделывания ярового ячменя общепринятая для условий области. Фон минерального питания – N30P30K30. Полевые работы на опытном участке проводились в оптимальные агротехнические сроки с использованием районированного в области сорта ярового ячменя Прометей с поштучной

нормой посева 4 млн шт./гектар.

Обработка семян и посевов ярового ячменя микроэлементными удобрениями проводилась ранцевым опрыскивателем в соответствии со схемой опыта.

Результаты и обсуждение. Проведенное в лабораторных условиях проращивание семян ярового ячменя показало, что микроэлементные удобрения увеличивали количество проросших зерен на 3-й день проращивания на 3-10 % (энергия прорастания), и на 1-4 % на 7-й день проращивания (лабораторная всхожесть) в сравнении с вариантом, где семена микроэлементными удобрениями не обрабатывались.

В результате обследования посевов ярового ячменя установлено, что микроэлементные удобрения оказывали сдерживающее влияние на распространение листостебельных заболеваний: гельминтоспориоза – на 2,7-3,4 % (биологическая эффективность –15,5-19,5 %), ринхоспориоза на – 2,9-4,5 % (биологическая эффективность –19,2-29,8 %).

Внекорневая подкормка посевов ячменя в фазы «кущение» и «выход в трубку» в сочетании с обработкой семян перед посевом, способствовала росту количества продуктивных стеблей ячменя на 3-4 шт./м^2, числа зёрен в колосе – на 1,0-2,0 шт., массе 1000 зёрен – на 0,7-1,0 г, натуры зерна – на 1,9-7,5 г/л.

В результате анализа урожайных данных установлено, что микроэлементные удобрения, используемые при возделывании сои в качестве обработки семян и двукратной внекорневой подкормки, увеличили продуктивность ярового ячменя на 0,29-0,45 т/га (7,6-11,7 %) по отношению к контролю (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность ярового ячменя в зависимости от внесения микроэлементных удобрений, 2020–2022 гг.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
1. Контроль, без обработок	3,83		–
2. Реаком-Хелат Цинка (1л/т) обработка семян + (1,0 л/га) двукратная обработка посевов	4,12	0,29	7,6
3. Реаком-Хелат Бора (1л/т) обработка семян + (1,0 л/га) двукратная обработка посевов	4,17	0,34	8,9
4. МикроФид Комплекс (1,5 л/т) обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	4,26	0,43	11,2
5. МикроФид Цинк (1,5 л/т) + обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	4,25	0,42	10,9
6. МикроФид Бор (1,5 л/т) + обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	4,28	0,45	11,7
$НСР_{05}$		0,11	

Лучшие результаты были получены в вариантах с использованием комплексных микроэлементных удобрений «МикроФид Комплекс», «МикроФид

Бор» и «МикроФид Цинк», использование которых способствовало получению урожайности ячменя – 4,25-4,28 т/га. Прибавки урожая ярового ячменя от использования этих удобрений по сравнению с контролем, составили 0,42-0,45 т/га или 10,9–11,7 %. Эффективность монохелатных удобрений Реаком-Хелат Бора и Реаком-Хелат Цинка была несколько ниже, прибавки урожая ячменя составили 0,29-0,34 т/га или 7,6–8,9 %, в сравнении с контролем (3,83 т/га).

Внекорневая подкормка посевов ячменя в фазы «кущение» и «выход в трубку» в сочетании с обработкой семян перед посевом, способствовала росту количества продуктивных стеблей ячменя на 3-4 шт./м^2, числа зёрен в колосе – на 1,0-2,0 шт., массе 1000 зёрен – на 0,7-1,0 г, натуры зерна – на 1,9-7,5 г/л.

При анализе качества зерна ярового ячменя установлено, что в вариантах с использование микроэлементных удобрений крупность зерна повышалась на 0,2-1,2 %, содержание белка в зерне на 0,1–0,4%, крахмала – на 0,4–0,9%. Влияние различных видов микроэлементных удобрений, при сравнении их между собой, на показатели качества зерна ярового ячменя было практически равным и находилось в пределах наименьшей существенной разницы (табл.2).

Таблица 2 – Влияние микроэлементных удобрений на качество зерна ярового ячменя, 2020–2022 гг.

Варианта опыта	Содержание, %		
	белок	крахмал	крупность зерна
1.Контроль, без обработок	11,4	51,5	95,4
2. Реаком-Хелат Цинка (1л/т) обработка семян + (1,0 л/га) двукратная обработка посевов	11,5	51,9	95,6
3. Реаком-Хелат Бора (1л/т) обработка семян + (1,0 л/га) двукратная обработка посевов	11,6	52,0	95,8
4. МикроФид Комплекс (1,5 л/т) обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	11,8	52,3	96,5
5. МикроФид Цинк (1,5 л/т) + обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	11,6	52,2	96,6
6. МикроФид Бор (1,5 л/т) + обработка семян + (1,5 л/га) двукратная обработка посевов	11,7	52,4	96,3
$НСР_{05}$	0,2	0,5	0,6

Расчет экономической эффективности показал, что наиболее экономически эффективными на посевах ярового ячменя были комплексные микроэлементные удобрения марки МикроФид. Двукратная некорневая обработка посевов в фазах «кущение» и «выход в трубку» в сочетании с обработкой семян этими удобрениями обеспечивала получение 27898-28130 руб./га условно чистого дохода, при уровне рентабельности 120,7-121,9 %. Экономическая эффективность монохелатных удобрений марки Реаком была ниже: величина условно чистого дохода от использования этих удобрений составила 26818-27394

руб./га, уровень рентабельности – 118,5-120,9 %.

Выводы. Таким образом, обработка семян и двукратная обработка посевов ярового ячменя комплексными удобрениями с микроэлементами МикроФид Комплекс, МикроФид Цинк и МикроФид Бор повышала урожайность на 0,29-0,45 т/га или 7,6-11,7 %, крупность зерна на 0,9-1,2 %, содержание белка в зерне – на 0,7-0,9 % в сравнении с контролем. Стоимость валовой продукции от их использования повышалась на 5040–5400 руб./га, условно чистый доход – на 3744-3976 руб./га, уровень рентабельности – на 10,0–11,2%. Использование моноудобрений Реаком-Хелат Цинк и Реаком-Хелат Бор было менее эффективно. Рост урожайности ярового ячменя от их применения составил – 0,29-0,34 т/га (7,6-8,9 %), крупность зерна увеличилась – на 0,2-0,4 %, количество белка в зерне – на 0,1–0,2 %, стоимость валовой продукции повышалась на 3480-4080 руб./га, чистый доход – на 2664-3240 руб./га, уровень рентабельности – на 7,8–10,2 %.

Библиографический список

1. Милащенко Н.З., Трушкин С.В. К проблеме освоения инновационных технологий // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 50-52.
2. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. Т. 30. – № 3. – С.19-25.
3. Сычев В. Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018», Москва, – 2018. – С. 3-7
4. Аллахвердиев С.Р., Ерошенко В.И. Современные технологии в органическом земледелии // Международный журнал фундаментальных и прикладных исследований. – 2017. – № 1. – С. 76–79.
5.Ториков В. Е. Влияние условий возделывания на урожайность ярового ячменя // Вестник Брянской ГСХА. – 2009. – Вып. № 3. – С. 38-43.
6. Абашев В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 4(12). – С. 4-8.
7. Барбасов Н. В. Эффективность применения новых форм комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего сорта ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 85-89.
8. Протасова Н.А. Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья: дис. ... д-ра биол. наук. – Воронеж, 2002. – 355 с.
9. Шеуджен А. Х, Бондарева Т. Н., Кизинек С. В. Агрохимические основы применения удобрений. Майкоп: "Полиграф-Юг", 2013. – 572 с.
10. Федотова Е. Н. Действие микроэлементов и биоудобрений на вынос питательных веществ растениями ярового ячменя из почвы и минеральных удобрений // Владимирский земледелец. – 2016. – № 4(78). – С. 23-25.
11. Александрова Н. А. Влияние микроэлементов на посевные качества семян ячменя сорта Раушан // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы III Национальной научно-практической конференции. Кузбасская ГСХА. – 2019. – С 191-197.
12. Ксенз А. Я, Камбулов С. И., Дёмина Е. Б. Влияние микроэлементных удобрений на продуктивность озимой пшеницы // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. – № 4. – С. 69-77.

УДК 631.8.022.3: 633.16

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕТАРДАНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА РАЗНЫХ ФОНАХ УДОБРЕННОСТИ

Морозов А.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *alex.morozoff76@yandex.ru*

Резюме: *Представлены результаты полевого опыта по изучению эффективности возделывания интенсивного сорта ярового ячменя Паустиан на разных фонах удобренности с применением ретардантов Моддус и Мессидор в почвенно-климатических условиях Курской области. Установлено положительное влияние ретардантов на повышение устойчивости посевов при возделывании ячменя на среднем и высоком фонах удобренности. В среднем за 3 года исследований применение ретардантов на среднем фоне обеспечивает повышение урожайности от 0,19 до 0,26 т/га, на высоком фоне – от 0,16 до 0,31 т/га. Наилучшие экономические показатели были установлены при возделывании фуражного ячменя на среднем фоне удобренности ($N_{15}P_{39}K_{39}$ + предпосевное внесение N_{68} кг/га в д. в.) с применением ретардантов Моддус в дозе 0,2 л/га или Мессидор в дозе 0,5 л/га.*

Ключевые слова: *яровой ячмень, фон удобренности, ретарданты, урожайность, экономическая эффективность.*

Summary*. The results of a field experiment on the study of the effectiveness of cultivation of an intensive variety of spring barley Paustian on different fertilization backgrounds with the use of Moddus and Messidor retardants in the soil and climatic conditions of the Kursk region are presented. The positive effect of retardants on increasing the stability of crops during the cultivation of barley at medium and high fertilization backgrounds has been established. On average, over 3 years of research, the use of retardants on an average background provides an increase in yield from 0.19 to 0.26 t / ha, on a high background – from 0.16 to 0.31 t / ha. The best economic indicators were established when cultivating feed barley on an average background of fertilization ($N_{15}P_{39}K_{39}$ + pre-sowing application of N_{68} kg/ha in a.v.) with the use of Moddus retardants at a dose of 0.2 l/ha or Messidor at a dose of 0.5 l/ha.*

Key words: *spring barley, fertilization background, retardants, yield, economic efficiency.*

Введение. При интенсификации технологии возделывания ярового ячменя (*Hordeum vulgare L.*) рост продуктивности этой культуры может быт ограничен полеганием посевов. Отрицательное действие полегания посевов проявляется не только формированием более низкого урожая и снижением его качества за счет ухудшения налива зерна, но также является одной из основных причин увеличения его потерь при уборке.

Во время уборки полегшей и более влажной массы ячменя механические потери зерна могут достигать 35 %, снижается производительность уборочной техники и увеличивается расход горючего, кроме того, требуются дополнительные затраты на сушку зерна [1].

Эффективным агротехническим приемом, предупреждающим полегание посевов, на ряду с подбором короткостебельных сортов, применения сбалансированного минерального питания, дробного внесения азотных удобрений в небольших дозах и формирования оптимальной густоты стояния растений за счет регулирования нормы высева семян является применение ретардантов [2-4].

Однако, регуляторы роста ретардантного действия рекомендуется применять на всех зерновых колосовых культурах и в т. ч. яровом ячмене в диапазоне норм расхода не зависимо от уровня удобренности посевов. Определение оптимальных дозировок этих препаратов с учетом действия минеральных удобрений на рост растений позволит не только повысить эффективность их применения, но и в полной мере реализовать потенциал продуктивности возделываемых интенсивных сортов ярового ячменя.

Целью исследований являлось изучение эффективности возделывания интенсивного сорта ярового ячменя Паустиан на фураж с применением ретардантов Моддус и Мессидор на разных фонах удобренности в условиях черноземных почв Курской области.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2018-2020 гг. на базе хозяйства ООО «Защитное-Север» Щигровского района Курской области. Объект исследований – среднеспелый, интенсивный сорт ярового ячменя Паустиан, включенный в Государственный реестр по Центрально-Черноземному региону и рекомендованный для возделывания в Курской области [5].

Метеорологические условия вегетационных периодов ярового ячменя в годы проведения исследований имели различия и сложились следующим образом: в 2018 г. он характеризовался как засушливый с повышенным температурным режимом (ГТК=0,95); 2019 г. – слабозасушливый с умеренным температурным режимом (ГТК=1,26); 2020 г. – избыточно влажный и прохладный (ГТК=1,93).

Для изучения эффективности возделывания сорта ярового ячменя Паустиан с применением ретардантов на разных фонах удобренности был заложен полевой опыт методом расщепленных делянок в четырехкратной повторности с систематическим расположением вариантов в три яруса [6]. Общая площадь делянки 240 м^2, учетная – 220 м^2.

Схема двухфакторного опыта предусматривала разные дозы внесения ретардантов Моддус и Мессидор на трех фонах удобренности: естественный, средний и высокий.

Естественный фон – без внесения удобрений. Потребность растений в элементах питания обеспечивается за счет естественного плодородия почвы. Средний фон включал основное внесение минеральных удобрений $N_{15}P_{39}K_{39}$ кг/га в д. в. (диаммофоска 150 кг/га) и предпосевное внесение N_{68} кг/га в д. в. (аммиачная селитра 200 кг/га). Высокий фон питания включал основное внесение минеральных удобрений $N_{27}P_{70}K_{70}$ кг/га в д. в. (диаммофоска 270 кг/га), предпосевное внесение N_{68} кг/га в д. в. (аммиачная селитра 200 кг/га) и азотную подкормку N_{34} кг/га в д. в. (аммиачная селитра 100 кг/га) в фазе выхода в трубку.

Применение ретардантов включало контроль (без обработки), три варианта с обработкой посевов препаратом Моддус в дозе 0,2, 0,4, 0,6 л/га и три варианта с обработкой посевов препаратом Мессидор в дозе 0,5, 1,0, 1,5 л/га. Обработку посевов ячменя ретардантами проводили в фазе кущения (ДК 23-24).

Сев ячменя выполняли в оптимальные календарные сроки с шириной междурядий 12,5 см и нормой высева семян 3,5 млн. шт./га по предшественнику – соя. Остальные агротехнические приемы возделывания ярового ячменя на фураж были общепринятые для хозяйств Курской области.

Устойчивость посевов ячменя к полеганию оценивали по пятибалльной шкале согласно методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Урожайность ячменя определяли методом сплошного учета с пересчетом на стандартную влажность (14 %) и чистоту 100 %. Обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что метеорологические условия вегетационных периодов ярового ячменя по-разному оказывали влияние на состояние посевов в контрольном варианте (без обработки ретардантами). В 2018 г. полегание посевов ячменя отмечалось лишь на высоком фоне удобренности (4 балла), в 2019 г. – на высоком и среднем фонах (3-4 балла), а в 2020 г. оно проявилось в большей степени, не только на высоком и среднем фонах (2-3 балла), но и на естественном фоне (4 балла).

В среднем за годы исследований наибольшая устойчивость посевов ярового ячменя к полеганию наблюдалась при применении препарата Моддус в дозе 0,6 л/га. При этом степень полегания на среднем фоне составляла 4,8 балла, а на высоком фоне – 4,5 балла, что было выше контроля соответственно на 1,0 и 1,3 балла. В вариантах с препаратом Мессидор наименьшее полегание посевов отмечалась при обработке в дозе 1,0 л/га и составляло на среднем фоне 4,7 балла, на высоком фоне – 4,6 балла, что выше контроля соответственно на 0,9 и 1,4 балла.

Применение ретардантов на разных фонах удобренности оказало влияние на урожайность ярового ячменя (табл. 1). Наибольшая урожайность в среднем за 3 года была получена при обработке посевов препаратом Мессидор в дозе 1,0 л/га и составила на среднем фоне 6,58 т/га, высоком фоне – 6,77 т/га. При этом прибавка урожая по сравнению с контролем для среднего фона составила 0,26 т/га, высокого фона – 0,31 т/га. Ретардант Моддус на среднем и высоком фоне обеспечил наибольшую урожайность зерна ячменя 6,56 и 6,72 т/га при обработке посевов в дозе 0,4 л/га, где по отношению к контролю прибавка урожая составила соответственно 0,24 и 0,26 т/га.

Таблица 1 – Урожайность ярового ячменя (2018-2020 гг.), т/га

Фон удобренности	Контроль	Доза внесения ретарданта, л/га					
		Моддус			Мессидор		
		0,2	0,4	0,6	0,5	1,0	1,5
Естественный	5,32	5,21	5,04	4,53	5,10	5,06	5,17
Средний	6,32	6,55	6,56	6,51	6,54	6,58	6,57
Высокий	6,46	6,71	6,72	6,72	6,66	6,77	6,62
$НСР_{05}$	по фактору «фон удобренности»						0,13
	по фактору «доза внесения ретарданта»						0,19
	Обобщенная						0,33

Расчет экономической эффективности возделывания ярового ячменя на фураж показал, что стоимость продукции, полученной на среднем и высоком фонах удобренности практически во всех вариантах с обработкой посевов ретардантами окупает увеличивающиеся производственные затраты и обеспечивает рост условно чистого дохода с 1 га (табл. 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя на фураж (2018-2020 гг.)

Доза ретарданта	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость продукции, руб./т	Условно чистый доход, руб./га
Средний фон удобренности				
Контроль	71766	34417	5450	37350
Моддус 0,2 л/га	74427	35370	5401	39057
Моддус 0,4 л/га	74519	35862	5469	38657
Моддус 0,6 л/га	73964	36354	5586	37609
Мессидор 0,5 л/га	74304	35604	5445	38701
Мессидор 1,0 л/га	74791	36329	5520	38463
Мессидор 1,5 л/га	74690	37054	5638	37637
Высокий фон удобренности				
Контроль	73385	38891	6022	34494
Моддус 0,2 л/га	76199	39845	5942	36354
Моддус 0,4 л/га	76392	40337	6000	36055
Моддус 0,6 л/га	76328	40829	6079	35499
Мессидор 0,5 л/га	75720	40078	6015	35642
Мессидор 1,0 л/га	76872	40803	6032	36069
Мессидор 1,5 л/га	75213	41528	6275	33685

Самый высокий условно чистый доход (39057 руб./га) с минимальной себестоимостью продукции (5401 руб./т) был получен при возделывании ячменя на среднем фоне удобренности с применением ретарданта Моддус в дозе 0,2 л/га. В вариантах с применением ретарданта Мессидор наибольший условно чистый доход (38701 руб./га) и минимальная себестоимость продукции (5445 руб./т) отмечалась на среднем фоне с обработкой посевов в дозе 0,5 л/га.

Применение ретардантов на высоком фоне удобренности не смотря на рост стоимости полученной продукции (на 523-2364 руб./га) относительно среднего фона в следствии увеличения производственных затрат (на 4475 руб./га) привело к повышению себестоимости 1 т зерна на 493-637 руб. и снижению условно чистого дохода на 2110-3952 руб./га.

Выводы. Применение ретардантов в условиях черноземных почв Курской области является эффективным агротехническим приемом при возделывании интенсивных сортов ярового ячменя на среднем и высоком фонах удобренности. В среднем за годы исследований рост урожайности сорта ячменя Паустиан при обработке посевов ретардантами на среднем фоне составил 3,0-4,1 %, высоком фоне – 2,5-4,8 %.

Применение ретардантов на высоком фоне удобренности не обеспечило достаточно высокий уровень урожайности, что при возросших

производственных затратах привело к увеличению себестоимости полученной продукции и снижению условно чистого дохода. Экономически наиболее выгодным было возделывание фуражного ячменя на среднем фоне удобренности с обработкой посевов ретардантами Моддус в дозе 0,2 л/га или Мессидор в дозе 0,5 л/га.

Библиографический список

1. Привалов Ф.И. Ретарданты в посевах ярового ячменя // Защита и карантин растений. – 2012. – № 12. – С. 24-26.
2. Гафуров Р.М., Рахимов В.М., Молодчуев А.А. Оценка применения нового регулятора роста растений в посевах озимой пшеницы //Агрохимический вестник. – 2012. – № 4. – С. 20-21.
3. Смирнов А.А., Кирсанов З.А., Курятникова Н.А. Влияние регуляторов роста на урожайность овса голозерного в условиях лесостепи Поволжья // Достижения науки и техники АПК. – 2008. № 2. – С. 35-36.
4. Говоркова С.Б., Гафуров Р.М., Цымбалова В.А., Калабашкина Е.В. Изучение влияния нового регулятора роста растений с ретардантными свойствами на степень полегания озимой пшеницы // Земледелие. – 2019. № 5. – С. 39-41.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию Т. 1. (Сорта растений). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 719 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. – 351 с.

УДК 631.95: 631.4: 631/635: 632

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОЛОГИЗАЦИИ И ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Нагорных А.В., Долгополова Н.В.
«Курский ГАУ», Курск
E-mail: *dunaj-natalya@yandex.ru*

Резюме. *Статья раскрывает тенденцию в развитии земледелия, которое немыслимо без дальнейшей разработки агротехнических, агрохимических, биологических и экономических методов мобилизации почвенного плодородия, воспроизводства его потенциальных возможностей. В настоящее время остро встал вопрос о расширенном воспроизводстве почвенного плодородия. Последнее достигается физическими (правильная обработка почвы, борьба с эрозией и др.), агрохимическими и биохимическими, мелиоративными и биологическими методами.*

В земледелии важнейшими задачами является повышение эффективности использования земли, плодородия почв и урожайности всех сельскохозяйственных культур на основе применения зональных научно обоснованных систем ведения хозяйства. В связи с интенсификацией земледелия возрастает вынос питательных веществ из почвы, ухудшаются ее физические свойства, и она уплотняется. Вследствие эрозии теряются также вносимые удобрения и ядохимикаты, заиливаются реки и водоемы, загрязняется окружающая среда. Механическая обработка почвы - основное средство регулирования ее агрофизических свойств. Она является важнейшим звеном зональных систем земледелия. Совершенствование систем обработки почвы должно осуществляться на

основе дифференцированного подхода с учетом особенностей климата, почвенного покрова, подверженности его эрозии, рельефа поля, требований культур севооборотов, интенсивных технологий. Вследствие механической обработки почвы, изменения строения пахотного слоя обеспечиваются наиболее благоприятные условия для протекания биологических, физико-химических, физических процессов в почве. Наличие кислорода, влажность почвы, реакция почвенного раствора в обработанной почве изменяются в положительную сторону, что усиливает активность почвенной микрофлоры, которая, участвуя в синтезе и разложении органического вещества, обогащает почву перегноем и увеличивает содержание в ней доступных для растений форм азота, фосфора, калия, магния, серы, железа и других жизненно важных элементов питания растений.

Незаменима роль механической обработки почвы в уничтожении сорняков вредителей и болезней культурных растений, а также в заделке растительных остатков и удобрений на определенную глубину, что позволяет создать однородный по плодородию пахотный слой, благоприятный для развития корневой системы растений. Правильная система обработки почвы - один из действенных приемов получения высоких урожаев. При сочетании с системой удобрений в севооборотах она обеспечивает высокую эффективность и наиболее рациональное использование плодородия почв. Создание условий для обогащения почвы органическим веществом, в том числе за счет использования приемов обработки почвы, позволяет вести успешную борьбу по оздоровлению ее от фитопатогенов. В этом отношении санитарная роль обработки почвы очень велика. В настоящее время в почву попадает большое количество соединений неферментативного, искусственного синтеза (промышленные и бытовые стоки, минеральные удобрения, пестициды), характеризующихся высокой биологической активностью. В этих условиях важнейшая задача обработки почвы - осуществление «без остаточного обмена веществ», активизация деятельности сапрофитных микроорганизмов по разрушению соединений искусственного синтеза с тем, чтобы предотвратить накопление в почве вредных веществ. Самоочищению почвы способствует рыхление. Заслуживают внимания результаты исследований по дифференциации пахотного слоя почвы. Они дают основание сделать выводы о необязательности ежегодной вспашки, целесообразности проведения разноглубинной обработки, возможности применения поверхностной обработки, сочетания в севооборотах отвальной и безотвальной обработок. Одним из условий получения высоких и стабильных урожаев является оптимальная плотность сложения пахотного слоя, которую регулируют механической обработкой.

Севооборот, имеет важное значение в эффективном воспроизводстве запасов органического вещества почвы. Поэтому структура посевных площадей с учетом почвенно-климатических условий должна быть таковой, чтобы можно было в максимальной степени использовать положительную роль основных и промежуточных культур за счет увеличения продолжительности их воздействия, как в пространстве, так и во времени. Некоторые авторы

отмечают роль бобовых культур в севообороте как способа рационального решения многих земледельческих проблем (дешевый источник азота и кормового белка, фактор повышения плодородия почв и защиты их от разрушения и др.) [1, 2]. Растительные остатки имеют значение не только как фактор накопления гумуса, но и как источник питательных веществ, высвобождаемых в результате минерализации промежуточных продуктов разложения в почве. Сохранение при этом высокого уровня биологической активности почв – необходимое условие повышения эффективного их плодородия.

Растительные остатки всевозможных культур, а также различные виды вносимых органических удобрений отличаются большим разнообразием химического состава, что при прочих условиях сильно влияет на интенсивность процессов минерализации-гумификации органического вещества. Широко применяемым показателем для оценки химического состава и биологической активности субстрата является отношение C/N. М. И. Сидоров и Н. И. Зезюков считают, что эффективно чередование культур с различным химическим составом послеуборочных (негумифицированных) растительных остатков, что обусловливает большую степень их разложения. При этом создается благоприятное фитосанитарное состояние почвы и условие для получения высоких урожаев процессы гумификации-минерализации органических остатков (прижизненные и постмортальные), связанные с физиологическим состоянием растений по фазам роста и развития, изменениями климатических условий, в т. ч. с неодинаковой интенсивностью солнечного излучения и др. [3,4].

Динамичность этих процессов в значительной степени определяет жизнь почвы и ее плодородие. Однако за минувшее столетие после В.В. Докучаева черноземы утратили 100-150 т/га гумуса в весовом выражении (с учетом мощности горизонтов). По расчетам Г.Я. Чесняка, Н.И. Лактионова с соавторами потеря гумуса за сто лет достигает до 90 т/га, и это подтвержденный факт. Мы все усилия должны направить на пополнение гумуса, на восстановление плодородия всеми известными в агрономической науке методами.

Таблица – Изменение содержания гумуса и его потери в пахотном слое (0-30) черноземов Европейской части России за 100 лет [5, 6]

Подтип чернозема	Место расположения	Содержание и запасы гумуса				Потери гумуса за 100 лет, т/га	Среднегодовые потери гумуса, т/га	Потери гумуса от исходных запасов, %
		1881		1981				
		% к весу почвы	т/га	% к весу почвы	т/га			
Типичный	Тамбовская область Воронежская область	10-13	300-900	7-10	210-300	90	0,9-0,9	23-30
Выщелоченный	Курская область	7-10	221-315	4-7	142-248	67-79	0,7-0,8	21-36
Обыкновенный	Воронежская область	7-10	221-315	4-7	150-263	52-71	0,5-0,7	17-32

При постоянном пополнении запасов органического вещества почвы свежими растительными остатками процессы обновления гумусовых веществ почвы усиливаются в несколько раз [7, 8]. Интенсивность процессов синтеза распада органического вещества тесно связана с уровнем плодородия почв и, в частности, с ее биогенностью. В пределах разных почвенно-климатических зон страны наибольшей потенциальной возможностью гумусообразования обладают черноземные почвы.

Возрастающая агрономическая роль органического вещества почвы в условиях интенсивного земледелия обусловливает необходимость изучения процессов его трансформации и вероятности их регулирования с помощью агротехнических приемом [9, 10, 11]. С помощью земледельческих приемов можно изменить соотношение между процессами синтеза и распада поступающего в почву энергетического материала, что является наиболее эффективным способом воздействия на гумусное состояние почв. Поэтому знание закономерностей превращения исходного энергетического материала имеет большое теоретическое и практическое значение. Значимость рассматриваемых вопросов возрастает в связи с неполным возмещением минерализационных потерь органического вещества в агроценозах и необходимостью дальнейшего расширенного воспроизводства почвенного плодородия - важнейшего условия всемерной интенсификации сельскохозяйственного производства.

Требование точного (балансового) учета содержания органического вещества и направленного регулирования его качественного состояния обусловливает качественно новый уровень научных исследований органического вещества почвы с привлечением современных методов (изотопно-индикаторный метод, углубленные исследования биохимических и микробиологических аспектов гумусообразования, длительные полевые наблюдения за гумусовым балансом при строгом контроле параметров поступления и потерь органических веществ и т.д.). Изучение динамичности процессов трансформации органического вещества почвы позволит выявить новые аспекты его агрономической роли в сложной совокупности и взаимозависимости факторов почвенного плодородия.

Библиографический список

1. Стифеев А.И., Никитина О.В., Лазарев В.И., Зиновьев Р.А. Экология пахотных земель Центрального Черноземья в условиях антропогенного воздействия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. - №5. - С. 37 – 45.
2. Дудкин В.М., Акименко А.С., Дудкин И.В., Брежнев К.Е. Эффективность факторов биологизации земледелия в лесостепи Центрального Черноземья // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 1998. - № 1. - С. 25-27.
3. Долгополова Н.В., Малышева Е.В., Нагорных А.В., Воронина А.А., Ковынев Б.М. Основа биологизации земледелия сельскохозяйственных агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 6-11.
4. Недбаев В.Н., Малышева Е.В. Содержание гумуса в темно-серых лесных почвах и его трансформация в агроландшафтах центрально-черноземной зоны // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 65-70.
5. Долгополова Н.В., Широких Е.В. Изменение запаса органического вещества чернозема типичного в зависимости от вида, эродированности и местоположения угодий

/Долгополова Н.В., Широких Е.В.//
Региональный вестник. 2015. № 1. С. 27-30.
6. Пигорев И.Я., Беседин Н.В., Недбаев В.Н., Малышева Е.В. Окультуривание зональных почв Черноземья отходами свеклосахарного производства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 15-20.
7. Batrachenko E.A., Dolgopolova N.V., Dudkina T.A. Investigation of the soil cover ecological state under the different geomorphological elements conditions // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 42081.
8. Долгополова Н.В., Акименко А.С. Основные элементы в севообороте и оптимальные технологии при выращивании яровых зерновых в агроландшафте ЦЧЗ // Долгополова Н.В., Акименко А.С.// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.
2017. № 1. С. 11-15.
9. Никитина О.В., Стифеев А.И., Проскурин В.А. Проблемы биологизации земледелия в условиях Центрально-Чернозёмного региона Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. - №5. - С. 6 – 12.
10. Недбаев В.Н., Малышева Е.В. Содержание гумуса в темно-серых лесных почвах и его трансформация в агроландшафтах центрально-черноземной зоны //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 65-70.
11. Долгополова Н.В. Биологическая система земледелия и воспроизводство плодородия почвы в лесостепи центрального Черноземья // Региональный вестник. 2016. № 2 (3). С. 29-32.

УДК 628.4

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ С ПОМОЩЬЮ РЕЦИКЛИНГА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Неменущая Л.А.
ФГБНУ «Росинформагротех», р.п. Правдинский
E-mail: *nela-21@mail.ru*

***Резюме**. Показаны основные направления рециклинга растительных отходов для ресурсосбережения в земледелии. Рассмотрены возможности повышения его эффективности. Представлены примеры разработанных и применяемых технологий в данной области.*
***Summary**. The main directions of plant waste recycling for resource saving in agriculture are shown. The possibilities of increasing its efficiency are considered. Examples of developed and applied technologies in this area are presented.*

Приоритетными направлениями государственной политики в области обращения с отходами являются: максимальное использование перерабатываемого сырья; сокращение и по возможности предотвращение образования отходов; снижение их класса опасности; эффективные обработка, обезвреживание и утилизация. Реализовать указанные направления возможно с помощью внедрения технологий рециклинга.

Отходы растениеводства широко применяются в земледельческой практике. Солома и другие растительные отходы являются важным источником органических удобрений. Для интенсификации процессов гумификации растительных отходов, их обрабатывают специальными препаратами, в таблице 1 представлены их примеры и характеристика [1].

Таблица 1 – Примеры эффективных биодеструкторов растительных отходов

Название	Краткая характеристика
Гумификатор – Ризобакт СП	Доза обработки 1-3 л/га. Подавляет патогенную и гнилостную микрофлору за счет развития на остатках полезных микроорганизмов.
Биодеструктор Уникальный гумус+	Обеспечивает эффективность разложения отходов (1,5-3 месяца 80 % от общего объема и 100 % – при наличии достаточного количества влаги) и восстановление плодородия почв. Для ускорения процесса разложения необходимо совместное внесение азотных удобрений 10 кг д.в./га.
Биодеструкторы Баркон и Байкал ЭМ 1	Применение увеличило суммарные размеры минерализации углерода на 32 и 64 %, соответственно.

Существуют разработки и технологии производства удобрений из растительных остатков таблица 2 [2, 3].

Таблица 2 – Примеры удобрений из растительных остатков

Название	Краткая характеристика
Композиционные полимерные препараты	Получаются путем карбоксиметилирования различного вида растительных отходов (опилок, цветковых пленок овса, лузги подсолнечника). В зависимости от дозы внесения препарата водопрочность почвы повышается в 1,2-3,5 раза по сравнению с контролем.
Прилипатель	Производится методом химического модифицирования цветковых пленок овса. Применяется водный раствор препарата в баковой смеси в качестве прилипателя при обработке посевов яровой пшеницы в фазу кущения против сорняков. Обеспечивает прибавку урожайности.

В этой области работы также ведутся по созданию оборудования для производства удобрений из растительных отходов. Технология и устройство для приготовления удобрения разработаны в ФГБНУ Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф.Г. Кисриева, ФАНО России. Оно обеспечивает сокращение затрат времени и труда на всех технологических операциях [4].

Эффективная переработка отходов в плодородный субстрат возможна при помощи насекомых. Так, использование с этой целью тараканов Pycnoscelus nigra обеспечивает утилизацию растительной биомассы, богатой лигнинцеллюлозой, в течение нескольких суток, или часов, в зависимости от численности колонии [5].

Переработанные из растительных отходов удобрения способствуют сохранению окружающей среды и улучшают физико-химические свойства почвы, ее плодородие при минимуме вложений. Это направление рециклинга давно развивается и перспективно в будущем, в том числе для органического земледелия, плодородие почвы в котором достигается чаще всего за счет разложения растительной массы.

Библиографический список
1. Неменущая Л.А., Манохина А.А. Экологические технологии рециклинга растительного сырья // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 8. – С. 30-35.
2. Мальцев М.И., Калюта Е.В., Маркин В.И., Катраков И.Б. Применение химически модифицированного растительного сырья в качестве структурообразователей почвы // Химия растительного сырья. – 2023. – №5. – С.555-582.
3. Прилипатель из модифицированных цветковых пленок овса [Электронный ресурс]. URL: https://mcx.gov.ru/press-service/novosti-agrarnoy-nauki-i-obrazovaniya/altayskie-uchenye-zapatentovali-sposob-povysheniya-urozhaynosti-yarovoy-pshenitsy/(дата обращения: 15.03.2023).
4. Галимов А.Х., Алимов В.С. Устройство для приготовления жидкого удобрения из растительного сырья и внесения его с поливной водой // Агроном. – 2015. – №10. – С.49-51.
5. Manukovsky N.S., Kovalev V.S., Rygalov V.Y., Zolotukhin I.G. Waste bioregeneration in life support CES: development of soil organic substrate // Adv. Space Res. – 1997. – V. 10. – P. 1827-1832.

УДК:631.582:631.51.021:631.82:631.445.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ И ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЦЧР

Нитченко Л.Б.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *Nitchenko58@yandex.ru*

Резюме. *Продуктивность зернопаропропашного севооборота была больше при отвальной системе основной обработки почвы, по сравнению с комбинированной и безотвальной. В зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах продуктивность была практически равной при отвальной и комбинированной системах обработки почвы с уровнем удобренности $N_{280}P_{300}K_{320}$. Внесение минеральных удобрений способствовало достоверному повышению продуктивности севооборотов.*
Ключевые слова: *севооборот, система основной обработки почвы, минеральные удобрения, продуктивность.*
Summary. *The productivity of the grain-fallow-row crop rotation was greater with the dump system of the main tillage, compared with the combined and non-dump tillage. In the grain-grass-row and grain-grass crop rotations, productivity was almost equal with dump and combined tillage systems with a fertilization level of N280P300K320. The introduction of mineral fertilizers contributed to a significant increase in crop rotation productivity.*
Key words: *crop rotation, basic tillage system, mineral fertilizers, productivity.*

В современном земледелии при применении ресурсосберегающих технологий значение чередования сельскохозяйственных культур в севооборотах возрастает, так как это позволит повысить эффективность агротехнологий. Результаты исследований показали [1-3], что самый высокий сбор зерна получен по предшественнику чистый пар. Однако, многие исследователи [4, 5] считают, что включение в структуру посевных площадей сидеральных, бобовых культур и многолетних трав даёт возможность частично удовлетворить потребности культур севооборота в элементах питания и стабилизировать урожайность сельскохозяйственных культур по годам. Применение безотвальных способов основной обработки почвы, как показали результаты исследований [6, 7], не приводило к значительному снижению урожайности, по сравнению со

вспашкой. По мнению других ученых [8-10], наибольшую урожайность зерновых культур обеспечивала вспашка. Одним из основных факторов, влияющих на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборотов, является применение минеральных удобрений [11, 12].

Цель исследований - оценить продуктивность зернопаропропашного, зернотравянопропашного и зернотравяного севооборотов в зависимости от применяемых систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений на чернозёмах ЦЧР.

Исследования проводили в 2020-2023 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино, Курская область, Медвенский район) на склоне северной экспозиции (крутизна склона 3°12′ – 6°40′). Схема опыта включала следующие факторы: – севооборот: *зернопаропропашной:* озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень − чистый пар; *зернотравянопропашной:* озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень+клевер – клевер первого года; *зернотравяной:* озимая пшеница – ячмень+эспарцет – эспарцет 1-го года – эспарцет 2-го года; - система основной обработки почвы: *отвальная* на глубину 20…22 см (под все культуры севооборота вспашка); *безотвальная* на глубину 20…22 см (под все культуры севооборота безотвальное рыхление); *комбинированная*, включающая вспашку на глубину 25…27 см под кукурузу на зеленый корм и дискование на глубину 8-10 см под озимую пшеницу и ячмень; - минеральные удобрения: *без внесения удобрений*, *с внесением одинарных* ($N_{20}P_{40}K_{40}$ под озимую пшеницу, $N_{90}P_{80}K_{90}$ под кукурузу на зеленый корм, $N_{30}P_{30}K_{30}$ под ячмень и ячмень с подсевом клевера) *и двойных доз* удобрений ($N_{40}P_{80}K_{80}$ под озимую пшеницу, $N_{180}P_{160}K_{180}$ под кукурузу на зеленый корм, $N_{60}P_{60}K_{60}$ под ячмень и ячмень с подсевом клевера). Уровень удобренности севооборотов: без удобрений, $N_{140}P_{150}K_{160}$, $N_{280}P_{300}K_{320}$.

Опыт заложен методом расщепленных делянок. Площадь делянок 280 м^2. Повторность двукратная. По изучаемым в севооборотах культурам была определена фактическая урожайность, затем был проведен перерасчет фактической урожайности изучаемых культур в зерновые единицы с помощью коэффициентов перевода продукции растениеводства: озимая пшеница и ячмень – 1,0, кукуруза на зеленый корм – 0,17, клевер и эспарцет – 0,5 [13]. Это позволило привести изучаемые культуры к общему сопоставимому показателю по продуктивности. Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый среднегумусный. Агрометеорологические условия в период весенне-летней вегетации сельскохозяйственных культур отличались повышенными температурами и в первой половине вегетации дефицитом осадков.

Проведенные исследования показали, что в зернопаропропашном севообороте (таблица 1) наибольшие значения продуктивности, как по изучаемым культурам, так и в среднем по севообороту, были получены при отвальной обработке почвы. В варианте без удобрений при отвальной обработке средняя продуктивность севооборота составила 3,29 т/га з. ед., при комбинированной - была достоверно ниже ($НСР_{05}$=0,08 т / га з. ед.) на 0,09 т/га з. ед., при безотвальной – ниже на 0,10 т/га з. ед. При внесении одинарных доз удобрений

снижение продуктивности при комбинированной обработке составило 0,13, при безотвальной - 0,20 т / га з. ед.; при внесении двойных доз удобрений снижение соответственно равнялось 0,10 и 0,22 т / га з. ед. Наибольшая продуктивность севооборота отмечена при отвальной обработке почвы 3,29-4,58 т / га з. ед. Наибольшей в севообороте продуктивность была при возделывании кукурузы на зеленый корм – 7,12-8,59 т / га з. ед.

Таблица 1 – Продуктивность зернопаропропашного севооборота в зависимости от обработок почвы и доз удобрений (2020-2023 гг.)

Обработка почвы (А)	Удобрения (В)	Продуктивность, т / га з. ед.					Прибавка, +/- т/га з. ед.		Окупаемость 1 кг NPK, кг з. ед.
		озимая пшеница	кукуруза	ячмень	чистый пар	средняя	обработка	удобрения	
Отвальная	-	3,25	7,16	2,74	-	3,29	-	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	4,02	8,02	4,16	-	4,05	-	+0,76	6,8
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	5,04	8,59	4,68	-	4,58	-	+1,29	5,7
Комбинированная	-	2,99	7,12	2,68	-	3,20	-0,09	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,90	7,94	3,83	-	3,92	-0,13	+0,70	6,2
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	5,02	8,33	4,57	-	4,48	-0,10	+1,28	5,7
Безотвальная	-	3,10	7,12	2,52	-	3,19	-0,10	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,97	7,51	3,93	-	3,85	-0,20	+0,66	5,9
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	4,88	8,28	4,30	-	4,36	-0,22	+1,17	5,2
$НСР_{05}$ (для севооборота), т / га з. ед. А=0,08 В=0,08 АВ=0,14									

Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборота статистически достоверно на 5 %-ном уровне значимости при всех изучаемых обработках почвы ($НСР_{05}$=0,08 т / га з. ед.). При уровне удобренности севооборота $N_{140}P_{150}K_{160}$ показатели продуктивности были выше на 0,66-0,76 т/га з. ед., с $N_{280}P_{300}K_{320}$ - на 1,17-1,29 т/га з. ед., по сравнению с вариантом без удобрений. Наибольшая продуктивность севооборота отмечена при отвальной обработке почвы с дозой $N_{280}P_{300}K_{320}$ - 4,58 т / га з. ед. Наибольшая окупаемость минеральных удобрений отмечена при отвальной обработке почвы с уровнем удобренности $N_{140}P_{150}K_{160}$ – 6,8 кг з. ед. на 1 кг NPK. **З**ернопаропропашной севооборот с чистым паром отличался более высокой продуктивностью возделываемых культур, но в среднем по продуктивности уступал зернотравянопропашному за счет посева клевера.

В зернотравянопропашном севообороте (таблица 2) достоверное снижение ($НСР_{05}$=0,23 т/га з. ед.) продуктивности севооборота отмечено при комбинированной обработке только в варианте без удобрений – на 0,23, при безотвальной – в варианте без удобрений на 0,25 и при уровне удобренности $N_{280}P_{300}K_{320}$ - на 0,27 т/га з. ед., по сравнению с отвальной обработкой. Наибольшие значения средней продуктивности севооборота были получены при отвальной обработке почвы с уровнем удобренности $N_{280}P_{300}K_{320}$ – 5,18 т/га з. ед. Несущественно ниже этот показатель был при комбинированной обработке – 5,16 т/га з. ед. Наибольшая окупаемость минеральных удобрений отмечена при комбинированной обработке с уровнем удобренности $N_{140}P_{150}K_{160}$ –10,0 кг з. ед. на 1 кг NPK.

Таблица 2 – Влияние обработок почвы и доз удобрений на продуктивность зернотравянопропашного севооборота (2020-2023 гг.)

Обработка почвы (А)	Удобрения (В)	Продуктивность, т / га з. ед.					Прибавка, +/- т/га з. ед.		Окупаемость 1 кг NPK, кг з. ед.
		озимая пшеница	кукуруза	ячмень	клевер (сено)	средняя	обработка	удобрения	
Отвальная	-	3,02	7,00	2,70	2,4	3,78	-	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,58	7,87	4,04	2,6	4,52	-	+0,74	6,6
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	4,62	8,43	4,47	3,2	5,18	-	+1,40	6,2
Комбинированная	-	2,65	6,97	2,59	2	3,55	-0,23	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,92	7,79	3,99	3	4,67	+0,15	+1,12	10,0
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	4,40	8,33	4,32	3,6	5,16	-0,02	+1,61	7,2
Безотвальная	-	2,47	6,99	2,45	2,2	3,53	-0,25	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,97	7,38	3,74	2,6	4,42	-0,10	+0,89	7,9
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	4,35	8,13	4,18	3	4,91	-0,27	+1,38	6,1
$НСР_{05}$ (для севооборота), т / га з. ед. А=0,23 В=0,23 АВ=0,40									

В зернотравяном севообороте продуктивность зерновых культур и севооборота была самой низкой, по сравнению с другими изучаемыми севооборотами. Достоверное снижение ($НСР_{05}$=0,16 т/га з. ед.) продуктивности зернотравяного севооборота (таблица 3) отмечено при комбинированной обработке в варианте без удобрений на 0,23 и при внесении $N_{140}P_{150}K_{160}$ на 0,26 т/га з. ед.; при безотвальной – в варианте без удобрений на 0,21, при уровне удобренности $N_{140}P_{150}K_{160}$ – на 0,32, $N_{280}P_{300}K_{320}$ на 0,24 т/га з. ед., по сравнению с отвальной обработкой.

Таблица 3 – Влияние обработок почвы и доз удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота (2020-2023 гг.)

Обработка почвы (А)	Удобрения (В)	Продуктивность, т / га з. ед.					Прибавка, +/- т/га з. ед.		Окупаемость 1 кг NPK, кг з. ед.
		озимая пшеница	ячмень+ эспарцет	эспарцет 1 г. (сено)	эспарцет 2 г. (сено)	средняя	обработка	удобрения	
Отвальная	-	2,46	2,59	2,00	2,80	2,46	-	-	-
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,27	3,04	2,20	3,80	3,08	-	+0,62	5,5
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	3,87	3,17	2,40	4,00	3,36	-	+0,90	4,0
Комбинированная	-	2,34	2,57	1,20	2,80	2,23	-0,23	-	
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,34	2,97	1,80	3,20	2,83	-0,25	+0,60	5,3
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	3,95	3,12	2,20	4,00	3,32	-0,04	+1,09	4,8
Безотвальная	-	2,06	2,54	1,20	3,20	2,25	-0,21	-	
	$N_{140}P_{150}K_{160}$	3,20	2,84	1,40	3,60	2,76	-0,32	+0,51	4,5
	$N_{280}P_{300}K_{320}$	3,82	3,06	1,80	3,80	3,12	-0,24	+0,87	3,9
$НСР_{05}$ (для севооборота), т / га з. ед. А=0,16 В=0,16 АВ=0,27									

Наибольшие значения средней продуктивности зернотравяного севооборота были получены при отвальной обработке почвы с уровнем удобренности $N_{280}P_{300}K_{320}$ – 3,36 т/га з. ед., несущественно ниже этот показатель был при комбинированной обработке – 3,32 т/га з. ед. Наибольшая окупаемость минеральных удобрений отмечена при отвальной обработке с уровнем удобренности

$N_{140}P_{150}K_{160}$ – 5,5 кг з. ед. на 1 кг NPK.

Таким образом, в зернопаропропашном севообороте наибольшая продуктивность получена при применении отвальной системы основной обработки почвы, по сравнению с комбинированной и безотвальной. В зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах продуктивность была практически равной при отвальной и комбинированной системах обработки с уровнем удобренности $N_{280}P_{300}K_{320}$. Внесение минеральных удобрений способствовало достоверному повышению продуктивности севооборотов. Наибольшая окупаемость минеральных удобрений отмечена в зеренотравянопропашном севообороте при комбинированной обработке с уровнем удобренности $N_{140}P_{150}K_{160}$.

Библиографический список

1. Морозов Н.А., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Продуктивность зернопропашного звена в шестипольных зерновых севооборотах с чистым и занятым паром // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56. – № 2. – С. 32-37.
2. Семинченко. Е.В. Влияние предшественников и приемов биологизации на продуктивность севооборотов в условиях Нижнего Поволжья // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 7-10.
3. Хакимов Р.А. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 12. – С. 16-22.
4. Кравцова Е.В. Использование сидерального удобрения для повышения урожайности озимой пшеницы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 70. – С. 54-58.
5. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А., Говорова А.В. Влияние предшественников на продуктивность и качество озимой пшеницы в севооборотах в Центральном Черноземье // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4. – № 3(68). – С. 17–19.
6. Тютюнов, С. И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В., Емец М.В., Горохова Ж.Ю. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 18-23.
7. Смуров С.И., Лукин С.В., Ермолаев С.Н., Григоров О.В. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели почвы в условиях ЦЧР // Земледелие. – 2022. – № 5. – С. 11-15.
8. Дубовик Д.В., Лазарев В.И., Айдиев А.Я. и др. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах Курской области // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 12. – С. 26-29.
9. Турусов, В.И., Гармашов В.М. Продуктивность культур зернопаропропашного севооборота при различных способах обработки почвы в условиях юго-востока Центрально-Черноземной полосы // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 55 (12). – С. 85-101.
10. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В. и др. Эффективность приёмов основной обработки почвы под яровой ячмень на чернозёмах Курской области // Земледелие. – 2021. – №2. – С. 44-48.
11. Постников П.А., Бородулина Ф.А., Васина О.В., Тиханская Е.Л. Продуктивность севооборотов с различным насыщением клевером в зависимости от фона питания // Земледелие. – 2022. - № 2, – С. 15-18.
12. Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Сальгадо Пачеко Т., Гасанова Е.С., Брехов П.Т., Стекольникова Н.В. Влияние многолетнего внесения удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства чернозема выщелоченного // Земледелие. – 2022. – № 6. – С. 11-15.
13. Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных

культур (приказ от 6 июля 2017 года N 330). – АО «Кодекс», 2023. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456080031 (дата обращения: 20.08.2023).

УДК 631.871

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ЛИНИИ ПРК «БЕЛЫЙ ЖЕМЧУГ» НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Петелин И.С., Волкова А.С.
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
E-mail: *agrotatnew@mail.ru*

Резюме. *В статье приводятся данные по посевным качествам и биометрическим показателям семян озимой пшеницы, обработанных различными препаратами ПРК «Белый Жемчуг», которые способствуют повышению их всхожести (до 97,7%), длине корешка и ростка, а также их сырой и воздушно-сухой массе проростков.*
Summary. *The article presents data on the sowing qualities and biometric indicators of winter wheat seeds treated with various preparations of the White Pearl PRK, which contribute to an increase in their germination (up to 97.7%), the length of the root and sprout, as well as their raw and air-dry weight of seedlings.*

Благодаря применению данных препаратов, идёт значительная прибавка урожайности и качества реализуемой продукции. Изучение данного направления, поможет не только повысить урожайность различных культур, в частности озимой пшеницы, но и подтвердить пользу применения подобных препаратов в сельскохозяйственном производстве, конкретно для его экологизации [1, 3].

Применение биологических препаратов при обработке семян озимой пшеницы способствует повышению не только всхожести семян, но и длины корешков, высоту ростков, а также оказывает существенное влияние на сырую и воздушно - сухую массу проростков [2, 4].

Опыт проводился в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П.Лукьяненко» на базе агротехнологического отдела, согласно ГОСТу 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» на озимой пшенице. Обрабатывались семена озимой пшеницы сорта Баграт.

Схема опыта включала:

№	Варианты опыта на озимой пшенице
1	Контроль (без обработки)
2	ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+Хлорофилл,2,0 л/т семян
3	ПРК «Белый Жемчуг, Коричневый»-2,0 л/т семян
4	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян+ ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+ Хлорофилл»,2,0 л/т семян
5	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»-2,0 л/т семян + ПРК «БелыйЖемчуг ФитоЗащита»-2,0 л/т семя

При применении данных препаратов на озимой пшенице, замечена значительная разница по изучаемым признакам в сравнении с контролем. В таблице 1 представлены посевные качества семян пшеницы, обработанных

ПРК «Белый Жемчуг».

Таблица 1 – Посевные качества озимой пшеницы при применении препаратов ПРК Белый Жемчуг

№	Вариант	Степень поражения болезнями	Энергия прорастания%	Всхожесть,%
1	Контроль (без обработки)	Сильная	86,7	88,0
2	ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+Хлорофилл,2,0 л/т семян	Средняя	88,4	93,4
3	ПРК «Белый Жемчуг, Коричневый»-2,0 л/т семян	Средняя	88,4	93,4
4	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян+ ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+ Хлорофилл»,2,0 л/т семян	Средняя	94,7	96,7
5	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»-2,0 л/т семян + ПРК «БелыйЖемчуг ФитоЗащита»-2,0 л/т семян	Слабая	97,7	97,7
$НСР_{05}$		-	1,6	2,0

Исходя из данных приведённых в таблице, видно, что показатель энергии прорастания варьировал от 86,7 до 97,7 %. Высокие результаты были получены с применением препаратов ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»-2,0 л/т семян + ПРК «БелыйЖемчуг ФитоЗащита»-2,0 л/т семян и составили 97,7 %, что на 11,0 % и 9,7 % больше по энергии прорастания и всхожести в сравнении с контролем и остальными изучаемыми вариантами.

Так же проводились наблюдения по влиянию данных препаратов на длину корешков и высоту ростков проростков озимой пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Длина корешка и высота ростка проростков озимой пшеницы, см

№	Варианты опыта на озимой пшенице	Длина корешка	Высота ростка
1	Контроль (без обработки)	9,8	10,1
2	ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+Хлорофилл,2,0 л/т семян	15,7	11,0
3	ПРК «Белый Жемчуг, Коричневый»-2,0 л/т семян	15,7	11,0
4	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян+ ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+ Хлорофилл»,2,0 л/т семян	14,9	12,6
5	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»-2,0 л/т семян + ПРК «БелыйЖемчуг ФитоЗащита»-2,0 л/т семян	12,1	13,2

Анализируя данную таблицу, мы можем сделать следующие заключение,

что совмещение нескольких препаратов даёт значительную прибавку по длине корешка и высоте ростка в сравнении с контролем. Высокие результаты были отмечены с применением препарата ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян+ ПРК «Белый Жемчуг Универсальный + Хлорофилл»,2,0 л/т семян, где длина корешка и высота ростка составила 14,9 и 12,6 см, что на 5,1 и 2,5 см больше в сравнении с контролем, соответственно.

Таблица 3 – Сырая и воздушно-сухая масса ростков и корешков озимой пшеницы, мг/растение

№	Вариант	Сырая		Воздушно-сухая	
		корешки	ростки	корешки	ростки
1	Контроль (без обработки)	68,1	74,6	9,3	10,0
2	ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+Хлорофилл,2,0 л/т семян	71,9	78,7	9,8	10,7
3	ПРК «Белый Жемчуг, Коричневый»-2,0 л/т семян	77,3	110,7	10,3	14,6
4	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян+ ПРК «Белый Жемчуг Универсальный+ Хлорофилл»,2,0 л/т семян	98,0	86,7	11,4	12,0
5	ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»-2,0 л/т семян + ПРК «БелыйЖемчуг ФитоЗащита»-2,0 л/т семян	59,3	90,0	8,8	11,8

Одним из важных показателей характеристики проростков озимой пшеницы является сырая и воздушно-сухая масса растений. Так наивысшие показатели сырой массы корешка были получены на 4 варианте с применением препаратов ПРК «Белый Жемчуг Коричневый»,2,0 л/т семян + ПРК «Белый Жемчуг Универсальный + Хлорофилл»,2,0 л/т семян, которые составили 98,0 мг/растение, что на 29,9 мг/растение больше в сравнении с контролем. А наивысшие показатели по сырой массе ростка были получены на 3 варианте и составили 110,7 мг/растение, что на 36,1 мг/растение больше в сравнении с контролем. Немаловажным показателем является и воздушно- сухая масса, где существенная прибавка была получена на 3 и 4 вариантах и составила 11,4 и 14,6 мг/растение, что на 2,1 и 4,6 мг/растение больше в сравнении с контролем.

Обработка семян озимой пшеницы различными биологическими препаратами ПРК Белый Жемчуг способствует увеличению посевных качеств на 11,0 и 9,7% в сравнении с контролем, также оказывает влияние на биометрические показатели ростков и корешков, и их сырую и воздушно-сухую массу.

Библиографический список

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (экологические основы) теория и практика. М.: Агрорус, 2008. Т.1. 814 с.

2. Кирдин В.Ф. Инновационные разработки сельскохозяйственной науки в производство // Инновационные аспекты научного обеспечения АПК Центрального Федерального округа РФ. Ученые Немчиновки – производству. М.: МосНИИСХ, 2015 с. 145-151

3. Мамсиров Н.И. Комплексное исследование воздействия стимуляторов роста и микробиоудобрений на продуктивность озимой пшеницы/ Н.И. Мамсиров, А.А. Мнатсаканян, А.В. Загорулько// Новые технологии. 2022. №. 4. С.180-191.
4. Савельев, В. А. Семеноведение полевых культур: учебное пособие / В. А. Савельев. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – ISBN 978-5-8114- 2894-6

УДК 631.874:551.585.55:631.586

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕЛЕНЫХ УДОБРЕНИЙ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Приходько А.В., Черкашина А.В.
ФГБУН «НИИСХ Крыма», г. Симферополь
E-mail: *prihodko_a@niishk.site*

Резюме. *В статье приведены результаты изучения динамики почвенной влаги в сидеральных парах в условиях степной зоны Крыма. Наибольшие запасы доступной влаги в метровом слое были отмечены в ранневесенний период под эспарцетом песчаным и донником желтым (106,6 и 103,6 мм), перед посевом озимой пшеницы – после сидерации вики озимой (51,1 мм).*
Ключевые слова: *зеленые удобрения, почва, аридная зона, влагозапасы.*
Summary. *The article presents the results of a study the dynamics of soil moisture in green manure fallows in the conditions of the steppe zone of the Crimea. The largest reserves of available moisture in the meter layer were noted in the early spring period under Hungarian sainfoin and yellow sweet clover (106.6 and 103.6 mm), before sowing winter wheat – after winter vetch green manure (51.1 mm).*
Key words: *green manure, soil, arid zone, organic matter, moisture reserves.*

Центральное место в модернизации сельского хозяйства Российской Федерации занимает сохранение и повышение плодородия почв [1, 2].

Черноземы южные формируются в засушливых степях при недостаточном атмосферном увлажнении. Отличаются от обыкновенных черноземов более низким содержанием гумуса, меньшей мощностью гумусового горизонта. Мероприятия по повышению плодородия черноземов южных должны быть направлены на обеспечение высокой культуры земледелия, накопление и сохранение почвенной влаги, улучшение пищевого режима путем внесения органических и минеральных удобрений [1].

Анализ агроклиматических ресурсов и структуры посевных площадей в основных земледельческих регионах страны показывает, что зеленое удобрение может найти широкое применение во всех почвенно-климатических зонах как в виде парозанимающих культур, так и в виде промежуточных посевов [3].

В засушливых условиях степной зоны Крыма наиболее продуктивными являются агроценозы многолетних бобовых трав (донник, эспарцет) [4, 5], озимых зерновых культур и бобово-злаковых смесей [6, 7].

Агроценозы озимых зерновых культур эффективно используют осенне-зимние осадки, характеризуются высокой зимостойкостью, засохоустойчивостью. Многолетние бобовые травы за счет симбиоза с азотфиксирующими клубеньковыми бактериями, связывают атмосферный азот, обогащая им почву. Благодаря мощной корневой системе, проникающей на большую глубину, они

используют вымытые в нижние горизонты почвы питательные элементы, возвращая их в верхние слои в доступной для культурных растений форме [8].

Зеленые удобрения обогащают почву органическими веществами, положительно влияют на агрохимические и агрофизические показатели чернозема южного [9]. Использование тритикале озимой в качестве зеленого удобрения в условиях степного Крыма позволяет обогатить почву органикой в количестве, эквивалентном 30,7 т/га подстилочного навоза и улучшить структуру корнеобитаемого слоя почвы [6].

Использование в качестве зеленых удобрений бобовых культур (многолетних трав донника и эспарцета) позволяет повысить урожайность пшеницы озимой и получить более высокое содержание в зерне протеина – 14,2-14,5 % и клейковины – 28,7-29,6 % [10].

Однако в литературе практически нет данных о влиянии зеленых удобрений на влажность почвы, что является актуальным для засушливых условий.

Целью иследований было оценить динамику почвенных влагозапасов в сидеральных парах при использовании различных культур в качестве зеленого удобрения в условиях степной зоны Крыма.

Исследования проводились в стационарном севообороте лаборатории земледелия отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Клепинино, Красногвардейский район, Республика Крым) на черноземе южном слабогумусированном. Полевые опыты заложены по методике Б.А. Доспехова [11]. Изучены агроценозы донника желтого, клевера лугового, эспарцета песчаного, тритикале озимой, ржи озимой, вики озимой, смеси озимых культур (тритикале – 40, рожь – 40, вика – 100 кг/га), фацелии пижмолистной.

Площадь делянок 720 м^2, повторность трехкратная. Агротехника выращивания сидеральных культур общепринятая для степной части Крыма. Многолетние травы (донник, эспарцет и клевер) подсевались под покров ярового ячменя в первой декаде марта года, предшествующего проведению исследований. Тритикале, рожь, вика и смесь озимых культур высевались в третьей декаде октября, а фацелия – ранней весной при первой возможности выхода в поле.

Измельчение биомассы сидеральных культур проводили при достижении фазы «начало колошения» злаковых или «бутонизация – начало цветения» культур других семейств, затем заделывали в почву на глубину 10-15 см непосредственно после измельчения.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом послойно через 10 см на глубину 100 см в ранневесенний период, перед заделкой сидерата в почву и перед посевом озимой пшеницы.

В результате исследований установлено, что в среднем за 2017-2019 гг. наибольшие запасы доступной влаги были отмечены в ранневесенний период (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика почвенной влаги в сидеральных парах при использовании различных культур в качестве зеленого удобрения (среднее за 2017-2019 гг.), мм

Культура	Ранневесенний период		Перед заделкой сидерата в почву		Перед посевом озимой пшеницы	
	0–20	0–100	0–20	0–100	0–20	0–100
Донник желтый	22,5	103,6	6,7	49,8	7,5	44,4
Клевер луговой	23,1	97,5	4,3	42,7	7,4	42,0
Эспарцет песчаный	22,7	106,6	6,1	35,1	7,1	37,1
Тритикале озимая	20,2	85,4	4,3	26,2	8,4	37,0
Рожь озимая	19,7	86,9	3,9	31,8	8,4	39,5
Вика озимая	20,6	83,6	3,2	29,8	9,3	51,1
Смесь озимых	21,7	91,4	4,4	36,9	8,6	37,4
Фацелия	23,1	90,8	4,1	44,2	6,1	43,1

В пахотном слое накапливалось 19,7-23,1 мм влаги, в метровом – 83,6-106,6 мм. Под эспарцетом песчаным и донником желтым в метровом слое содержалось 106,6 и 103,6 мм соответственно. В процессе вегетации сидеральных культур они активно использовали почвенную влагу. Перед заделкой сидератов в почву в пахотном слое содержалось 3,2-6,1 мм, в метровом – 26,2-49,8 мм влаги. Перед посевом пшеницы запасы влаги в пахотном слое оценивались как неудовлетворительные (<20 мм), в метровом слое – как плохие (<60 мм), но после вики озимой и донника желтого они были выше, чем по другим сидеральным культурам.

Библиографический список

1. Державин Л.М., Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Методология комплексного применения удобрений и пестицидов в интенсивном земледелии. – М.: ВНИИА, 2016. – 344 с.
2. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (Обзор) // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 2(22). – С. 150-168. – DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.
3. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение как биологический фактор сохранения и повышения плодородия почвы // Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение: сб. трудов по итогам междунар. научно-практ. конф., Санкт-Петербург – Пушкин 09 ноября 2016 года. – Санкт-Петербург – Пушкин: ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2016. – С. 18-23.
4. Приходько А.В., Черкашина А.В., Караева Н.В. Использование донника желтого (*Melilotus officinalis* Mill.) как сидеральной культуры на черноземе южном // Научно-практические аспекты развития АПК: матер. национальной научной конф., Красноярск, 18 ноября 2022 года. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 82-83.
5. Караева Н.В., Приходько А.В., Черкашина А.В. Использование эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*) в качестве сидеральной культуры в степном Крыму // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем: VII Докучаевские молодежные чтения: матер. Всеросс. научной конф., посвященной 70-летию Красноярского ГАУ, Красноярск, 22 декабря 2022 года. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 102-104.
6. Приходько А.В., Черкашина А.В., Караева Н.В. Преимущества сидерации тритикале озимой в условиях степного Крыма // Экологические чтения - 2023: матер. XIV Национальной научно-практ. конф. (с международным участием), Омск, 03-05 июня 2023 года. – Омск: Омский ГАУ имени П.А. Столыпина, 2023. – С. 431-433.

7. Приходько А.В., Черкашина А.В., Караева Н.В. Использование озимых культур и их смеси в качестве сидератов // Проблемы современной аграрной науки: матер. междунар. научной конф., Красноярск, 15 октября 2022 года. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. – С. 35-37.
8. Legumes for Sustainable Soil and Crop Management /K. Rani, P. Sharma, S. Kumar et al. // Sustainable Management of Soil and Environment. – 2019. – P. 193-215. DOI 10.1007/978-981-13- 8832-3_6.
9. Приходько А.В., Черкашина А.В., Караева Н.В. Влияние фитомелиорантов на показатели плодородия чернозема южного // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3(31). – С. 159-170.
10. Приходько А.В., Черкашина А.В. Влияние сидеральных культур на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 2(30). – С. 111-120.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.

УДК 631.1:004

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Подлесных И.В.
ФГБНУ Курский Федеральный аграрный научный центр
Курский ФАНЦ, Курск
E-mail: *podlesnich_igor@rambler.ru*

Резюме. *Лесные полосы, как составная часть агролесоландшафтного комплекса, оказывают влияние на продуктивность культур, возделываемых в межполосном пространстве. Вдоль полос формируется зона депрессии, в пределах которой существенно сокращается продуктивность зерновых культур, что в конечном итоге сказывается на средней продуктивности на всей пашне, по сравнению с контролем. Однако, надо заметить, что агролесоландшафтный комплекс создается не для увеличения продуктивности возделываемых культур, а для борьбы с проявлением водной эрозии и дефляции, опасными природными явлениями, которые приводят к интенсивному поверхностному смыву почвы, расположенной на склоне, а соответственно к потери природного плодородия почвы и существенному сокращению получаемого урожая.*
Ключевые слова*: агролесоландшафтный комплекс, продуктивность зерновых культур, эрозионно-гидрологические показатели, склоновые земли.*
Summary. *Forest shelter belt, as an integral part of the agroforestry, influence the productivity of crops cultivated in the interband space, a depression zone is formed along the strips, within which the productivity of grain crops is significantly reduced, which ultimately affects the average productivity on the entire arable land, compared to control. However, it should be noted that the agroforestry complex is created not to increase the productivity of cultivated crops, but to combat the manifestation of water erosion and deflation, dangerous natural phenomena that lead to intensive surface washing of the soil located on the slope, but, accordingly, to the loss of natural soil fertility and a significant reduction in the resulting crop.*
Key words: *agroforestry complex, productivity of grain crops, erosion and hydrological indicators, slope lands.*

Важнейшая система жизнеобеспечения человека – это почва, от неё зависит основной объем производства продуктов питания. Представить жизнь

современного человека без продукции, полученной при участии ее невозможно, но при неправильной эксплуатации, под влиянием ряда неблагоприятных природных факторов, проявляется эрозия почвы, способная превратить плодородные земли в овраги и пустыни.

Эрозия почв представляет собой естественный и постоянный процесс, однако в ненарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, почва, если и разрушается, то обычно такими же темпами и восстанавливается. Но когда между почвой и растительностью равновесие нарушено, что происходит под влиянием непродуманной деятельности человека, то эрозия ускоряется и приводит к катастрофическим последствиям.

Центрально-Черноземный регион (ЦЧР) Российской Федерации – важный аграрный район страны с интенсивно развивающимся земледелием, для которого характерны высокая сельскохозяйственная освоенность (78-82 %) и распаханность (60-62 %) земель и где более 60 % пашни расположено на склонах разной крутизны и подвержены эрозионным проявлениям [1].

В связи с приростом населения в городах и постоянно растущими потребностями промышленности в продуктах растениеводства, которые являются сырьем для неё, введение в оборот новых земель невозможно по причине их отсутствия. Поэтому человечеству приходится все чаще использовать при выращивании сельскохозяйственной продукции эродированные территории, на которых проявляются процессы ветровой и водной эрозий.

Одним из самый действенных методов борьбы с одновременным проявлением как дефляции, так и водной эрозии является создание агролесоландшафтного комплекса (АЛЛК) на пашне, главным элементом которого выступает лесная полоса. Положительное влиянием таких комплексов, отмечается в большом количестве исследований [2, 3, 4], в своих изысканиях мы поставили цель изучить влияние АЛЛК расположенного на склоне, включающего в себя узкую водорегулирующую лесную полосу, на продуктивность возделываемых культур в укороченном зерновом севообороте на протяжении 11 лет исследований.

Работа выполнена на эрозионно-опасных склонах западной экспозиции стационарного полевого опыта по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ) ФГБНУ «Курский ФАНЦ», заложенном в 1985 г. Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках (WRB – Haplic Hortic Chernozems).

Водорегулирующая лесная полоса, относительно которой проводились исследования, расположена в средней части склона западной экспозиции вдоль одной горизонтали. Год посадки полосы 1985, схема размещения Т-Т, расстояние между рядами деревьев 3 метра. В междурядье для усиления водопоглощения организована канава с валом по нижней опушке полосы. Контролем выступала пашня западной экспозиции, без лесной полосы, учетная площадка располагалась в средней части склона.

С 2012 года на опыте ведется четырехпольный зерновой севооборот: «озимая пшеница – гречиха - яровой ячмень – гречиха». На сегодняшний день в

условиях опытного поля КМЗ ведется третья ротация четырехпольного зернового севооборота. Технология возделывания культур на экспериментальных водосборах – общепринятая в регионе. Учет урожая проводили вручную с метровых учетных площадок в 3-х кратной повторности, которые располагались на расстоянии 10м, 25м, 50м и 108м вверх и вниз от лесной полосы. Продуктивность определяли расчетным методом. В таблице 1 представлены средние рассматриваемые показатели.

Таблица 1 – Продуктивность сельскохозяйственных культур (т/га з.е.) в зерновом севообороте в АЛЛК и на контроле

культура	сорт	год	Средняя продуктивность на водосборе с АЛЛК в зоне 10-108м, т/га з.е.	Средняя продуктивность на водосборе с АЛЛК в зоне 25-108 м,т/га з.е.	Средняя продуктивность на контроле, т/га з.е.	Прибавка продуктивности по сравнению с контролем, %
Оз пш.	Московская-39	2012	2,63	2,78	2,88	91*/96**
	Ариадна	2016	4,24	4,48	3,82	111/117
	Бирюза	2020	6,40	6,56	5,68	113/116
греч	Деметра	2013	1,60	1,67	1,61	99/104
		2015	1,27	1,40	1,27	100/110
		2019	1,31	1,38	1,40	94/99
		2021	0,47	0,45	0,68	69/66
ячм	Прометей	2014	3,17	3,48	3,91	81/89
ячм		2018	2,78	2,97	3,07	90/97
ячм	Эксплоер	2022	4,82	5,31	4,21	115/126

*) в зоне 10-108 м от лесной полосы

**) в зоне 25-108 м от лесной полосы

Как видно из полученных данных. наибольшая прибавка основной продукции наблюдалась при выращивании ярового ячменя сорта Эксплоер в 2022 году и составила 15-26 %, по сорту Прометей, который возделывался в 2014 и 2018 годах такого не наблюдалось, а было наоборот превышение продуктивности на контроле на 3-19 %. По озимой пшенице при выращивании сортов Ариадна и Бирюза прибавка продуктивности в агролесоландшафтном комплексе была примерно одинакова 11-17 %, а вот по Московской - 39 выявлена небольшая потеря – 4-9 %. За четыре года выращивания гречихи сорта Деметра два года показали прибавку в 4-10 %, один был на уровне контроля и в один год зафиксировано снижение продуктивности по сравнению с контролем на 11-34 %. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что возделывание современных интенсивных сортов колосовых культур гарантируют получение более высоких урожаев в условиях агролесоландшафтного комплекса. Но надо понимать, что главная задача создания агролесоландшафтного комплекса это предотвращение процессов дефляции и водной эрозии на пашне, расположенной на склоне и с этой задачей организованный комплекс справляется в полной мере. Данными из таблицы 2 подтверждают эту функцию. В таблице представлены расчётные данные по отношению к контрольному водосбору.

Таблица 2 – Оценка влияния организации агролесоландшафтного комплекса на пашне на эрозионно-гидрологические процессы при возделывании культур в севообороте за 2012 – 2022 годы

Объект исследования	Средняя высота снега, %	Промерзание почвы, %	Запасы воды в снеге + осадки, %	Поверхностный сток, %	Водопоглощение, %	Смыв почвы, т/га
2012 – 2015 годы						
контроль	100	100	100,0	100,0	100	1,40
АЛЛК	143	65	111,0	0	130	0
2016 – 2019 годы						
контроль	100	100	100	100	100	3,00
АЛЛК	143	53	135	60	129	0,13
2020 – 2022 годы						
контроль	100	100	100	100	100	0,72
АЛЛК	117	55	114	0	123	0

За три ротации севооборота средняя высота снежного покрова в агролесоландшафтном комплексе была выше по сравнению с контролем на 17-43 %, промерзание почвы ниже на 35-47 %, запас воды в снеге перед началом снеготаяния на контроле был ниже на 11-35 %. Поверхностный сток или отсутствовал, или был ниже на 40%. Водопоглощение во все годы наблюдения было полным в агролесоландшафтном комплексе, а на контроле избыток влаги приводил к смыву почвы, потери которой за первую ротацию севооборота составила 1,4 т/га, за вторую – 3,0 т/га, и за третью – 0,72 т/га. В агролесоландшафтном комплексе ни за первую, ни за третью ротацию смыва не наблюдалась, и лишь во вторую ротацию севооборота отмечен смыв почвы – 0,13 т/га, который был вызван интенсивным снеготаянием и находится в пределах нормы для склоновых эродированных чернозёмов и составлял не больше 0,5 т/га в год, а согласно М.Н. Заславского [5] это допустимые потери.

Библиографический список

1. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. Белгород: Отчий дом, 2012. 256 с.
2. Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Влияние защитных лесных полос на урожайность сельскохозяйственных культур// Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности
3. сборник статей Международной научной экологической конференции. Краснодар, 27–29 марта 2018 года. Изд-во: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина - 2018. – с.504-507.
4. Михина Е. А., Михин В. И. Повышение полезащитными насаждениями продуктивности искусственных фитоценозов в условиях центральной лесостепи России// Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. - № 1 (48). – Том-8. - с.109-113.
5. Дубенок Н.Н., Танюкевич В.В., Бабошко О.И. Фитонасыщенность полезащитных лесных полос и их мелиоративное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур// Вестник РАСХН. 2016. - № 1. – с. 27-30.
6. Заславский М.Н. О допустимых нормах эрозии и задачах повышения плодородия почв

// Актуальные вопросы эрозиоведения. – М.: Колос, 1984. – С. 118-137.

УДК 632.51

ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Прущик И.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курск
E-mail: *kursk.iva@inbox.ru*

Резюме. *Проведена оценка засоренности озимой пшеницы, возделываемой в севообороте и бессменных посевах. Использован инновационный цифровой подход в виде функции желательности Харрингтона. Установлено положительное влияние севооборота на снижение засоренности посевов. При сравнении основной обработки почвы получено, что показатель функции желательности для вариантов со вспашкой выше, чем для безотвальной обработки почвы при разных вариантах возделывания культуры.*
Ключевые слова: *озимая пшеница, засоренность, функция желательности Харрингтона, бессменные посевы.*
Summary. *The assessment of the weediness of winter wheat cultivated in crop rotation and permanent crops was carried out. An innovative digital approach in the form of a Harrington desirability function used. The positive effect of crop rotation on reducing the contamination of crops has been established. When comparing the main tillage, it was found that the indicator of the desirability function for options with plowing is higher than for non-tillage tillage with different crop cultivation options.*
Key words: *winter wheat, weediness, desirability function by Harrington, permanent crops.*

Озимая пшеница пользуется устойчивым спросом на зерновом рынке. В Российской Федерации посевные площади, занятые этой культурой, составляют 20,3 %, а в Курской области – 24,6 % от площади пашни. По данным Федеральной службы государственной статистики урожайность озимой пшеницы в Курской области в 2021-2022 гг. выше, чем по РФ на 27,7 % и 36,2 % соответственно [1]. На основании результатов исследований [2] в Курской области перспективных и районированных сортов озимой пшеницы для возделывания по чистому пару наиболее приемлемы сорта: Алексеич, Безостая 100, Гром, Ермак и Леонида.

Во всех зонах возделывания озимой пшеницы как в России, так и за рубежом актуальна проблема сорных растений в посевах, борьба с которыми основана на результатах изучения видового состава деструктивной части агроценозов [3].

Цель исследования – оценить засоренность посевов озимой пшеницы с разной основной обработкой в зернопаропропашном и зернотравянопропашным.

Исследования проведены в многофакторном полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район) в зернотравянопропашном и зернопаропропашном.

Варианты исследований:

1. Фактор севооборота: А зернопаропропашной; В зернотравянопропашным; С бессменные посевы.

2. Фактор основной обработки: вспашка, безотвальная и комбинированная

обработка.

3. Минеральные удобрения.

Засоренность посевов озимой пшеницы определяли в фазе кущения весной путем подсчета количества растений на площадках размером 50х50 см в 4-х кратной повторности в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4].

Один из принципов углубленной адаптации систем земледелия – это использование зональных моделей фитосанитарного состояния посевов по данным обследования на засоренность [5, 6].

Для оценки засоренности использовали функцию желательности Харрингтона. Сущность которой заключается в преобразовании значений нескольких параметров оптимизации в безразмерную шкалу (табл.), обобщающую частные функции желательности, где абсолютно неприемлемое значение параметра оптимизации соответствует нулю, а наилучшее – единице.

Таблица – Безразмерная шкала желательности

Базовые отметки	Оценка свойств функции желательности
1,00	Наилучшее значение
0,80-1,00	Наиболее приемлемое
0,63-0,80	Вполне приемлемое, хорошее
0,37-0,63	Приемлемое, удовлетворительное
0,20-0,37	Неприемлемое, плохое
0-0,20	Полностью неприемлемое

При проведении фитосанитарного учета сорных растений выявлено, что преобладающими на бессменных посевах озимой пшеницы были фиалка полевая (*Viola arvensis*), живокость полевая (*Delphinium consolida L.*), якутка полевая (*Thláspi arvénse*), в севооборотах – подмаренник цепкий (*Gálium aparíne*), живокость полевая (*Delphinium consolida L.*), щирица обыкновенная (*Amaranthus retroflexus* L.), ярутка полевая (*Thláspi arvénse*), щетинник сизый (*Setaria pumila*), и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*).

Пренебрежение возделыванием озимой пшеницы в севообороте снижает уровень фитосанитарного состояния посевов до неприемлемого (рис.). Более высокое значение функции желательности было получено при выращивании культуры в зернопаропропашном севообороте (А) по сравнению с бессменными посевами и зернотравянопропашным севооборотом (В).

При сравнении влияния основной обработки почвы получили, что низкий показатель функции желаемости для безотвальной обработки как в бессменных посевах, так и в севооборотах. Влияние минимальных обработок на фитосанитарное состояние оказался неприемлимым. Положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов оказали вспашка и комбинированная обработка, их отклик был удовлетворительным.

Применение минеральных удобрений снижает численность сорняков за счёт повышения конкурентоспособности культур сплошного сева и повышает уровень по шкале до удовлетворительного при вспашке.

В целом же применение удобрений удовлетворительно сказывается на

фитосанитарном состоянии посевов, за исключением варианта с безотвальной основной обработкой почвы.

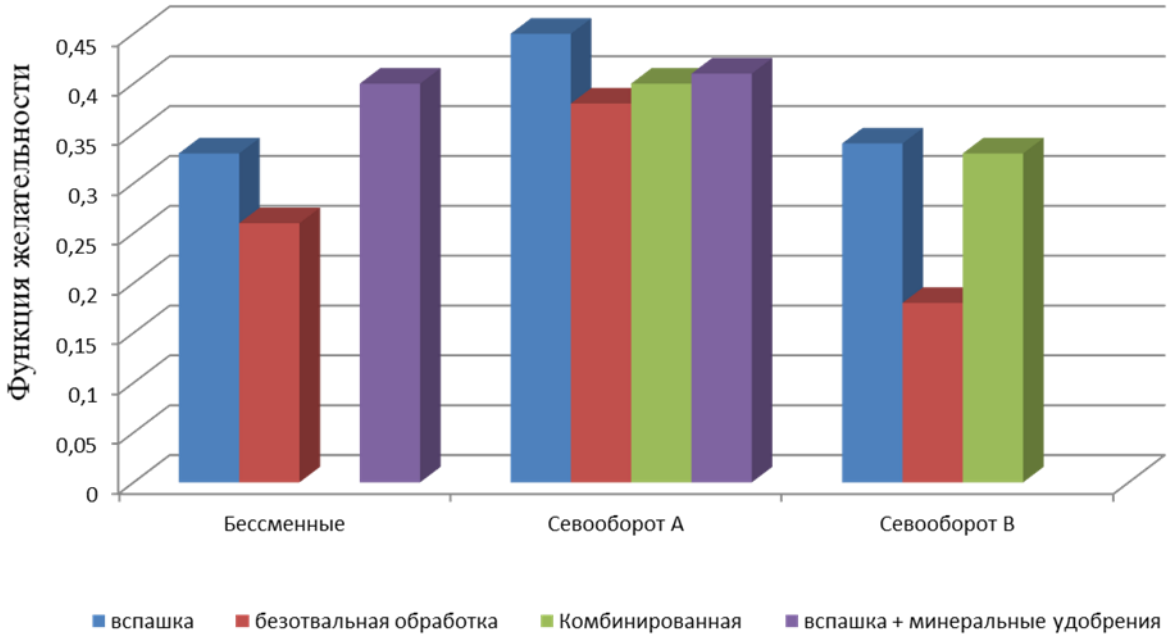


Рисунок – Засоренность озимой пшеницы

В заключении можно отметить, что установлено положительное влияние севооборота на снижение засоренности посевов озимой пшеницы. Увеличение уровня функции желательности наблюдалось в ряду: бессменные посевы – зернопаропропашной севооборот (А) – зернотравянопропашной севооборот (В). При сравнении влияния основной обработки почвы на засоренность посевов получено, что показатель функции желательности для вариантов со вспашкой выше, чем для безотвальной обработки почвы при разных вариантах возделывания культуры. Также получен положительный эффект и при внесении минеральных удобрений.

Библиографический список

1. Посевные площади Российской Федерации в 2021 году. 21.03.2022. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277 (дата обращения 16.08.2023).
2. Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Оценка зернового состава озимой пшеницы в Курской области по параметрам экологической пластичности и стабильности // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – Т. 63. – № 5 (377). – С. 31-34. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-15087.
3. Лунева Н.Н., Мысник Е.Н., Воронкина Т.И. 2022. Засоренность посевов пшеницы озимой (Triticum aestivum L.) в Белгородской области. Полевой журнал биолога, 4(3): 183–198. – DOI: 10.52575/2712-9047-2022-4-3-183-198.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – 270 с.
5. Гуреев И.И., Нитченко Л.Б., Прущик И.А. Углубленная адаптация технологий производства зерновых культур в Центрально-Чернозёмном регионе. – Курск, 2021. – 238 с. – DOI: 10.18411/978-5-907407-39-8-238.
6. Сафонов А.Ф., Гатаулин А.М., Лошаков В.Г. И др. Системы земледелия. – М, 2006.

УДК 631.8; 631.582 (571.64)

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЗАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗЕМЛЕДЕЛИИ О. САХАЛИН

Самутенко Л.В.
Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (филиал ВИР), г. Южно-Сахалинск
E-mail: *lyubiva_1953@mail.ru*

Резюме. *Проведен анализ уровня продуктивности основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в травяно-пропашном севообороте в условиях отсутствия интенсивной минеральной нагрузки (0NPK, органические фоны). Приведены объемы возвращаемого в почву растительного материала, основных питательных элементов.*
Summary. *The analysis of the level of productivity of the main agricultural crops grown in a grass-rowed crop rotation in the absence of an intensive mineral load (ONR, organic backgrounds) was carried out. The volumes of plant material returned to the soil, the main nutrients are given.*

Высокие химические нагрузки при производстве сельскохозяйственных растительных продуктов привели к поиску путей выращивания культур в условиях применения природных источников питательных элементов и органического вещества для поддержания плодородных свойств почвы [1, 2]. Согласно утверждению [2], интенсивные технологии приводят к деградации земельных ресурсов, сокращению агробиоразнообразия, изменению баланса питательных веществ в почвах. В последние десятилетия в РФ появились предложения более активного перехода к альтернативным системам земледелия, однако, перспектива развития в стране органического земледелия остается одной из самых дискуссионных современных тем [3]. Вместе с тем, выборочный анализ мнений выявил низкий уровень готовности агропроизводств к биологизации [4].

Проблема перехода к альтернативным системам земледелия обусловила неоднозначность точек зрения и в оценке места разновидовых удобрений в них. Ряд исследователей признает в качестве основы плодородия только органические удобрения и растительный материал. Сторонники экологизации исключают в производстве органической продукции применение минеральных удобрений [5-7]. Однако есть опасение, что переход на экологические (органические) формы хозяйствования приведет к резкому снижению урожайности культурных растений [8]. Достаточно резко высказывается по поводу отказа от минеральных удобрений акад. В И. Кирюшин [9, 10]. Он убеждён в том, что применение минеральных удобрений – это одновременно средство интенсификации и экологизации земледелия.

Сохранение и наращивание почвенного плодородия является одним из основных условий создания экологичной продукции. [1]. Влияние разновидовых удобрений, их комбинаций, доз внесения на продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы в разных почвенно-климатических условиях по-прежнему входят в круг интересов исследователей. Установление

их эффективности не теряет актуальности. Особенно это касается почв, малоустойчивых к внешнему воздействию. К таковым относятся почвы о. Сахалин.

Основная цель представленных долголетних стационарных исследований – определение эффективности разных по интенсивности систем удобрения в процессе сохранения плодородия почвы. Одной из сопутствующих целей является установление степени влияния агрохимических факторов, отвечающих экологическим требованиям, на продуктивность культур травяно-пропашного севооборота. В число задач входило определение уровня урожайности картофеля, кормовых корнеплодов, бобово-зерновых культур и многолетних трав в условиях производства с применением элементов органического земледелия (отсутствия химических нагрузок, использованием нулевых и органических фонов).

Стационар ФГБНУ СахНИИСХ (филиала ВИР) включает три последовательных временных повторения (закладки 1989-1991 гг.). Чередование культур в севообороте – во времени. Почва лугово-дерновая (аллювиальная серогумусовая, агрозем) старопахотная со смешанным гранулометрическим составом (средний суглинок-легкая глина).

В данной работе приведены фрагментарные (в связи с большим объемом данных) результаты определения продуктивности картофеля, вико-овсяной смеси, бобово-мятликовых многолетних трав, выращиваемых на богарном (0NPK) и органических фонах. Последние представлены 100, 200 и 400 т/га торфонавозного компоста (ТНК). В качестве «альтернативы» приведены показатели продуктивности, полученные в варианте с минимальной минеральной системой.

Сравнение действия разных фонов на формирование урожайности клубней картофеля выявило явное преимущество минеральных удобрений в этом процессе (табл. 1). Среди всех вариантов здесь отмечено более высокое накопление крахмала. Следует отметить практически равные показатели основных кормовых компонентов этого варианта и варианта с нулевым NPK (б/у). Числовые значения приведенных параметров на органических фонах, хотя и незначительно, но очевидно уступали таковым на вышеназванных фонах. Однако более высокая масса ботвы сформировалась на органических фонах 100 и 200 т/га ТНК. Вполне вероятно, что при меньшем количестве органического вещества и интенсивности агротехники здесь активнее шла минерализация компоста, что способствовало усилению азотного питания растений картофеля и увеличению их вегетативной массы.

В среднем вынос питательных элементов с приведенным урожаем составлял 50 кг азота, 16 кг фосфора, 88 кг калия и 8 кг кальция. С растительными остатками сохранялось соответственно элементам 71, 12, 105 кг/га. В почву поступало ~ 2 т СВ, 250 кг зольных элементов, 280 кг клетчатки, 36,9 ГДж валовой энергии. С корневой системой картофеля возвращалось от 0,95 до 1,56 т СВ.

Если принимать во внимание рекомендуемый возврат в почву 8-10 т сухой массы [11], то картофель явно уступал этому уровню, особенно при низкой эффективности органических фонов.

Таблица 1 – Влияние экологичных агрофонов на продуктивность картофеля среднеспелого в травяно-пропашном севообороте

Система удобрения (последействие)	Урожайность, т/га	Выход кормовых компонентов					
		сухой массы	кормовых единиц	сырого протеина	крахмала	обменной энергии	валовой энергии
		т/га				ГДж/га	
Б/у	14,9	3,08	3,75	0,20	1,77	38,00	53,61
$N_{60}P_{108}K_{108}$	16,3	3,09	3,76	0,23	2,03	38,12	53,83
100 т/га ТНК (п/д)	14,5	2,93	3,49	0,15	1,87	35,73	50,40
200 т/га ТНК (п/д)	14,7	2,97	3,53	0,16	1,90	36,22	51,09
400 т/га ТНК (п/д)	14,6	2,95	3,51	0,16	1,88	35,98	50,74

Однолетняя кормовая смесь была размещена в севообороте после картофеля по последействию ТНК. Её реакция на агрофоны близка к реакции картофеля: заметный рост урожайности трав произошел также в варианте с минеральными удобрениями (табл. 2). По показателям кормовой ценности к минеральному фону приблизился органический с последействием дозы ТНК 400 т/га.

Таблица 2 – Влияние экологичных агрофонов на продуктивность вико-овсяной смеси в травяно-пропашном севообороте

Система удобрения (последействие)	Урожайность, т/га	Выход кормовых компонентов					
		сухой массы	кормовых единиц	сырого протеина	обменной энергии	валовой энергии	сахаров
		т/га			ГДж/га		кг/га
Б/у	26,3	4,6	3,1	0,60	40,0	79,7	156,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	29,4	5,0	3,2	0,64	42,1	91,0	191,6
100 т/га ТНК (п/д)	27,4	4,8	3,2	0,60	38,7	89,6	161,8
200 т/га ТНК (п/д)	27,9	4,8	3,3	0,62	40,9	88,3	164,9
400 т/га ТНК (п/д)	28,1	4,9	3,2	0,58	42,6	95,4	157,2

Величина поступления растительных остатков однолетней вико-овсяной смеси при низком срезе в вариантах с использованием малоинтенсивных систем удобрения в среднем была равна 2,3 т/га. При употреблении всей биомассы в качестве средства биологизации в почву могут поступить в среднем на 1 га ~5 т/га СВ, 420 кг золы, 1,7 т клетчатки, 110 кг азота, 20 кг фосфора, 160 кг калия и 38 кг кальция. В биохимических соединениях заключено 98,0 ГДж валовой энергии. Более благополучными значениями характеризовались смеси с включением тритикале озимой. Эта культура способствовала увеличению поступления в почву сухой массы (5,5 т и >), валовой энергии (> 100 ГДж/га), клетчатки и сахаров, однако, и она не обеспечивала рекомендуемую величину СВ. Отторжение значительной части вегетативной массы однолетних кормовых культур не обеспечивает необходимый объем возврата растительного материала.

Многолетние травы считаются наиболее эффективными для условий

экологизации земледелия, формируя высокую надземную биомассу и большую корневую систему. Средняя урожайность многолетних бобово-мятликовых смесей в травяно-пропашном севообороте стационара составляла 31,8 т/га за два укоса. В малоинтенсивных вариантах питания её величина была равна 28,2 т/га (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние экологичных агрофонов на продуктивность многолетних трав в травяно-пропашном севообороте

Система удобрения (последействие)	Урожайность, т/га	Выход кормовых компонентов					
		сухой массы	кормовых единиц	сырого протеина	обменной энергии	валовой энергии	сахаров
		т/га			ГДж/га		кг/га
Б/у	29,8	7,2	5,4	0,92	66,5	133,4	296,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	31,0	7,4	5,3	0,98	69,6	136,5	331,6
100 т/га ТНК (п/д)	24,0	5,9	4,8	0,68	59,5	108,9	235,8
200 т/га ТНК (п/д)	24,0	5,5	4,8	0,70	54,3	102,0	227,5
400 т/га ТНК (п/д)	32,2	8,0	5,8	1,00	74,2	147,0	332,2

В экологичных вариантах продуктивность травосмесей складывалась поразному: в варианте без удобрений и особенно на фоне последействия 100 и 200 т/га ТНК она оказалась наиболее низкой среди остальных показателей. Однако результат последействия 400 т/га ТНК на урожайность многолетних трав был практически равен значениям более благополучных систем удобрения, включавших 2-3NPK.

Отава (если она не скошена) сохраняла в поле и, далее, в почве до 40 % питательных элементов от выноса основным урожаем трав. В органических вариантах в нем накапливалось до 140 кг азота, 24 кг фосфора, более 200 кг калия и 30 кг кальция, а также 125,6 ГДж валовой энергии. Пожнивно-корневые остатки многолетних трав в разных вариантах составляли 6-12 т/га, однако они служат лишь потенциальным источником органических и минеральных веществ, поскольку их масса будет мобилизована почвой в течение ряда лет после распахивания пласта. Ежегодный корневой отпад может составлять, по разным сведениям, 30-40 %.

Заключение. При выборе экологического варианта земледелия следует детально определить уровень действия разных доз органических удобрений и его длительность на продуктивность сельскохозяйственных культур и почвенные свойства.

Недостаточная эффективность органических и безудобрительных вариантов в создании урожаев нашли подтверждение и в почвенно-климатических условиях острова. Для этих систем удобрения характерна невысокая продуктивность культур, слабое воздействие на плодородие почвы через возврат растительного органического вещества.

Наиболее существенным инструментом биологизации оказались многолетние травы, но с отложенным масштабным действием на процесс сохранения плодородия почвы в условиях производства с применением элементов

органического земледелия.

Библиографический список

1. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Экологические приоритеты в сельском хозяйстве // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. 2018. № 1. С. 235-238.
2. Мешлок А.А., Сухарева О.А. Актуальность и перспективы развития производства органической продукции сельского хозяйства в современных условиях // Научный журнал «Эпомен». 2021. № 65. С. 48-56.
3. Беленков А.И., Кривцов И.В., Холод А.А. Современное состояние и перспективы органического земледелия в России // В сб. Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган. 2022. С. 489-495.
4. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А. Готовность к биологизации как субъективный фактор формирования устойчивых систем землепользования //Аграрный вестник Урала. 2022. № 063 (221). С. 68-77. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-06-68-77.
5. Радченко Р.В., Шевцов В.В. О стратегии органического земледелия в России // Научно-исследовательские публикации. Сельское хозяйство. 2022. № 4. С. 28-30.
6. Монастырский О.А., Кузнецова Е.В., Есипенко Л.П. Органическое земледелие и получение экологичных пищевых продуктов в России //Агрохимия. 2019. № 1. С. 3-4.
7. Доброхотов С.А., Анисимов А.И. Разработка технологий выращивания сельскохозяйственных культур, приемлемых в органическом земледелии в Северо-Западном регионе России //Известия Коми научного центра УрО РАН. 2021. № 1 (47). С. 21-24.
8. Экологизация сельского хозяйства (перевод традиционного сельского хозяйства в органическое)/ С.В. Щукин и др. Серия обучающих пособий «RUDECO Переподготовка кадров в сфере развития сельских территорий и экологии». М., 2012. 196 с.]
9. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования //Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3 С. 19-25.
10. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия //Земледелие. 2019. № 3. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301.
11. Кирюшин В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) //Достижения науки и техники в АПК. 2012. № 12. С. 3-9.

УДК 631.58

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СИСТЕМЕ СЕВООБОРОТОВ*

Свиридов В.И.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *kafdgmu@yandex.ru*

Резюме. *В работе показано, что стоимость продукции по культурам во всех севооборотах возрастает при сочетании двойной нормы навоза с минеральными удобрениями относительно одинарной нормы навоза, однако прирост затрат на получение продукции опережает прирост ее стоимости, что приводит к снижению уровня рентабельности. Несмотря на это, значение последнего для основных зерновых культур остается достаточным, чтобы вести производство на расширенной основе.*

* *Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме НИР № FGZU-2022-0005 на 2023 г.*

Ключевые слова: *севооборот, удобрение, урожайность, стоимость продукции, затраты, рентабельность производства.*
Summary. *The paper shows that the cost of crops in all crop rotations increases when a double manure rate is combined with mineral fertilizers relative to a single manure rate, however, the increase in the cost of obtaining products outstrips the increase in its cost, which leads to a decrease in profitability. Despite this, the importance of the latter for the main grain crops remains sufficient to conduct production on an expanded basis.*
Key words: *crop rotation, fertilizer, yield, cost of production, costs, profitability of production.*

Экономическая эффективность выращивания культур в системе севооборотов изучалась нами в 1992-2015 гг. в многолетнем полевом стационарном полевом опыте по биологизации земледелия в ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. Схема опыта включала следующие севообороты – *плодосменный*: пар занятый (клевер на 1 укос) – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – ячмень; *зернопаропропашной*: пар черный – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – ячмень и *сидеральный*: пар сидеральный (горох) – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – ячмень для двух фонов удобренности в расчете на 1 га севооборотной площади – слабоудобренном (6 т навоза) и высокоудобренном (12 т навоза + $N_{37}P_{37}K_{37}$). Минеральные удобрения вносили под озимую пшеницу и сахарную свеклу непосредственно перед осенней вспашкой. Навоз также вносили перед с вспашкой сразу после уборки клевера и осенью, предшествующей размещению в полях севооборотов чистого и сидерального паров. Сидерат заделывали тяжелой дисковой бороной в фазе цветения гороха. Всю нетоварную часть урожая использовали в качестве органической массы для удобрения почвы.

Как показывают экспериментальные данные (таблица), урожайность озимой пшеницы в среднем за все время исследований (1992-2015 гг.) в зернопаропропашном и сидеральном севооборотах оказалась практически одинаковой: 3,7-3,6 т/га на слабоудобренном фоне и 4,5-4,3 т/га на высокоудобренном; в плодосменном севообороте при размещении пшеницы после клевера на зеленый корм урожайность ее была значительно ниже – 3,2 и 3,6 т/га в зависимости от варианта удобренности. Прирост урожайности озимой пшеницы на фоне сочетания двойной нормы навоза с минеральными удобрениями относительно слабоудобренного фона составил 0,8; 0,7 и 0,4 т/га, соответственно, в зернопаропропашном, сидеральном и плодосменном севооборотах. В таком же ряду возрастают стоимость полученного зерна и затраты на его производство. При этом следует отметить, что прирост общепроизводственных затрат опережает прирост продукции в денежном измерении: если на высокоудобренном фоне затраты увеличились по всем севооборотам в 1,3-1,4 раза, то стоимость продукции всего на 17,7 % в зернопаропропашном, на 14,7 % – в сидеральном и на 11,9 % – в плодосменном севооборотах. Указанное обстоятельство повлияло на уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы – в наиболее удобренном варианте по сравнению со слабоудобренным он снижается с 88,2 до 50,6 % в севообороте с занятым паром, с 90,7 до 59,0 % – с черным паром и с 35,3 до 28,4 % – с сидеральным паром.

Таблица – Экономическая эффективность выращивания культур в системе севооборотов при разных уровнях удобренности (в среднем за 1992-2015 гг.)

Культура севооборота (продукция)	Внесено на 1 га севооборотной площади в год							
	6 т навоза				12 т навоза + $N_{37}P_{37}K_{37}$			
	урожайность в опыте, т/га	стоимость продукции, тыс.руб./га	затраты на производство, тыс.руб./га	уровень рентабельности, %	урожайность в опыте, т/га	стоимость продукции, тыс.руб./га	затраты на производство, тыс.руб./га	уровень рентабельности, %
Плодосменный севооборот								
Клевер на 1 укос (зеленая масса)	15,8	18,8	15,8	19,0	16,8	20,0	21,8	-8,3
Озимая пшеница (зерно)	3,2	32,0	17,0	88,2	3,6	36,0	23,9	50,6
Сахарная свекла (корнеплоды)	32,4	81,3	47,5	71,2	36,6	91,9	59,6	54,2
Горох (зерно)	1,9	31,8	24,0	32,5	2,0	33,4	30,2	10,6
Ячмень (зерно) + клевер под покров	3,6	36,5	21,3	71,4	4,3	43,6	29,5	47,8
Зернопаропропашной севооборот								
Озимая пшеница (зерно) после черного пара	3,7	37,0	19,4	90,7	4,5	45,0	28,3	59,0
Сахарная свекла (корнеплоды)	35,0	87,8	50,6	73,5	41,0	102,9	64,7	59,1
Кукуруза (зеленая масса)	27,4	32,6	22,1	47,5	31,0	36,9	30,4	21,4
Ячмень (зерно)	3,2	32,4	18,6	74,2	3,8	38,5	26,8	43,7
Сидеральный севооборот								
Озимая пшеница (зерно) после сидерального пара	3,6	36,0	26,6	35,3	4,3	43,0	33,5	28,4
Сахарная свекла (корнеплоды)	37,2	93,4	53,3	75,2	42,3	106,2	68,0	56,2
Кукуруза (зеленая масса)	28,1	33,4	22,6	47,8	31,6	37,6	30,7	22,5
Ячмень (зерно)	3,3	33,5	19,1	75,4	3,8	38,5	26,8	43,7

Аналогичные тенденции характерны и для большинства других культур данных севооборотов. Так, урожайность сахарной свеклы в пределах одинаковых фонов удобренности в звене с занятым паром заметно ниже, чем в звеньях с сидеральным и черным парами. При одних и тех же уровнях удобренности не выявлено существенных различий в урожайности кукурузы на силос и ячменя в связи с размещением их после одинаковых предшественников. Значительно большее влияние на рост урожайности возделываемых культур по сравнению с предшественниками оказало повышение степени удобренности.

Стоимость продукции по культурам во всех севооборотах возрастает при сочетании двойной нормы навоза с минеральными удобрениями относительно одинарной нормы навоза, однако прирост затрат на производство продукции опережает прирост ее стоимости, что приводит к снижению уровня рентабельности.

Представленные в таблице расчетные материалы позволяют с экономических позиций ответить на давно дискутируемый вопрос о целесообразности использования черного пара в качестве предшественника озимой пшеницы. Так, в случае размещения озимой пшеницы по черному пару урожайность ее на высокоудобренном фоне составляет 4,5 т/га, а получаемая при этом масса прибыли – 16,7 тыс. руб./га. Если же черный пар, не дающий никакой продукции в год парования, заменить другим хорошим предшественником озимой пшеницы (например, горохом), то общий размер прибыли от реализации гороха с урожайностью 2,0 т/га в текущем году и полученного на следующий год зерна пшеницы даже с более низкой урожайностью 4,2 т/га (с учетом ценности гороха как предшественника) составит 18,8 тыс.руб./га. На низкоудобренном фоне масса прибыли измеряется величинами, равными 17,6 и 24,0 тыс. руб./га, соответственно. Следовательно, вывод отдельных ученых о том, что в районах с достаточным увлажнением чистый пар нужно рассматривать скорее всего как атавизм экстенсивного земледелия [1], находит свое подтверждение.

Несмотря на явно выраженную тенденцию ухудшения показателя рентабельности производства продукции в вариантах с повышенными дозами внесения удобрений, значение его для основных товарных культур остается достаточным, чтобы с.-х. организации могли развиваться на расширенной основе даже без субсидий из бюджетов различных уровней [2]. В то же время, исходя из запланированных в Российской Федерации на 2025 год объемов производства и экспорта продукции АПК [3], в ближайшей перспективе предполагается значительное увеличение количества применения минеральных удобрений, хотя цены на них из года в год неуклонно растут, заметно опережая рост цен на сельхозпродукцию [4]. Поэтому существует вполне реальный риск, что огромные затраты, которые будут вложены аграриями на приобретение удобрений, могут не окупиться стоимостью реализованной ими продукции. Для этого необходимо, чтобы приоритет сельского хозяйства, как наиболее уязвимой отрасли национальной экономики, был бы подкреплен соответствующей государственной поддержкой, доведя ее минимальный размер до 9 млрд. долл., разрешенного требованиями ВТО [5]. К числу механизмов такой господдержки, как показывает опыт развитых стран [6], могут быть отнесены меры, связанные с прямым субсидированием в соответствии с наличием земельной площади и поголовья животных; необходимым финансированием из госбюджета большинства фундаментальных и прикладных научно-исследовательских программ в сфере АПК; льготным кредитованием и налоговыми льготами сельхозтоваропроизводителям на прибыль, землю, добавочную стоимость и т.д.; стимулированием горизонтальной и вертикальной кооперации хозяйств по производству, переработке и сбыту с.-х. продукции и другие меры,

направленные на предотвращение, преодоление и ослабление рисков, угроз, вызовов и форсмажорных обстоятельств.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1993. – 64 с.
2. Акименко А.С., Свиридов В.И., Дудкина Т.А., Вавин В.Г., Долгополова Н.В. Обоснование направления интенсификации производства зерна в севооборотах лесостепи Центрального Черноземья // Земледелие. – 2023. – № 1. – С. 12-16.
3. Изменения, которые вносятся в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия // Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 18 марта 2021 г. № 415.
4. Алтухов А.И., Сычев В.Г., Винничек Л.Б. Российский рынок минеральных удобрений: проблемы и возможности решения // Вестник КГСХА. – 2019. – № 5. – С. 91-99.
5. Алтухов А.И. Продовольственная безопасность в контексте реализации новой редакции ее доктрины // Вестник КГСХА. – 2020. – № 9. – С. 82-89.
6. Нещадин А.А., Оболенцев И.О., Заздравных А.В. Проблемы государственного регулирования и поддержка агропромышленного комплекса (аналитический доклад). Комиссия по АПК РСПП (Российского союза промышленников и предпринимателей); Экспертный институт РСПП. – М., 2008. – 70 с.

УДК 635.63:631.8

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФОНЕ ОСНОВНОЙ СХЕМЫ ПИТАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕПЛИЧНОГО ОГУРЦА

Селиванова М.В.
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь
E-mail: *seliwanowa86@mail.ru*

Резюме. *Исследования по изучению влияния биологически активных веществ на продуктивность тепличного огурца были проведены в зимне-весенний оборот. Изучаемые вещества, которые применяли в качестве внекорневых подкормок, активизировали ростовые процессы в растениях огурца, что способствовало увеличению урожайности культуры.*

Summary. *Studies on the influence of biologically active substances on the productivity of greenhouse cucumber were conducted in the winter-spring turnover. The studied substances, which were used as foliar top dressing, activated the growth processes in cucumber plants, which contributed to the increase in crop yield.*

Огурец занимает лидирующие позиции в защищенном грунте России, в том числе при выращивании в зимне-весенний оборот. Культура характеризуется высокой урожайностью и ранним выходом продукции. Интенсивная технология выращивания огурца предусматривает использование современных технологий по поддержанию микроклимата, внедрению современных гибридов и применению агротехнических приемов, способствующих увеличению урожайности и уровня рентабельности производства.

В современных агротехнологиях, особенно в условиях защищенного грунта, актуально применение биологически активных веществ, оказывающих

полифункциональное влияние на растения. Биологически активные вещества повышают устойчивость растений к болезням, перепадам температур и влажности воздуха, избытку или недостатку влаги в субстрате, способны активизировать физиологические и биохимические процессы в растениях при интенсивном нарастании листового аппарата, плодов, накоплении питательных веществ. В результате усиления интенсификации процессов синтеза органических веществ на соответствующих этапах органогенеза происходит достижение конечного результата – повышение урожайности и улучшение качества продукции.

Исследования в технологии выращивания тепличного огурца были проведены в зимней остекленной теплице, расположенной в шестой световой зоне. Период выращивания огурца – зимне-весенний оборот 2022 г. Объектом исследования были растения огурца Мадрилене F1. Предмет исследований – применение биологически активных веществ в технологии выращивания огурца. В опыте были использованы кинетин, глицин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, которые применяли в качестве внекорневых подкормок. Фоном и контролем в опыте была основная схема питания огурца в зависимости от фазы развития культуры. Огурец выращивали на минераловатном субстрате, удобрения согласно схеме питания вносили методом фертигации.

Посев семян огурца на рассаду проводили во второй половине декабря, высадку рассады на постоянное место – через две недели после всходов. В период выращивания рассады использовали систему дополнительного досвечивания растений.

В опыте были проведены учеты по формированию плодов огурца в зависимости от обработки растений биологически активными веществами, которые влияли на деление и рост клеток, формирование плода, устойчивость к стрессу, тропизмы, транспирацию; обеспечивали функциональную целостность растительного организма, закономерную последовательность фаз индивидуального развития и запуск иммунных процессов.

Плод огурца – ложная ягода с тремя, пятью семенными камерами. Разные сорта огурца имеют плоды различной формы, размера, опушенности, окраски, рисунка и других признаков. Изучаемый партенокарпический гибрид огурца Мадрилене F1 огурца формирует бугорчатые плоды корнишонного типа. Общая урожайность огурца складывается из массы плода, впоследствии массы плодов с куста, и в итоге общего урожая с одного квадратного метра. При проведении сборов плоды убирали массой 100-120 г при их длине 8-12 см.

В результате обработки растений биологически активными веществами количество плодов и их масса на растениях увеличивалась относительно контроля: разница в количестве плодов с 1 растения составила 7,1-10,9 шт., в массе плодов с одного растения – 0,7-1,3 кг. Согласно результатам учетов получено, что больше всего плодов с одного растения и их максимальная масса были при применении глицина – 86,7 шт. и 9,7 кг соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние биологически активных веществ на формирование плодов огурца

Вариант	Количество плодов с 1 растения, шт.	Масса плодов с одного растения, кг	Урожайность, кг/м2
Контроль (фон)	75,8	8,4	22,4
Фон + кинетин	85,6	9,4	24,8
Фон + глицин	86,7	9,7	25,1
Фон + аспарагиновая кислота	83,4	9,3	24,2
Фон + + глутаминовая кислота	82,9	9,1	24,0
НСР05	0,5	0,2	0,3

Главный показатель продуктивности овощной культуры – это урожайность. Показатель учитывали в течение всех сборов, которые проводились три раза в неделю. Все сборы складывались в общую урожайность за зимне-весенний оборот. При применении биологически активных веществ урожайность огурца относительно контроля увеличивалась на 7,1-12,1 %. При использовании аспарагиновой и глутаминовой кислот урожайность существенно превышала контроль на 1,8 и 1,6 кг/м^2 соответственно. Обработка растений кинетином способствовала увеличению урожайности огурца относительно контроля на 2,4 кг/м^2. Наибольшая урожайность в опыте была получена при применении глицина – 25,1 кг/м, разница по сравнению с контролем составила 2,7 кг/м^2.

Таким образом, применение биологически активных веществ кинетина, глицина, аспарагиновой и глутаминовой кислот в технологии выращивания тепличного огурца активизировало ростовые процессы в растении, что подтверждает увеличение количества плодов, их массы с одного куста и общей урожайности за оборот. Наибольшая эффективность была получена при обработке растений глицином.

Библиографический список

1. Андосова, А. З. Влияние стимуляторов роста растений на формирование цветков у огурца в условиях защищенного грунта / А. З. Андосова, В. А. Варавкин // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции: матер. Всероссийской (национальной) науч.-практ. конфер., Курск, 08 февраля 2021 г. Том Часть 2. – Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2021. – С. 69-71.
2. Влияние антистрессантов на продуктивность тепличного огурца / М. В. Селиванова, Е. С. Романенко, Т. С. Айсанов, Е. С. Миронова // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5(13). – С. 42-48. – DOI 10.25930/2687-1254/007.5.13.2020.
3. Пигорев, И. Я. Стимуляторы роста в производстве рассады огурца тепличного комбината / И. Я. Пигорев, О. В. Никитина, А. И. Трубников // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 17-23.
4. Селиванова, М. В. Влияние биологически активных веществ в составе органо-минеральных удобрений на продуктивность тепличного огурца / М. В. Селиванова, Т. С. Айсанов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2020. – Т. 29. – С. 227-232.
5. Селиванова, М. В. Влияние схем питания на продуктивность огурца в условиях

защищенного грунта / М. В. Селиванова // Перспективные направления развития сельского хозяйства: Труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2015. – С. 65-67.
6. Стимуляторы роста в формировании растений огурца в условиях защищенного грунта / И. Я. Пигорев, И. В. Ишков, Н. В. Шитиков, Г. А. Бирюков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 45-55.

УДК 911.52

ПРИОРИТЕТНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ СТРУКТУРЫ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ПОЯСА РОССИИ

Старожилов В.Т.
Дальневосточный Федеральный университет ИМО,
Тихоокеанский международный ландшафтный центр, г. Владивосток.
E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Резюме. *В статье с использованием основ парадигмы «Ландшафтопользование России», выделенной новой геологической оболочки планеты Земля нооландшафтосферы, а также учения Старожилова о нооландшафтосфере рассматриваются приоритетные ландшафтные структуры Тихоокеанского ландшафтного пояса как основы планирования и управления направлений развития инновационных агротехнологий землепользования. Они представляют «фундамент» освоения, их внутреннее строение и содержание включают компоненты такие как вещественные комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы. Констатируется, что установлен новый уровень возможностей развития агротехнологий на Востоке России в Тихоокеанском ландшафтном поясе. Рекомендуется применять структуры такие как пояс, область, провинция, округ, ландшафты как основы развития инновационных агротехнологий.*
Ключевые слова: *Нооландшафтосфера, структура ландшафт, землепользование, ландшафтный «фундамент», освоение.*
Summary. *In the article, using the fundamentals of the "Landscape Use of Russia" paradigm, the identified new geological shell of the planet Earth of the noolandscapesphere, as well as Starozhilov's teachings on the noolandscapesphere, the priority landscape structures of the Pacific landscape belt are considered as the basis for planning and managing the directions for the development of innovative agrotechnologies for land use. They represent the "foundation" of development, their internal structure and content include components such as material complexes of the lithosphere, tectonics, relief, climate, water, soil, vegetation, biocenoses. It is stated that a new level of opportunities for the development of agricultural technologies in the East of Russia in the Pacific landscape belt has been established. It is recommended to apply structures such as belt, region, province, district, landscapes as the basis for the development of innovative agricultural technologies.*
Key words: *Noolandscapesphere, landscape structure, land use, landscape "foundation", development.*

Введение. Ландшафтные структуры пространственной организации территорий любого освоения планеты Земля, ранее не рассматривались как природные основы моделирования пространственной организации природного

«фундамента» для построения гармонизированных с природой моделей развития инновационных технологий землепользования. В настоящей работе нами на основе многолетних геолого-географических, географических исследований и работы на кафедре почвоведения и организацией в ДВФУ агроландшафтного сектора впервые рассматриваются Тихоокеанский ландшафтный пояс и его региональные структуры такие как области, провинции, округа и ландшафты как основы развития инновационных технологий землепользования. Многолетними исследованиями природы (ландшафтов) установлено, что именно ландшафт (как природное тело) и в целом нооландшафтосфера являются первоначальными объектами, фокусом и основой для гармонизированного с природой построения моделей землепользования. При построении моделей проектировщики должны иметь материалы по природным основам освоения (ландшафтам) и только после их индикации, анализа и синтеза, оценки проводить работы по проектированию, планированию объектов развития инновационных технологий землепользования. То есть первоначальным объектом внимания землепользования является нооландшафтосфера и её составляющие природные тела (ландшафты). Они вовлекаются в оценку уже на первоначальном этапе планирования, внедрение новых технологий зависит от результатов оценки возможностей вовлечения ландшафтов в проектирование. В целом выбор ландшафтных параметров, создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации на основе нооландшафтосферы и её ландшафтных структур, обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития территорий представляют собой важное особое ландшафтное научно-прикладное направление ландшафтопользования и по результатам научно-практических разработок ландшафтной школы профессора Старожилова ранее были выделено в особую востребованную при освоении территорий ландшафтную научно-прикладную парадигму деятельности общества. Была названа, так как связана с использованием природных тел, называемых ландшафтами, как парадигма «ландшафтопользование России». Она формулируется как создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий землепользования в связи с освоением территорий, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. В настоящей работе парадигма «ландшафтопользование России» рассматривается основой для построения Тихоокеанского ландшафтного пояса и его структур, которые в свою очередь предлагается применять как основу развития инновационных технологий землепользования.

Цель публикации: обосновать в Российской науке и практике применять Тихоокеанский ландшафтный пояс и его структуры – фрагмент фундамента практик освоения планеты Земля – как основу развития инновационных

технологий землепопользования с использованием моделей научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Материалы и методы. Используется материал по ландшафтам, полученный благодаря работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу, а также при разработке парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индикации и планирования, разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России, а также по ландшафтному звену выстраивания планирования и развития почвенных, сельскохозяйственных, экономических, градостроительных и др. структур осваиваемых территорий, необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан и разработок к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России - Мировой океан. Кроме того, использовались материалы разработок по земледелию: «нооландшафтосфера фундамент практик земледелия планеты Земля» (библиот. 49611061), «Ландшафтопользование парадигма основа моделирования природного фундамента земледелия планеты Земля» (библиот. 49611059), «Ландшафтные структуры адаптации земледелия геосистемы «Восток России-мировой океан» (DOI: 10.35735/9785604701171_248), «Новый программно-целевой подход парадигмы ландшафтопользования к адаптации земледелия» (eLIBRARY ID: 48863915).

Общей методологической основой моделирования, выделения и формулирования Тихоокеанского ландшафтного пояса и его структур как приоритетной основы развития инновационных технологий землепользования на Востоке России используется основа ландшафтного научно-прикладного направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, направленного на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы и общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

При моделировании и выделении приоритетной основы используется методология новой ландшафтной стратегии к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан. Это, прежде всего, сформулированные базовые подходы к её разработке на основе современных, прогрессивных результатов ландшафтной научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», разработок по «Нооландшафтосфере» и «учению Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» разработанных

Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Значимым является то, что в основу выделения приоритетной основы положены направленные на практическую реализацию ландшафтного подхода многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырской ландшафтных областей.

Выделение Тихоокеанского ландишафтного пояса и его ландшафтных областей, провинций, округов, ландшафтов и их видов, родов, классов и типов как основы развития инновационных технологий землепользования определяется полученным фундаментальным результатом по ландшафтам континентального обрамления Тихого океана в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс. Важно отметить, что именно с получением фундаментального результата по ландшафтам и их картографических разномасштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать их между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей землепользования. Использование его при освоении в свою очередь повлекло многократное его использование, и чтобы сохранить их сопоставимость необходимо было провести стандартизацию и паспортизацию консервативного внутреннего содержания ландшафтов и составить документ на каждый ландшафт (паспорт).

Кроме того, в качестве доказательной базы определения приоритетной основы развития инновационных технологий землепользования взяты результаты исследования по районированию Тихоокеанского ландшафтного пояса. Используются результаты по ландшафтному районированию континентального и морского звена диалектической пары пояса геосистемы Восток России-Мировой океан. Выделены ландшафтные области, провинции и округа. Применялись результаты применения ландшафтных материалов в различных областях практики, например в гидромелиорации, геохимии, экологии и др. [1-10].

Результаты. Впервые выделены и формулируются Тихоокеанский ландшафтный пояс, его структуры – фундамент практик освоения планеты Земля – как основы развития инновационных технологий землепользования с использованием моделей научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России» и учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля, обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий землепользования в связи с освоением, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. Тихоокеанский ландшафтный пояс и его структуры сложена ландшафтами, внутреннее содержание которых включают такие компоненты как вещественные

комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы.

Установлена необходимость использования междисциплинарного мышления, междисциплинарного сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом окраинно-континентальной дихотомии и данных по орогеническому, орографическому, климатическому, фиторастительному, биогенному факторам формирования землепользования.

Заключение. На сегодняшний день для Востока России в результате применения основ парадигмы «ландшафтопользование России», «учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» определены основы ландшафтного «фундамента» для практической реализации его в проведении ландшафтного развития инновационных технологий землепользования. Такой приоритетной основой по результатам исследований профессора Старожилова выделены и формулируются ландшафтные основы: Тихоокеанский ландшафтный пояс и его ландшафтные структуры такие как ландшафт, их виды, роды, классы, типы, округа, провинции, области Она представляет собой фундамент практик освоения. Использование моделей ландшафтного «фундамента» в ландшафтном развитии инновационных технологий землепользования поможет определить приоритеты и механизмы развития землепользования, разработать меры по стимулированию его развития и приоритетные инфраструктурные проекты, необходимые для пространственного развития землепользования Востока России и России в целом.

[3]

Библиографический список

1. Старожилов В.Т. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования. Гераськин М.М., Троицкий В.П., Нестерова О.В., Старожилов В.Т., Пилипушка В.Н. учебное пособие / Владивосток, 2009.
2. Старожилов В.Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков. Леонинко А.В., Старожилдов В.Т. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №55. – С. 353-362.
3. Старожилов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья/ В сборнике: фосфаты Дальнего Востока. Влдадивосток1980. – С. 131-134.
4. Старожилов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья. / В сборнике: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980. – С. 100-108.
5. Старожилов В.Т., Суржик М. М. Общее ландшафтоведение и использовании ландшафтного подхода в экологическом мониторинге. – Уссурийск, 2014.
6. Старожилов В.Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите. / В сборнике: Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология. Материалы шестой научной конференции: к всемирным дням Воды и Метеорологии, 2005.– С. 174 -179.
7. Старожилов В.Т. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции: Старожилов В.Т., Матвеенко Т. И., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Коробова И. В. Владивосток, 2009.
8. Старожилов В.Т. Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье. // Изв. Рос. акад. Наук. Сер.геогр. – 2013. – № 1. – С. 99-104

9. Старожилов В.Т. и др. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Ткаченко В.И., Евсеев А.Б: Горн. информ. аналит. бюллет. – 2009. – № 55. – С.271-277.
10. Старожилов В.Т. и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / Солодянкина С.В., Кошкарев А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожилов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В.: География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42. – № 3. – С. 23-36.

УДК 631.58

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ NO-TILL В КРЫМУ

Сусский А.Н.
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь
E-mail: *borisakunin1979@yandex.ru*

***Резюме**. В статье приведены результаты изучения плотности почвы при разных системах земледелия, в прямом посеве и традиционной системе, в пятипольном севообороте на стационарном опыте в Центральной степи Крыма.*

Сельское хозяйство является одной из главных отраслей народного хозяйства Российской Федерации [1-4]. Степная зона подходит для выращивания полевых культур по системе земледелия прямого посева. Нулевая технология – это посев семян в необработанную почву путем нарезки бороздок нужной ширины и глубины, достаточной для заделки семени. Главные принципы данной технологии: на поверхности почвы должен быть постоянных покров, состоящий из растительных остатков, минимальное механическое воздействие на почву и обязательное применение адаптированных севооборотов. Указанные принципы детализируются следующим образом: отказ от вспашки, культивации (сплошной и междурядной), дискования, боронования; отказ от органических удобрений, вместо их используются растительные остатки от основных, пожнивных и почвопокровных культур); запрет на сжигание остатков, внесение минеральных удобрений и средств защиты растений одновременно с посевом или орудиями, не разрушающими почвенный покров, использование специальных сеялок прямого посева [5-11].

Среди агрофизических свойств почвы одним из важнейших является плотность почвы. Плотность почвы – это отношение массы абсолютно сухой почвы в ненарушенном состоянии к его объему со всеми порами при отсутствии почвенной влаги. Плотность почвы можно считать интегрированным параметром его агрегатного состояния. Для большинства почв плотность для роста и развития полевых растений должна составлять 1,0-1,3 г/см^3 [12].

Методика исследований. В 2015-2016 гг. в отделении полевых культур (с. Клепинино, Красногвардейский район) института ФГБУН «НИИСХ Крыма» был заложен стационар по изучению технологии прямого посева (ПП) в сравнении с общепринятой в нашем регионе традиционной обработкой почвы (ТС). Почвозащитная ресурсосберегающая технология обработки почвы была разработана для региона учеными нашего института еще в 70-80 гг.

прошлого столетия, она используется и сегодня, за незначительным исключением. За основу в наших опытах приняли классический для зоны севооборот: пар черный – пшеница озимая – лен масличный – ячмень озимый – сорго зерновое. Точно такой севооборот посчитали подходящим и для новой технологии, но заменили поле пара черного – горохом посевным. Так как входили в севооборот всеми полями данные для научных отчетов использовали с 2017 года. Плотность почвы определяли согласно общепринятой методике. Исследование проводилось в 2019/2020 гг. сельскохозяйственном году.

Результаты исследований. Для сравнения физического состояния исследуемых почв в зависимости от технологии было проведено определение плотности почвы на озимых при посеве и возобновлении весенней вегетации, яровых культур при посеве. Важным показателем физического состояния почвы является ее плотность сложения, особенно в корнеобитаемом слое. Определялась плотность почвы в слоях 0-10, 10-20 и 20-30 см в зависимости от технологии их выращивания (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние систем земледелия на плотность почвы озимых культур, 2019/2020 гг.

Культура и система земледелия	Плотность почвы, г/см^3							
	посев				возобновление весенней вегетации			
	слой почвы, см							
	0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Озимая пшеница – ТС	1,21	1,45	1,48	1,38	1,05	1,35	1,45	1,28
Озимая пшеница – ПП	1,15	1,32	1,36	1,24	1,05	1,35	1,34	1,31
$НСР_{05}$	0,13	0,12	0,12		0,05	0,06	0,07	
Озимый ячмень – ТС	1,04	1,32	1,44	1,27	1,04	1,41	1,43	1,29
Озимый ячмень – ПП	1,14	1,23	1,50	1,29	1,02	1,39	1,39	1,27
$НСР_{05}$	0,15	0,09	0,10		0,07	0,06	0,07	

При посеве пшеницы озимой посевной слой 0-10 см по изучаемым системам земледелия находился в оптимальных параметрах – 1,21 и 1,15 г/см^3. Нижележащие слои почвы 10-20 и 20-30 см были переуплотнены при ТС в большей степени (1,45 и 1,48 г/см^3), чем при ПП (1,32 и 1,36 г/см^3). В целом плотность почвы в слое 0-30 см при ПП зафиксирована в оптимальном значении, по ТС – 1,38 г/см^3 переуплотненная. В вариантах посева ячменя озимого плотность почвы посевного и пахотного слоев по системам земледелия находилась в оптимальных пределах. Значительно переуплотнена почва слоя 20-30 см по ТС – 1,44, по ПП – 1,50 г/см^3. В среднем по слоям плотность сложения по обеим системам земледелия находилась в оптимальных пределах данных показателей 1,27-1,29 г/см^3.

Переуплотненность почвы в отчетном сельскохозяйственном году мало зависела от систем земледелия, этому способствовали жесткие условия предпосевного и посевного периодов – высокая температура воздуха при значительном недоборе осадков.

К началу весенне-полевых работ плотность почвы верхнего слоя 0-10 см по озимым зерновым культурам не зависела от изучаемых технологий, была рыхлой и колебалась в пределах 1,02-1,05 г/см^3. Слои 10-20 и 20-30 см

находились вне зависимости от технологий одинаково уплотненными 10-30 см по ТС – 1,40, по ПП – 1,35 г/см^3 по пшеницы озимой и ТС – 1,42 и ПП – 1,39 г/см^3 по ячменю озимому. Слой почвы 0-30 см весной под посевом озимых культур находился в оптимальных значениях по плотности для озимых зерновых – 1,27-1,31 г/см^3.

На паровом поле и поле гороха плотность почвы по горизонтам и в среднем находилась на одном уровне – 1,17 г/см^3. На пару это влияние механических обработок, а на делянках с горохом, по всей вероятности, влияние корневой системы предшествующей культуры – сорго зерновое (табл. 2).

Таблица 2 – Плотность почвы при посеве яровых культур в зависимости от системы земледелия, г/см^3, 2020 г.

Культура/пар	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		20-30		0-30	
	ТС	ПП	ТС	ПП	ТС	ПП	ТС	ПП
Горох/пар	1,00	1,03	1,14	1,17	1,36	1,30	1,17	1,17
$НСР_{05}$	0,07		0,07		0,06			
Лен	1,00	0,98	1,44	1,30	1,38	1,32	1,27	1,20
$НСР_{05}$	0,07		0,07		0,06			
Сорго	0,97	0,88	1,41	1,30	1,40	1,37	1,29	1,18
$НСР_{05}$	0,09		0,09		0,12			

При посеве льна и сорго слой 0-10 см рыхлый в пределах ТС – 1,0 и 0,97, ПП – 0,98 и 0,88 г/см^3, соответственно по культурам. Слой 10-20 см более плотный (1,44 и 1,41 г/см^3) по обеим культурам при ТС, сказывается механическая предпосевная обработка почвы; при ПП одинаково оптимальный 1,30 г/см^3. Слой почвы 20-30 см более плотный по ТС земледелия, но это только тенденция.

Выводы. Несмотря на то, что в технологии без обработки почвы не происходит механического рыхления почвы, параметр плотность почвы, в слое 0-10 см, находится в оптимальных значениях (0,98-1,21 г/см^3) для развития корневых систем изучаемых нами полевых культур (кроме сорго плотность почвы на делянках которого составила 0,88-0,97 г/см^3, что говорит о чрезмерной рыхлости почвы). В слоях 10-20 см и 20-30 см почва в отчетном периоде несколько переуплотнена по обеим системам земледелия.

Библиографический список

1. Турин Е.Н. Результаты изучения системы земледелия прямого посева в зоне рискованного земледелия. // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем. VII Докучаевские молодежные чтения: матер. Всеросс. научной конф., посвященной 70-летию Красноярского ГАУ. (Красноярск, 22 декабря 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 130-135.

2. Турин Е.Н. Результаты оценки эффективности жидкой формы биогумуса «Грандфлора Виктория» на озимом ячмене и озимой пшенице в Степном Крыму. // Научно-практические аспекты развития АПК: матер. национальной научной конф. (Красноярск, 18 ноября 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 30-34.

3. Турин Е.Н. Результаты изучения эффективности жидкой формы биогумуса «Грандфлора Виктория» на озимой пшенице и яровом ячмене в Степном Крыму. // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сб. матер. 12-й Междунар. конф. молодых учёных и специалистов (Краснодар, 01-03 марта 2023 г.). – Краснодар: ФНЦ "Всероссийский НИИ масличных культур им. В.С.

Пустовойта", 2023. – С. 314-317.
4. Турин Е.Н. Результаты исследований по оценке эффективности жидких хелатных микроудобрений на кориандре посевном в Крыму в 2021 году. // Проблемы современной аграрной науки: матер. междунар. научной конф. (Красноярск, 15 октября 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. – С. 48-52.
5. Иванов А.Л., Дридигер В.К. Обеспечение технологии прямого посева техническими средствами отечественного производства. // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37. – № 3. – С. 50-56.
6. Перегудова Н.А., Дридигер В.К. Влияние сроков сева на фотосинтетическую деятельность и урожайность подсолнечника в технологии прямого посева // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 2(16). – С. 45-54.
7. Турин Е.Н. Изучение системы земледелия прямого посева в 2019/2020 гг. // Системы контроля окружающей среды – 2021: тезисы докл. Междунар. научно-практ. конф. (Севастополь, 09-12 ноября 2021 г.). – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2021. – С. 116.
8. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (Обзор) // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 2(22). – С. 150-168.
9. Турин Е.Н., Женченко К.Г., Гонгало А.А. Результаты изучения технологии возделывания Triticum aestivum L. без обработки почвы в Крыму // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: матер. IV междунар. научно-практ. конф. (Ялта, 09-13 сентября 2019 г.). – Ялта: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 203-205.
10. Турин Е.Н. Посевное оборудование для систем земледелия без обработки почвы // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. матер. Междунар. научно-практ. конф. (с. Соленое Займище, 18-19 июля 2018 г.). – с. Соленое Займище: Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2018. – С. 162-169.
11. Тарасенко В.С. Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий. Симферополь: ИТ «Ариал», 2014. – 176 с.
12. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства no-till: Навч. Посібник. – К.: «Логос», 2011. – 352 с.

УДК 633.521.:631.582.:631.559.

ВЛИЯНИЕ ПОУКОСНОГО ПОСЕВА ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ НА КОЛИЧЕСТВО СТЕБЛЕЙ ПЫРЕЯ ПОЛЗУЧЕГО В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНОПРОДУКЦИИ[3]

Сухопалова Т.П.
ФГБНУ ФНЦ лубяных культур г. Тверь
E-mail: *info.trk@fnclk.ru*

***Резюме**. Представлены результаты научных исследований по засоренности посевов льна-долгунца пыреем ползучим после предшественников с использованием зеленой массы горчицы белой на удобрение в звеньях льняных севооборотов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ.*

***Summary**. The article presents the results of scientific research on the infestation of fiber flax crops with creeping wheatgrass, after its predecessors using the mass of white mustard for green fertilizer in flax crop rotations in the Central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation.*

[3] *Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания по программе Федерального научного центра по лубяным культурам на 2019-2023 гг. (№ FGSS-2019-0017).*

Пырей ползучий – сорняк, корневища которого остаются на поверхности при обработке почвы и затрудняют обеспечение качественного посева семян льна-долгунца, они поглощают значительное количество влаги необходимой для прорастания льносемян и роста растений льна. Его стебли засоряют льноволокно, оказывают отрицательное влияние на качество пряжи, семена засоряют льносемена [1, 2]. Это сорное растение трудно искореняемое.

Для борьбы с пыреем ползучим можно использовать агротехнические способы: вымораживание, высушивание, вычесывание, удушение. Наилучшие результаты можно получить при соблюдении агротехнических мер борьбы с пыреем ползучим в сочетании с химическими [1, 3].

Выявлено, что в Центральных областях Нечерноземной зоны важным фактором биологизации земледелия и повышения плодородия почвы является использование пожнивной зеленой массы горчицы белой на удобрение. При внесении зеленой массы в почву наблюдается снижение засоренности последующих культур севооборота на 30-61 % [4].

Использование горчицы белой позволяет сэкономить 10 кг азотных удобрений, без необходимости применять глифосат [5]. Корни горчицы белой разрыхляют тяжелую почву и выделяют гликозиды (синиргин, синальбин), которые подавляют рост сорных растений.

Установлено, что посев льна-долгунца после горчицы белой с использованием ее в качестве поукосной промежуточной культуры на зеленое удобрение способствовало снижению количества и массы пырея ползучего вдвое и увеличению урожайности на 2,3 ц/га, улучшало качество льнотресты на 1,3 номера [6]. Подтверждается снижение количества пырея ползучего в 2,8 раза в посевах льна-долгунца при возделывании его в начале ротации севооборота после предшественников вико-овсяной смеси с использованием поукосного посева горчицы белой на зеленое удобрение и в конце ротации после предшественника ячменя с внесением биофунгицида Стернифаг [7].

Цель исследований – определить влияние внесения зеленой массы горчицы белой с поукосного посева в почву в качестве удобрения на количество стеблей пырея ползучего в посевах льна-долгунца в фазу полных всходов и урожайность льнопродукции.

Исследования проводили в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ (Тверская область) в период с 2016 по 2021 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с реакцией почвенного раствора от слабокислой до сильнокислой (pH_{kcl} – 4,4-5,4). Почва опытных участков перед посевом льна-долгунца характеризовалась очень высоким содержанием подвижного фосфора (270-452 мг/кг), повышенным и высоким содержанием калия (84-256 мг/кг). Содержание гумуса было 1,5-1,6 %.

Изучали звенья в трех севооборотах с возделыванием промежуточного поукосного посева горчицы белой на зеленое удобрение.

В 1-ом севообороте звено являлось контрольным вариантом и состояло из предшественника ячменя на зерно и льна-долгунца (ячмень – лен-долгунец).

Во 2-м севообороте звено было следующим: вико-овсяная смесь на зеленый корм с поукосным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец.

В 3-ем севообороте звено было следующим: горчица белая на зеленый корм с поукосным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец.

В 2016 и 2017 гг. проводили исследования в первой ротации севооборотов, а в 2020 и 2021 гг. – во второй ротации.

В 2016 и 2020 гг. в трех севооборотах были посеяны предшественники на зерно (ячмень) и зеленый корм (вико-овсяная смесь и горчица белая) и поукосная промежуточная культура – горчица белая.

В 2017 и 2021 гг. после этих предшественников высевали во всех севооборотах лен-долгунец.

Горчицу белую сорта Луговская высевали поукосно на зеленое удобрение с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га без минеральных удобрений.

С зеленой массой горчицы в среднем в почву поступило в первой ротации 70 кг/га азота, 22 кг/га фосфора и 56 кг/га калия, во второй – 52 кг/га азота, 17 кг/га фосфора, 42 кг/га калия.

В 2017 и 2021 гг. после предшественников во всех севооборотах высевали лен-долгунец сортов: в первой закладке Тверской, во второй – Тонус. Высевали его с нормой высева 22 млн всхожих семян на 1 га, с внесением минеральных удобрений под культивацию в дозе N10P22K80 по общепринятой технологии, включающей зяблевую вспашку плугом ПН-4-35 и обработку почвы весной с помощью культивации и боронования. Полевой опыт однофакторный, заложен методом рандомизированных повторений включал три севооборота в двух ротациях. Повторность опыта – трехкратная. Площадь делянки 88 м^2, учетная – 66,5 м^2.

Для борьбы с сорной растительностью в фазе «елочка» посевы льна-долгунца обрабатывали баковой смесью гербицидов: включающей Секатор Турбо – 75 мл/га, Лонтрел – 250 мл/га, Миура – 1 л/га, Гербитокс Л – 600. Для борьбы с сорными растениями в посевах предшественников в 2016 и 2020 гг. не применяли противозлаковый гербицид Миура.

В 2016 и 2017 гг. температура воздуха и погодные условия благоприятно влияли на повышение урожайности возделываемых культур. ГТК по Селянинову был 1,6 ед.

В 2020 г. в период вегетации предшественников погодные условия были благоприятные для роста растений.

В условиях 2021 г. в период всходов льна влажная почва способствовала дружному появлению всходов льна-долгунца и развитию растений в фазу «елочка». В фазу цветения и до уборки складывались засушливые погодные условия. За вегетационный период от посева до уборки гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) составил 1,15 ед.

Учет урожая проводили поделяночно, сплошным методом, с приведением урожайных данных к стандартной влажности и чистоте. Показатели по

урожайности льнопродукции обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) [8]. Наблюдения и исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов со льном-долгунцом [9].

Выявили, что в посевах предшественников перед уборкой исходная засоренность была достаточно высокой в первой ротации севооборотов количество стеблей пырея ползучего составляло от 120 до 157 шт./м^2, а второй ротации – от 40 до 147 шт./м^2 (табл.1). Необходимо отметить, что их количество в посевах ячменя перед уборкой в обоих ротациях севооборотов было меньше на 10-37 шт./м^2, чем в посевах вико-овсяной смеси и горчицы белой.

Таблица 1 – Засоренность посевов предшественников пыреем ползучим в севооборотах за две ротации

Севооборот, предшественник и промежуточная культура	Количество стеблей пырея ползучего, шт./м^2	
	1-ая ротация (2016 г.)	2-ая ротация (2020 г.)
Засоренность предшественников перед уборкой, 2016-2020 гг.		
1-й - ячмень на зерно в августе(контроль)	120	137
2- й - вико-овсяная смесь на зеленый корм	137	40
3-й - горчица белая на зеленый корм	157	147
Засоренность поукосного промежуточного посева горчицы белой перед запашкой на зеленое удобрение, 2016-2020 гг.		
2-й - поукосный посева горчицы белой на удобрение	33	36
3-й - поукосный посев горчицы белой на удобрение	76	28

В поукосных посевах горчицы белой перед запашкой на удобрение, как в первой, так и второй ротациях севооборотов отмечали снижение количества стеблей пырея ползучего (табл. 1). Наибольшее снижение количества стеблей пырея ползучего наблюдали перед запашкой горчицы белой на удобрение после предшественника горчицы белой, убираемой на зеленый корм. Оно снизилось в 2-5 раз.

Снижение количества стеблей пырея ползучего в поукосных посевах горчицы белой на зеленое удобрение оказало существенное влияние на снижение их в посевах льна-долгунца в период полных всходов.

Количество стеблей пырея ползучего севооборотах (вико-овсяная смесь на зеленый корм с поукосным посевом горчицы белой – лен-долгунец) и (горчица белая на зеленый корм с поукосным посевом горчицы белой на удобрение – лен-долгунец) во всех ротациях в посевах льна-долгунца уменьшалось по сравнению с севооборотом (ячмень – лен-долгунец). После предшественника вико-овсяной смеси количество стеблей пырея ползучего снизилось в 2,2-3,0 раза, после горчицы белой в 1,6-4,0 раза по сравнению с возделыванием льна-долгунца после ячменя в соответствии с ротациями севооборотов (табл. 2).

Таблица 2 – Засоренность посевов льна-долгунца пыреем ползучим в фазу всходов после предшественников по ротациям севооборота, 2017-2021 гг.

Севооборот, предшественник и промежуточная культура	Количество стеблей пырея ползучего в посевах льна-долгунца, шт./м2	
	1-ая ротация (2017 гг.)	2-ая ротация (2021 гг.)
1-й - ячмень на зерно (контроль)	89	118
2- й - вико-овсяная смесь на зеленый корм + поукосно горчица белая на зеленое удобрение	26	53
3-й - горчица белая на зеленый корм+ поукосно горчица белая на зеленое удобрение	54	28

Урожайность льнопродукции в первой и второй ротации в севооборотах: вико-овсяной смеси с поукосным промежуточным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец и горчица белая с поукосным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец в связи с меньшим количеством пырея ползучего в его посевах была выше, чем в севообороте: ячмень-лен-долгунец.

Урожайность льнотресты в 2017 г. в севообороте: вико-овсяной смеси с поукосным промежуточным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец была получена в количестве 5,14 т/га, а в севообороте: горчица белая с поукосным посевом горчицы белой на зеленое удобрение – лен-долгунец – 5,3 т/га, в обоих севооборотах льносемян было получено по 0,82-1,04 т/га, всего и длинного льноволокна по – 1,76 и 1,84 т/га с высокими показателями по качеству льнотресты, соответствующими 2,5 номерам (табл.3).

Таблица 3 – Урожайность льнопродукции в севооборотах после предшественников и промежуточной культуры, 2017-2021 гг.

Севооборот, предшественник и промежуточная культура	Урожайность льнопродукции, т/га					
	льнотресты		льносемян		всего волокна	
	1-ая ротация (2017 гг.)	2-ая ротация (2021 гг.)	1-ая ротация (2017 гг.)	2-ая ротация (2021 гг.)	1-ая ротация (2017 гг.)	2-ая ротация (2021 гг.)
1-й - ячмень на зерно контроль)	5,04	2,36	0,89	0,35	1,79	0,88
2- й - вико-овсяная смесь на зеленый корм+ поукосно горчица белая на зеленое удобрение	5,14	3,29*	0,82	0,42	1,76	1,35*
3-й - горчица белая на зеленый корм+ поукосно горчица белая на зеленое удобрение	5,30	3,48*	1,04*	0,43	1,84	1,36*
НСР $_{05}$, т/га	1,24	0,4	0,21	$F_ф<F_{05}$	0,44	0,2

После предшественников вико-овсяной смеси и горчицы белой на зеленый корм с промежуточным поукосным посевом горчицы белой на зеленое удобрение урожайность льнотресты во второй ротации севооборотов увеличивалась на – 0,93 и 1,12 т/га, всего льноволокна на – 0,57-0,58, в том числе длинного на – 0,2 т/га, льносемян – 0,07-0,08 т/га по сравнению с выращиванием льна-долгунца после предшественника ячменя, где присутствовало большие количеством стеблей пырея ползучего. Качество полученной стланцевой льнотресты составляло 2,5 номера (табл. 3).

Таким образом, использование в севооборотах поукосного промежуточного посева горчицы белой на зеленое удобрение после предшественников на зеленый корм способствует снижению количества стеблей пырея ползучего в их посевах перед запашкой на удобрение и обеспечивает уменьшению засоренности посевов льна-долгунца пыреем ползучим в фазу всходов. Поукосно промежуточный посев горчицы белой на зеленое удобрение целесообразно осуществлять после предшественников вико-овсяной смеси или горчицы белой, возделываемых на зеленый корм. Количество стеблей пырея ползучего в посевах льна-долгунца после использования зеленой массы с промежуточного поукосного посева горчицы белой на зеленое удобрение снизилось в период полных всходов в первой ротации в 1,5-3 раза, а во второй ротации – в 2-4 раза по сравнению с посевами льна, выращиваемого после ячменя без промежуточных культур. Увеличилась урожайность льнопродукции в севооборотах с использованием поукосного посева горчицы белой на удобрение в обоих закладках опыта при сохранении качества льнопродукции по сравнению с выращиванием льна-долгунца после предшественника ячменя без промежуточных культур. Во второй ротации севооборотов урожайность льнотресты после предшественников с использованием зеленой массы горчицы белой на удобрение увеличивалась на 0,9 и 1,1 т/га, всего льноволокна на – 0,5, в том числе длинного на – 0,2 т/га, льносемян – 0,07 т/га в сравнении с предшественником ячменем.

Библиографический список

1. Захарова Л.М. Борьба с пыреем ползучим на посевах льна-долгунца, ВНИИЛ File: ///CI/Program%20Files/Apache%20Software%20Foundation/sites/agroxxi/files/jornal/199905/051999009.htm [06.08.200911:33:21].
2. Побегообразующая способность и жизнеспособность корневищ пырея ползучего при использовании гербицидов в посадках картофеля / Л.И. Яловик, А.В. Яловик, С.В. Бавровский, М.М. Харитонова // Известия Великолукской ГСХА. – 2022. – №2. – С.56-61. – DOI 10.56323/23088583_2022_02_56.
3. Лебедев В.Б., Стрижков Н.И. Основные направления борьбы с пыреем ползучим // Достижение науки и техники АПК. – 2007. – № 8. – С.30-31.
4. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение как фактор повышения плодородия почвы, биологизация и экологизация земледелия // Плодородие. – 2018. – № 2. – С.26-29. – DOI: 10/25680/S19948603.2018.101.09.
5. Степанова Н.В. Возделывание льна-долгунца в звене севооборота, уплотненном промежуточной культурой горчицей белой на зеленое удобрение // Вестник Белорусской Государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – С.79-82. – 211003.
6. Сухопалова Т.П. Совершенствование севооборота со льном-долгунцом для борьбы с пыреем ползучим // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 45-46.

7. Сухопалова Т.П. Засоренность посевов льна-долгунца в севооборотах с короткой ротацией // Аграрная наука. – 2021. – 348. – № 4. – С.79-82. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-79-82.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / под общ. ред. Б.С. Долгова и В.Б. Ковалева. – Торжок: Изд. Ржевская тип., 1978. – 72 с.

УДК 633.15:631.587

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ

Тарчоков Х.Ш., Чочаев М.М., Бжинаев Ф.Х.
Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ
«Кабардино–Балкарский научный центр Российской академии наук»
E-mail: *kbniish2007@yandex.ru*

Резюме. *Эффективность различных технологий возделывания кукурузы определяли по уровню засоренности посевов кукурузы. Учитывали общую засоренность в шт/м^2, в т.ч. и количество многолетних сорняков (гумай, виды осотов). Определены техническая и хозяйственная эффективность химпрополки посевов кукурузы при разном (летне-осеннем и весеннем) цикле ее применения.*
Ключевые слова: *традиционная, адаптивно-ландшафтная, гербициды, обыкновенный чернозем, повторные посевы, эффективность.*
Summary. *The effectiveness of various corn cultivation technologies was determined by the level of contamination of corn crops. The total blockage in pcs/m2 was taken into account, including the number of perennial weeds (gum, types of wasps). The technical and economic efficiency of chemical irrigation of corn crops with different (summer-autumn and spring) cycles of its application are determined.*
Key words: *traditional, adaptive landscape, herbicides, ordinary chernozem, repeated crops, efficiency.*

Введение. Северный Кавказ, в том числе Кабардино-Балкария, отличается благоприятными условиями для ведения самых разнообразных отраслей земледелия. Поэтому главным направлением в увеличении производства зерна кукурузы в перспективе – это перевод ее посевов на адаптивно-ландшафтную технологию возделывания применительно к трем природно-климатическим зонам республики. Такая технология предусматривает комплексную механизацию, сокращение до минимума затрат ручного труда, химизацию, оптимизацию технологических режимов эксплуатации машин и механизмов, поточность и совмещение ряда технологических (посев-внесение гербицидов) операций в едином потоке [1].

Новизна адаптивно-ландшафтной технологии возделывания кукурузы заключается в том, что все факторы роста урожайности культуры используются комплексно, целенаправленно. Технологический процесс при этом приобретает надежность, позволяет приспосабливать земледелие к погодным невзгодам и получать стабильно высокие урожаи зерна [2].

Лучшими предшественниками для кукурузы на зерно являются озимые и яровые зерновые колосовые. Однако, сложившаяся на данный момент в

республике структура посевных площадей с высоким насыщением ее технологическими и другими культурами позволяет разместить по хорошим предшественникам только часть посевов кукурузы. Положительные результаты дает и ее размещение после кукурузы на силос или зерно в повторных посевах [3].

В удовлетворительные по влагообеспеченности годы здесь можно получать такой урожай зерна, как и после других «благоприятных» предшественников при условии применения всех без исключения элементов технологии возделывания кукурузы в соответствующих почвенно-климатических зонах Кабардино-Балкарии [4].

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2018-2020 гг. на экспериментальном поле лаборатории технологии возделывания полевых культур ИСХ КБНЦ РАН в пос. Опытное Терского района Кабардино-Балкарии (степная зона). Площади делянки составляли: общая – 200, учетная – 120 м^2. Варианты в опыте располагались систематическим методом в два яруса. Урожайность зерна кукурузы определяли методом ручной ломки учетной площади делянок.

Засоренность посевов кукурузы определяли методом подсчета количества (шт./м^2) и массы (г/м^2) перед уборкой урожая зерна кукурузы [5].

Почва опытного участка – обыкновенный (карбонатный) чернозем тяжелого гранулометрического состава. В пахотном слое (0-20 см) содержалось: гумуса – 3,0-3,5; P_2O_5 – (по Мачигину) 0,14-0,27; K_2O (по Мачигину) – 2,0-2,6 %; pH – 6,8-7,0. Среднее годовое количество осадков – 380-450 мм.

В годы проведения исследований погодные условия несколько отличались от среднемноголетних показателей (табл.1).

Таблица 1 – Метеорологические показатели за годы проведения исследований (по данным агрометеорологического поста «Куян» пос. Опытный Терского района КБР)

Год	Осадки, мм	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %
2018	495,2	12,2	73,0
2019	395,6	12,7	72,0
2020	417,7	12,1	87,0
Среднемноголетние данные (норма)	471,0	10,4	76,9

Так, количество осадков, выпавших в 2018 г. превышало среднемноголетние данные на 24,2 мм, средняя температура воздуха также была выше на 0,7-2,3°С. Относительная влажность воздуха была ниже на 4,9 % в 2019 г. и на 3,9 % в 2018 и в 2020 гг. Эти показатели были выше на 10,1 % по сравнению с нормой-среднемноголетних данных, зафиксированных в зоне проведения исследований. Опыты проводили на посевах кукурузы Карат СВ – трехлинейном среднепозднем (ФАО-450) гибриде кукурузы селекции ИСХ КБНЦ РАН. По данным оригинаторов уровень зерновой продуктивности на орошении и высоком агрофоне достигает более 10,0 т/га сухого зерна.

В качестве общеистребительного гербицида применяли Торнадо 540, ВР-

водный раствор А.О. фирмы «Август» против многолетних и малолетних злаковых и двудольных сорняков в дозе 3,7 л/га препарата, разбавленных в 200 л/га при средней высоте многолетников 10-15 см в адаптивно-ландшафтной технологии возделывания кукурузы.

Из группы страховых гербицидов применяли Меткий, МД (масляная дисперсия), двухкомпонентный (75+30 г/л) препарат отечественного производства ООО «Листерра» в дозе 1,0 л/га в фазе 5-6 листьев культуры. Сравнивались различные технологии использования данного гербицида- сплошная (традиционная) и ленточная (адаптивно-ландшафтная) обработка посевов с расходом рабочей жидкости в 250-300 л/га. При необходимости пересева поля в год применения данного препарата следует посеять только кукурузу.

Исследования проводили с посевами кукурузы в двух категориях технологий (традиционная и адаптивно-ландшафтная) по фактору интенсивности.

Подсчеты засоренности посевов кукурузы в среднем по годам выявили более 20 видов сорняков, относящихся к различным семействам. В отдельные годы доминировали многолетние-гумай (*Sorqium halepense Pers*), виды осотовровозовый (*Wirsium arvense Z.*) и желтый (*Sonchus arvensis Z.*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis Z.*), свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon Z.*). В орошаемом земледелии республик Северо-Кавказского федерального округа эта группа сорняков наиболее вредоносна на посевах пропашных культур, в том числе и кукурузы, снижая продуктивность возделываемых культур более чем на 70,0-72,0 %.

Из группы малолетних (злаковых и двудольных) сорняков преобладали такие виды, как амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiafolia Z.*), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis Z.*), лисохвост полевой (*Alopecúrus aqrestis Z.*), марь белая (*Chenopódium álbum Z.*), портулак огородный (*Portúlaca olerácea Z.*), просо куриное (*Echinóchloa crus-gálli Z.*), виды щетинников – сизый (*Setária qlausa P.B.*) и зеленый (*Setária virioles P.B.*)/

Удобрения – фосфор и калий, вносили в дозе $P_{90}K_{60}$ под основную обработку почвы. Половину нормы азота (N_{30}) – одновременно с посевом, вторую половину – со второй междурядной обработкой посевов.

Результаты исследований. Схемы полевых опытов возделывания кукурузы по различным сравниваемым технологиям представлены в таблице 2.

Следует отметить, что в этих технологических схемах есть много общего, в то же время, каждая из них имеет свои особенности по степени их адаптивности к различным почвенно-климатическим зонам с характерными особенностями видового состава сорно-полевого сообщества.

В наших исследованиях ставилась задача по изучению эффективности двух технологий: традиционной и адаптивно-ландшафтной на посевах кукурузы в условиях орошения степной зоны Кабардино-Балкарии. Первая, традиционная, включала такие элементы, как лущение стерни + ранняя зяблевая вспашка + полупаровая система обработки почвы. Весной на фоне двух рыхлений междурядий кукурузы использовали гербицид Меткий, МД повсходового (страховые препараты) действия.

Таблица 2 – Особенности различных технологий возделывания кукурузы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии, 2018-2020 гг.

	Наименование технологий:	
Операции по циклам	традиционная	адаптивно-ландшафтная
	Внесение удобрений	
	Лущение стерни ЛДГ-10 на глубину 6-8 см	
	Культурная вспашка на глубину 28-30 см (ранняя зябь)	Обработка вегетирующих сорняков (в т.ч. и многолетников) Торнадо 540 в дозе 3,7 л/га
	Полупаровая система обработка почвы	Культурная вспашка на глубину 28-30 см (поздняя зябь)
	Осенняя планировка зяби (ВП-8,0)	Заравнивание свальных гребней и развальных борозд (ЧКУ-4,0)
Весенний цикл	Раннее боронование (БЗСС – 1,0) зяби (закрытие влаги, подавление ранних малолетних сорняков)	
	Предпосевная культивация зяби (КПС – 4,0)	
	Посев кукурузы на глубину 5-6 см СУПН – 8,0	
	Первая культивация посевов (КРН – 5,6) в фазе полных всходов культуры.	
	Обработка посевов кукурузы по всходам Меткий, МД в дозе 1,0 л/га в фазе 5-6 листьев культуры:	
	сплошная	ленточная

Вторая – адаптивно-ландшафтная, предусматривает начинать борьбу с сорняками в летне-осенний период с использованием общеистребительного препарата Торнадо 540 по всходам в дозе 3,7 л/га.

Основное условие этой технологии – дождаться наступления фазы роста в среднем до 15-20 см высоты.

Как видны из приведенных данных наших исследований, на фоне традиционной технологии через 28 дней после внесения страхового гербицида Меткий, МД в дозе 1,0 л/га в фазе 5-6 листьев культуры насчитывалось до 180,0 экземпляров сорняков общего количества, в т.ч. многолетников – (гумай, виды осотов) – 57,0 шт/м^2. На фоне адаптивно-ландшафтной технологии эти данные были существенно ниже и составляли 43,0 экземпляров по общему количеству сорных растений и 13,0 шт/м^2 многолетников. Последние были сильно угнетены высоким гербологическим эффектом летне-осеннего применения общеистребительного препарата Торнадо 540.

Техническая эффективность изучаемых технологий наглядно отражается не только на уровне засоренности посевов, но и на некоторые составляющие элементы экономической эффективности производства зерна (табл. 3).

Как видно из представленных в таблице данных, превышение урожайности зерна кукурузы при ее возделывании по адаптивно-ландшафтной технологии по сравнению с традиционной составляет 0,4 т/га. Это обеспечивает получение выручки от реализации продукции до 76,0 тыс. руб./га при незначительных затратах (3,0 тыс. руб./га). Условно чистый доход производства зерна составил 73,0 тыс. руб./га с уровнем рентабельности более, чем 240,0 %.

Таблица 3 – Экономическая эффективность производства зерна кукурузы при различных технологиях ее выращивания в условиях степной зоны КБР

Показатели	Наименование технологий:	
	традиционная	адаптивно-ландшафтная
Урожайность зерна, т/га	7,2	7,6
Стоимость урожая, тыс.руб./га	72,0	76,0
Прямые затраты, тыс.руб./га	4,1	3,0
Чистый доход, тыс.руб./га	67,9	73,0
Уровень рентабельности, %	165,6	243,3

В заключение следует напомнить о том, что наши рекомендации по некоторым элементам технологии возделывания кукурузы, далеко не панацея.

Поэтому каждый агроспециалист должен предусмотреть в своей программе производства зерна кукурузы специфические особенности сорно-полевого сообщества каждого поля в посевах кукурузы. Складывающиеся погодные условия, обеспеченность хозяйства удобрениями, техникой, средствами защиты растений и гербицидами. Однако результаты наших исследований будут способствовать выбору наиболее целесообразной технологии по ликвидации вредоносности сорных растений при сложном типе их состава в определенных условиях производства зерна орошаемой кукурузы степной зоны Кабардино-Балкарии – Центральной части Северо-Кавказского региона Российской Федерации [7].

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – С. 307-309.
2. Тарчоков Х.Ш. Возможность использования гербицидов в ресурсосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Научные основы земледелия и влагосберегающих технологий для засушливых регионов Юга России: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. II. – Ставрополь: Ставропольский НИИСХ, 2003. – С. 75-79.
3. Захаренко А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. – М.: ТСХА, 2000. – 468 с.
4. Орлова Л.В. Быть или не быть ресурсосберегающим технологиям в России? // Земледелие. – 2007. – №2. – С. 18-19.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. дополн. и переработ. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Никитченко Л.Б. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения // Земледелие. – 2015. – №5. – С. 13-15.
7. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Земледелие. – 2016. – №6. – С. 16-19.

УДК 633.85.494

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО РАПСА В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Трузина Л.А.
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня
E-mail: *truzina2012@yandex.ru*

***Резюме**. Приведены экспериментальные данные по применению гербицидов бутизан С, лонтрел, фюзилад-супер в разных дозах на посевах ярового рапса, выращиваемого на семена. Показана эффективность препаратов против однодольных и двудольных сорняков, в том числе пырея ползучего.*
***Ключевые слова:** рапс яровой, семена, гербициды.*
***Summary.** Experimental data on the use of herbicides butizan C, lontrel, fusilade-super in different doses on crops of spring rapeseed grown for seeds are presented. The effectiveness of drugs against monocotyledonous and dicotyledonous weeds, including creeping wheatgrass, has been shown.*
***Key word**: spring rapeseed, seeds, herbicides.*

Семена рапса являются источником получения высокобелковых кормов. Они содержат 40-48 % масла, 20-22 % протеина, 6-7 % клетчатки и 24-26 % безазотных экстрактивных веществ. В одном килограмме семян содержится 1,9-2,0 корм. ед. [1].

Рапсовый жмых – высокобелковый корм для животных. Его можно вводить в рацион при откорме свиней – до 15 %, бройлеров – до 20 %, дойным коровам и телятам – до 25 %, курам-несушкам – до 25 %. Входящий в состав рапсового жмыха белок сбалансирован по аминокислотному составу и содержит повышение количество главных аминокислот – метионина и цистина, имеет большое количество лизина.

Рапс можно возделывать и на зеленый корм, и для получения силоса. При весеннем посеве в смесях с однолетними культурами (овес, ячмень, яровая вика) он обогащает зеленую массу протеином. При летних сроках посева (июнь-июль) растения ярового рапса дают высокие урожаи зеленой массы в сентябре-октябре.

Для производства пищевого масла, жмыхов и шротов на корм сельскохозяйственным животным в Нечерноземье рекомендуется выращивать яровой рапс сорта Луговской, селекции ВНИИ кормов. Данный сорт по урожайности и качеству семян отвечает требованиям международного стандарта и не уступает лучшим сортам зарубежной селекции. Сорт характеризуется высокой продуктивностью (25-30 ц/га семян), повышенным содержанием жира в семенах до 44-48 %, а в отдельные годы до 50 %, белка – 23-25 %, низким содержанием глюкозинолатов (0,6 %) и отсутствием эруковой кислоты.

В начальный период вегетации рапс растет медленно, поэтому его посевы часто сильно засоряются, что ведет к осложнению уборки урожая, создает трудности по очистке семян [2].

Одним из основных звеньев технологии возделывания ярового рапса на семена является уход за посевами, и в частности, борьба с сорной растительностью. Засоренность посевов – одна из причин, сдерживающих возделывание и широкое распространение высокобелковой культуры из-за снижения

урожайности и увеличения засоренности семян ярового рапса. В посевах ярового рапса наибольшее распространение находят следующие сорняки: марь белая, щирица обыкновенная и запрокинутая, звездчатка средняя, торица полезная, разные виды горцев, мышей сизый и зеленый, куриное просо, ромашка непахучая, василек синий, пастушья сумка, ярутка полевая, мятлик однолетний, подмаренник цепкий. Из многолетних сорняков – бодяк полевой, осот полевой, вьюнок полевой, пырей ползучий, хвощ полевой.

Интенсивная технология возделывания ярового рапса на семена предусматривает комплексную систему мер борьбы с сорной растительностью, включающую как механические, так и химические приемы.

Агротехнические приемы борьбы сорняками проводят в системе обработки почвы, дифференцированной в зависимости от типа засоренности полей. При корнеотпрысковом типе (бодяк полевой, осот полевой) проводят лущение на глубину 10-12 см для подрезания побегов сорняков, затем (после первого отрастания сорняков) – вспашку плугом с предплужником. при корневищном типе засоренности (пырей ползучий) корневища разрезают на отрезки дисковыми лущильниками на глубину 10-12 см. после массового появления побегов "шилец" (через 10-15 дней) поле пашут плугом с предплужником.

Однако одни агротехнические способы борьбы с сорняками обычно не обеспечивают необходимой чистоты посева. Это связано с тем, что в период предпосевной обработки почвы в благоприятные условия попадают новые партии семян и отрезков корневищ сорняков, которые прорастают одновременно или раньше семян рапса и конкурируют с ним за основные факторы жизни, снижая урожай семян. В связи с этим для снижения засоренности посевов и семенного материала и повышения урожайности семян ярового рапса необходимо сочетать агротехнические приемы с химическими, т.е. применять гербициды.

На посевах ярового рапса нами изучено применение ряда гербицидов, в том числе бутизан С, 50 % к. с., лонтрел 300, 30 % в. р., фюзилад-супер, 12,5 % к. э. Все учеты и наблюдения проводились по методике ВНИИ кормов [3].

Анализ полученных данных по засоренности посевов рапса через 30 дней после обработки гербицидами показывает, что наилучшим оказался гербицид бутизан С. В среднем за 2 года исследований посевы ярового рапса освобождались от сорняков на 89-99 %. При этом гибель сорных растений по видам составила: мари белой 91-99 %, торицы полевой 98-99 %, горцев 95-100 %, подмаренника цепкого 94-100 %, звездчатки средней 77-97 %. менее чувствительными (гибель менее 72 %) оказались ромашка непахучая, пастушья сумка, мятлик однолетний. Устойчивыми к гербициду были бодяк полевой и осот полевой.

Бутизан, как гербицид почвенного действия, менее требователен при внесении. Он не летуч, в отличие от трефлана, который требует дополнительных организационных мероприятий по немедленной заделке его в почву сразу же после внесения. Следует отметить, что токсическое действие данного гербицида на сорную растительность проявлялось в течение всего периода вегетации

рапса, в тоже время на варианте с применением трефлана (эталона) отмечалась вторая волна роста сорняков через 40-45 дней после внесения его в почву. Кроме того, бутизан хорошо уничтожает подмаренник цепкий, что хорошо важно при возделывании рапса на семена, ибо семенной материал практически невозможно очистить от семян данного вида сорняка.

Применение бутизана в норме 0,75 кг/га д. в. позволило получить в среднем за 2 года 22,1 ц/га, что на 2,1 ц/га или 10 % больше, чем при применении трефлана, а по сравнению с контролем прибавка составила соответственно 3,4 ц/га или 18 %.

Гербицид лонтрел 300 в дозе 0,3-0,4 л/га оказался эффективным при наличии в посевах рапса корнеотпрысковых сорняков – осота полевого, бодяка полевого, а также ромашки непахучей и горцев. Применение данного препарата в фазе 3-4 листьев у рапса позволило очистить посевы на 80-83 %.

Проведенными исследованиями установлена высокая эффективность фюзилада-супер против однодольных сорняков, в частности против пырея ползучего.

Снижение засоренности посевов однодольными сорняками имело прямую зависимость от нормы внесения фюзилада-супер. При обработке дозой 1,0 л/га в фазу 3-4 листьев у растений рапса гибель пырея ползучего через 30 дней составляла 85 %, увеличение дозы препарата до 1,5 л/га обеспечивало гибель на 97 %, а до 2,0 л/га – на 99 %.

Величина надземной массы сорняков, состоящей преимущественно из побегов пырея ползучего, варьировала в зависимости от нормы внесения фюзилада-супер прямо пропорционально увеличению дозировки.

Эффективность фюзилада-супер по-разному проявлялась в зависимости от климатических условий в разные годы. В засушливые годы срок обработки практически не оказывал влияния на эффективность фюзилада-супер. Количество однодольных сорняков через 15 дней после обработки при одной и той же норме внесения было практически на одном уровне и составляло 11-15 шт/м^2. При норме 1,0 л/га гибель однодольных сорняков составляла 64 % при применении фюзилада-супер в фазу 1-3 листа у рапса и 66 % – при применении до смыкания листьев. Это связано с тем, что в условиях недостаточной влажности почвы и высоких температур почвы и воздуха, наступавших до и в момент обработок, рост и развитие однодольных сорных растений замедлялись, и в более поздний срок при засушливых условиях гибель сорняков наступала при более высоких дозах.

В условиях влажного вегетационного периода сорняки, появившиеся после посева, были достаточно эффективно уничтожены гербицидом фюзилад-супер. Однако погодные условия способствовали появлению второй волны засоренности, в том числе и пыреем ползучим, побеги которого не успели прорасти ко времени обработки фюзиладом-супер. За счет второй волны роста сорняков к уборке урожая рапса на семена отмечалось достаточно сильное засорение: до 190-210 шт/м^2. Однако повторное засорение посевов оказывало меньшее угнетающее действие на культуру, нежели засоренность, которая

появлялась на ранних фазах роста и развития рапса.

Уничтожение сорной растительности приводило к повышению урожайности семян ярового рапса. На вариантах с фюзиладом-супер прибавка урожайности составила от 2,8 до 5,0 ц/га или от 16 до 29 %. Самая высокая урожайность отмечена при внесении фюзилада-супер в норме 1,5 л/га, она достигала 22,5 ц/га, что на 29 % выше, чем на контроле.

Яровой рапс на семена убирают обычными зерновыми комбайнами с обязательным оборудованием их приспособлением ПКК-5 для обмолота мелкосемянных и крупяных культур, что позволяет снизить потери урожая и дробление зерна.

В Нечерноземной зоне уборка рапса на семена в зависимости от погодных условий проводится в конце августа или в сентябре. К этому времени стручки на главной кисти приобретают бурую окраску, при сжатии в горсти они легко растрескиваются, семена черные. Лучший способ уборки чистых от сорняков посевов – прямое комбайнирование. Обмолот лучше проводить утром или вечером, когда семена меньше осыпаются.

Таким образом, для уничтожения сорной растительности на посевах ярового рапса наиболее эффективными оказались гербициды бутизан С (0,75 кг/га), лонтрел (0,3 л/га) и фюзилад-супер (1,5 л/га). Применение этих препаратов позволило снизить засоренность посевов на 76-99 %. Урожайность семян при этом повышалась на 15-29 % по сравнению с контролем.

Библиографический список

1. Практическое руководство по производству и использованию кормов из рапса в Нечерноземной зоне России / Ю.К. Новоселов, Н.П. Волков, В.К. Журкин [и др.]. – Москва: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1999. – 44 с. – EDN RSNVEB.

2. Трузина Л.А., Коровина Л.М. Расширение ассортимента гербицидов на яровом рапсе // Технические культуры. – 1991. – № 6. – С. 9-12. – EDN VULGUL.

3. Защита кормовых культур от болезней, вредителей и сорняков: Методические указания / Г.П. Кутузов, Н.С. Каравянский, Ю.И. Каныгин [и др.]. – Москва: ВАСХНИЛ, 1990. – 64 с. – EDN RBPATH.

УДК 631.8.022.3

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ

Уланов А.К., Билтуев А.С.
Бурятский НИИСХ – филиал СФНЦА РАН, г. Улан-Удэ
E-mail*: burnish@inbox.ru*

Резюме. *Построение адресных технологий применения удобрений в зависимости от складывающихся погодных условий в сухой степи Бурятии возможно путем цифровизации многолетних данных по урожайности полевых культур зернопарового севооборота и через создание динамических моделей с вариативными входными параметрами.*

Summary. *The construction of targeted technologies for the use of fertilizers depending on the prevailing weather conditions in the dry steppe of Buryatia is possible by digitalizing long-term*

data on the yield of field crops of grain-fallow crop rotation and through the creation of dynamic models with variable input parameters.

Разработка эффективных агротехнологий точного земледелия должна проводится на основе адекватных информационных систем, отражающих основные аспекты продукционного процесса. В этой связи, использование больших выборок данных длительного опыта является основой для создания достоверных эмпирических моделей продуктивности возделываемых культур и изменения агрохимических свойств почвы при применении различных схем минеральной, органической и органоминеральных систем удобрений [1].

Разработка эффективных агротехнологий точного земледелия должна проводится на основе адекватных информационных систем, отражающих основные аспекты продукционного процесса. В этой связи, использование больших выборок данных длительного опыта является основой для создания достоверных эмпирических моделей продуктивности возделываемых культур и изменения показателей плодородия почвы при применении различных схем минеральной, органической и органоминеральных систем удобрений. Последние детально нами рассмотрены ранее [2-5].

Основным методом изучения является стационарный агрохимический опыт (год закладки – 1967) Географической сети опытов ВНИИА. Объектами исследований определены система удобрений, зерновые и кормовые культуры, почва и климат сухой степи Бурятии. В настоящее время в опыте изучается 13 вариантов применения удобрений в зернопаровом севообороте: пар – пшеница – овес – овес на зерносенаж.

Цифровизация эффективного плодородия типичной почвы по базовым параметрам (удобрения, осадки, температура, продуктивная влажность почвы) позволяет решать не только научные задачи описания системы почва – климат – удобрение – растение в различных режимах функционирования, но и прикладные, по определению оптимального сценария агротехнических работ.

Моделирование урожайности зерновых культур по выявленным предикторам позволяет прогнозировать потенциально возможную продуктивность на разных стадиях роста и развития растений по сложившимся климатическим условиям. Построенные нами модели позволяют спрогнозировать урожайность по климатической ситуации в конце каждого летнего месяца. Так, например, на конец июня потенциальная урожайность зерна пшеницы, по вариантам опыта, определялась следующими многофакторными линейными уравнениями:

без удобрений: $y = 57,6+0,15W_{VI} – 2,84t_{VI}$, $R^2=0,58$ (1),

$N_{40}P_{40}K_{40}$: $y = 90,3+0,22\ W_{VI} – 4,60\ t_{VI}$, $R^2=0,59$ (2),

40 т/га навоза: $y = 84,7+0,22W_{VI} – 4,32\ t_{VI}$, $R^2=0,56$ (3).

На конец июля возможность получения зерна пшеницы определялась моделями:

без удобрений: $y = 93,3+0,07W_{VI-VII} – 4,74\ t_{VI-VII\ I}$, $R^2=0,65$ (4),

$N_{40}P_{40}K_{40}$: $y = 146,6+0,11\ W_{VI-VII} – 7,62\ t_{VI-VII}$, $R^2=0,72$ (5),

40 т/га навоза: $y = 137,5+0,12W_{VI-VII} – 7,14\ t_{VI-VII}$, $R^2=0,70$ (6).

На конец августа аналогичные модели урожайности пшеницы имели вид:

без удобрений: $y= 82,8+0,06W_{VI-VIII} – 4,42\ t_{VI-VIII}$, $R^2=0,59$ (7),

$N_{40}P_{40}K_{40}$: $y= 126,4+0,10W_{VI-VIII} – 6,97\ t_{VI-VIII}$, $R^2=0,62$ (8),

40 т/га навоза: $y = 116,9+0,10W_{VI-VIII} – 6,45\ t_{VI-VIII}$, $R^2=0,61$ (9).

В моделях признак-факторы: y – урожайность зерна пшеницы, ц/га; W_{VI}, W_{VI-VII}, $W_{VI-VIII}$ – количество выпавших осадков, соответственно за июнь, июнь-июль, июнь-август; t_{VI}, t_{VI-VII}, $t_{VI-VIII}$ – средняя температура воздуха за обозначенные периоды наблюдений.

Основная цель земледелия в сухостепной зоне – снизить негативное действие недостатка увлажнения и дефицита доступного азота. В целом низкая рентабельность применения минеральных удобрений требует более расчетливого их применения в зависимости от складывающихся и прогнозируемых метеоусловий. В этой связи, построение моделей рентабельности применения удобрений позволит управлять продукционным процессом в зависимости от складывающихся климатических условий и даст возможность маневрирования агротехническими мероприятиями.

Корреляционный анализ показал наличие связей экономической эффективности с содержанием продуктивной влаги при посеве и ГТК за июнь (для пшеницы и овса) и июль (для овса на зерносенаж) на различных вариантах применения удобрений. В этой связи определение расчетной рентабельности применения доз азотных удобрений по среднесрочному метеопрогнозу (2 месяца) имеет определяющее значение для разработки годового плана применения минеральных удобрений под полевые культуры. Нами разработаны модели рентабельности производства культур севооборота для различных вариантов минеральной системы удобрений. Так, например, рентабельность (Р, %) применения доз $N_{20}P_{20}$ и $N_{40}P_{40}$ на конец июня определялась продуктивной влагой в слое 50 см перед посевом и (ПВ 0-50, мм) и гидротермическим коэффициентом по Селянинову за июнь и выражалась моделями:

$P = 0,87ПВ\ (0\text{-}50)+55,07\ ГТК\ (июнь) – 37,5$ ($R^2= 0,80$) $N_{20}\,P_{20}$ (10),

$P = 0,59ПВ\ (0\text{-}50)+14,49\ ГТК\ (июнь) – 18,88$, ($R^2= 0,89$) $N_{40}P_{40}$ (11).

Расчет рентабельности производства по эмпирическим моделям по наиболее значащим факторам позволит рекомендовать внесение доз азотных удобрений исходя из состояния почвенного увлажнения (продуктивная влага при посеве) и среднесрочного прогноза увлажнения (ГТК).

Таким образом, цифровизация многолетних данных по урожайности полевых культур, полученных в длительном агрохимическом опыте, позволяет на практике не только управлять минеральным питанием растений и биоклиматическим потенциалом культур (сортов), но и через создание динамических моделей с вариативными входными параметрами выстроить адресных агротехнологии точного земледелия для различных сценариев в аридных режимах Забайкалья и сопредельных территориях.

Библиографический список
1. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 80 с.
2. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Лапухин Т.П., Билтуев А.С. Содержание и качественный состав гумуса каштановой почвы в динамике многолетних рядов систематического применения удобрений // Вестник НГАУ. – 2019. – № 1 (50). – С. 58-67.
3. Билтуев А.С., Будажапов Л.В., Уланов А.К. Нитратный режим каштановых почв Бурятии при применении удобрений // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 33-40.
4. Билтуев А.С., Будажапов Л.В., Уланов А.К. Особенности изменения фосфатного фонда каштановых почв Забайкалья при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2021. – № 8. – С. 3-8.
5. Билтуев А.С., Будажапов Л.В., Уланов А.К. Калийное состояние каштановой почвы при длительном применении удобрений в сухой степи Забайкалья // Агрохимия. – 2022. – № 10. – С. 14-18.

УДК 631.45:631.58

ЖИДКИЕ КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЛЕСОСТЕПИ

Шитиков Н.В., Пигорев И.Я.
Курский ГАУ, г. Курск
E-mail: *igoigo4@mail.ru*

Резюме. *Исследования проведены в 2020-2022 гг. на черноземе типичном с использованием жидких комплексных удобрений (ЖКУ) при выращивании отечественных и зарубежных гибридов подсолнечника на маслосемена.*
Summary. *The research was carried out in 2020-2022 on typical chernozem using liquid complex fertilizers in the cultivation of domestic and foreign sunflower hybrids for oil seeds.*

Зональные почвы не могут обеспечивать современные сорта и гибриды полевых культур элементами питания до требуемого уровня урожайности [1, 2, 3]. Внесение удобрений стало традиционным приемом каждой интенсивной технологии [4, 5]. На рынке удобрений существуют разные их формы. При широком ассортименте гранулированных (сухих) удобрений, все чаще используются жидкие комплексные удобрения (ЖКУ).

ЖКУ имеют свои особенности применения и действия. Считается, что ЖКУ более доступны для растений, меньше загрязняют природу, доступнее в хранении и использовании [6, 7, 8]. Подсолнечник, как одна из пропашных культур требователен к агрофону и обеспечивает высокий сбор масла в условиях высокого уровня питания [9, 10].

Целью наших исследований было использование ЖКУ вместо гранулированных (сухих) удобрений под гибриды подсолнечника отечественной и зарубежной селекции на черноземах типичных Курской области.

Работа проводилась на землях ООО «Золотой колос» Пристенского района Курской области, представленных черноземом типичным среднегумусным, тяжелосуглинистым со средней обеспеченностью азотом, фосфором и калием. Период исследования – 3 года (2020-2022 гг.). Использовались

зарубежные и отечественные гибриды (Сумико – Syngenta, П63ЛЕ10 – Pioneer, Элион – Галактика), адаптированные под технологию Экспресс [11]. Общая площадь делянки 500 м^2, учетная – 400 м^2, повторность – трехкратная, размещение делянок – систематическое в один ярус. Исследования осуществляли с использованием методики проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. В опыте применялась зональная технология выращивания подсолнечника. Удобрения вносили на планируемый урожай 4,0 т/га в количестве $N_{90}P_{110}K_{120}$. На контроле удобрения вносили в гранулированной (сухой) форме с осени ($N_{20}P_{70}K_{120}$) и весной ($N_{70}P_{40}$). В изучаемых вариантах часть рассчитанной дозы элементов питания применяли весной в жидкой форме (ЖКУ $N_{11}P_{37}$) в дозах N_8P_{26}; $N_{16}P_{52}$ и $N_{24}P_{78}$ культиватором на глубину 0,1 м, остальную – как на контроле, с осени. Посев проводили в прогретую почву на глубину 0,05…0,06 м в количестве 60 тыс.шт/га всхожих семян. ЖКУ производства ОАО «ФосАгро» имело нейтральную (pH 6-7) реакцию среды, содержание аммонийного азота – 11%, общего фосфора – 37%, MgO (в форме $MgSO_4$) – 0,35%, фтора – не более 0,08%, нерастворимого в воде остатка – не более 0,08%, температура кристаллизации составляет -20 ^{0}C. Удобрение получено путем нейтрализации полифосфорной кислоты аммиаком.

Наблюдения за ростом и развитием подсолнечника в опыте показали, что уже на первых этапах гибриды имеют генетические различия по энергии роста. Максимальную высоту имели растения гибридов Элион и П63ЛЕ10, которые в период второй пары листьев были на 0,05…0,07 м выше растений гибрида Сумико. К периоду образования корзинки растения выравнивались по высоте как на контроле, так и в вариантах с ЖКУ. Устойчивый прирост растений в этой фазе отмечен от ЖКУ в дозах $N_{16}P_{52}$ и $N_{24}P_{78}$. Растения в этих вариантах были выше контрольных на 0,06…0,10 м, а дальнейшая вегетация подсолнечника хотя и сопровождалась ростом стебля, но интенсивность его замедлялась от образования корзинки к цветению и созреванию. За достаточно продолжительный период налива и созревания семян прирост растений достигал у гибрида Сумико 0,1…0,12 м, а у гибридов П63ЛЕ10 и Элион соответственно 0,13…0,14 и 0,13 м. К уборке при средней высоте растений на контроле 1,69…1,81 м, ЖКУ в минимальной дозе (N_8P_{26}) не оказывали заметного на этот показатель влияния, а увеличение их количества в два и три раза способствовало нарастанию стебля до 1,77 м у гибрида Сумико, до 1,80 м у гибрида П63ЛЕ10 и до 1,91м у гибрида Элион или увеличению к контролю соответственно на 1,7; 5,9; 5,5 %.

Учет урожайности проводился методом сплошной уборки каждой делянки с последующим перерасчетом на 100% чистоту и стандартную влажность (7%) маслосемян. Уборка осуществлялась комбайном ДОН-1500Б с жаткой Наш-875К при побуревании корзинок у 85…90% растений и влажности семянок на выше 12…14%. Уборка во все годы проводилась на скорости 6,0 км/час с потерей семян подсолнечника в пределах 2,8…3,7%. Анализ качества механизированного учета урожайности подсолнечника в опыте путем учета потерь семянок выявил несколько причин, связанных с работой жатки и самого комбайна (молотильного аппарата). Это несрезанные и травмированные

корзинки в ходе работы жатки, осыпание семян из корзинок до их попадания в молотильный аппарат и недомолот с непротряхиванием массы подсолнечника. Результаты урожайности гибридов подсолнечника представлены в таблице.

Таблица Урожайность подсолнечника, среднее за 2020-2022 гг., т/га

Варианты		Урожайность	Прибавка к контролю	
гибрид (А)	доза ЖКУ (В)		т/га	%
Сумико Syngenta	контроль	3,76	-	-
	N_8P_{26}	3,97	0,21	5,6
	$N_{16}P_{52}$	4,03	0,27	7,2
	$N_{24}P_{78}$	4,09	0,33	8,8
П63ЛЕ10 Pioneer	контроль	3,19	-	-
	N_8P_{26}	3,33	0,14	4,4
	$N_{16}P_{52}$	3,48	0,29	9,1
	$N_{24}P_{78}$	3,53	0,34	10,7
Элион Галактика	контроль	3,15	-	-
	N_8P_{26}	3,29	0,14	4,4
	$N_{16}P_{52}$	3,30	0,15	4,8
	$N_{24}P_{78}$	3,30	0,15	4,8
$НСР_{05}$ фактор А фактор В обобщенная		0,14 0,11 0,17		

Максимальная урожайность получена у гибрида Сумико. В равных условиях гибриды П63ЛЕ10 и Элион позволяют получить при внесении минеральных удобрений на планируемый урожай 4,0 т/га до 3,15…3,19 т/га. Использование ЖКУ локально перед посевом вместо части гранулированных удобрений повышает урожайность гибридов Сумико, П63ЛЕ10 и Элион в зависимости от дозы удобрений. Выше эффективность применения ЖКУ у зарубежных гибридов с прибавкой 0,21…0,33 т/га у гибрида Сумико и 0,14…0,34 т/га у П63ЛЕ10. У отечественного гибрида Элион прирост урожайности не превышал 0,14...0,15 т/га или 4,4…4,8 % к контролю.

Применение ЖКУ повышало содержание жира в маслосеменах и сбор масла с гектара. При дозе ЖКУ $N_{24}P_{78}$ сбор масла достигал у гибридов: Сумико – 1,85т/га; П63ЛЕ10 – 1,57 т/га и Элион – 1,45 т/га, что на 7,4…12,9% больше, чем на контроле.

Библиографический список

1. Урожайность и качество семян подсолнечника в зависимости от элементов адаптивной технологии возделывания / А.С. Бушнев, С.П. Подлесный, А.Б. Хатит, В.И. Ветер // Масличные культуры. - 2017. - № 4 (172). - С. 61-71.
2. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном / А.В. Ващенко, Р.Л. Каменев, А.П. Солодовников, Е.А. Жук // Аграрный научный журнал. - 2020. - № 4. - С. 4-8.
3. Пигорев И.Я. Вопросы импортозамещения в растениеводстве Курской области // В кн.: Роль научной и инновационной деятельности аграрных вузов в решении вопросов продовольственной безопасности государства: материалы Всероссийского семинара-совещания проректоров по научной работе вузов Минсельхоза России. - Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА, 2016. - С. 53-59.
4. Пигорев И.Я. Научное обеспечение интенсификации растениеводства в Курской области

// В кн.: Повышение эффективности научно-исследовательской деятельности аграрных вузов в целях реализации федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы Всероссийского семинара-совещания проректоров по научной работе вузов Минсельхоза России. – Орел: Изд-во Орловского ГАУ, 2017. - С. 40-44.
5. Семыкин В.А., Пигорев И.Я. Инновационный механизм развития агропромышленного комплекса // В кн.: Проблемы развития аграрного сектора региона: материалы Всерос. науч.-практ. конф. в 4-х ч. Ч. 1. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2006. - С. 3-10.
6. Чурзин В.Н., Дубовченко А.О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. - № 1. - С. 159-167.
7. Пигорев И.Я., Никитина О.В., Шитиков Н.В. Водопотребление гибридами подсолнечника при локальном внесении жидких комплексных удобрений в условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. - № 2 (392). – С. 175-179.
8. Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. Динамика влагозапасов чернозема типичного в посевах гибридов подсолнечника // В сб.: Современные проблемы почвозащитного земледелия: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию опыта по контурно-мелиоративному земледелию ВНИИЗПЭ. – Курск, 2022. – С. 137-141.
9. Биометрические показатели структуры урожая подсолнечника при использовании биостимулятора Спирус-РС4М / И.Я. Пигорев, В.А. Варвкин, Р.В. Евглевский, Н.В. Шитиков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 8. – С. 31-35.
10. Шитиков Н.В. Водный режим чернозема типичного при возделывании подсолнечника с локальным внесением ЖКУ // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022.
11. Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. Сорта и гибриды подсолнечника на полях Курской области // В кн.: Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2020. - С. 16-22.

УДК 634.8

СОВРЕМЕННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ В ВЫРАЩИВАНИИ ВИНОГРАДА

Щеголихина Т.А.
ФГБНУ «Росинформагротех», пос. Правдинский
E-mail: *schegolikhina@rosinformagrotech.ru*

Резюме. *Перспективным направлением возделывания винограда является внедрение принципов органического земледелия. С принятием закона «Об органической продукции» отмечается увеличение площадей, занятых органическими виноградниками. Приведена обзорная информация о биологической системе содержания почвы, органической стратегии защиты винограда от вредителей и болезней.*

Summary. *A promising direction of grape cultivation is the introduction of the principles of organic farming. With the adoption of the law "On Organic Products", there has been an increase in the areas occupied by organic vineyards. An overview of the biological system of soil maintenance, an organic strategy for protecting grapes from pests and diseases is provided.*

В современном виноградарстве доминируют технологии, обеспечивающие рост урожайности и валового производства винограда. Вместе с этим использование современных технологий сопровождается биологическим обеднением ампелоценозов, нарушением экологии, деградацией физико-химических свойств и плодородия почв, неудовлетворительным качеством пищевой

продукции.

Стремление к экологизации производства продукции, внедрению принципов органического земледелия является наиболее перспективным направлением в развитии виноградарства. Особенно это относится к площадям виноградников, находящимся на Юге России в прибрежной зоне, где применение пестицидов ограничиваются статусом курортной зоны. Развитие органической стратегии виноградарства имеет большое природоохранное, социальное, экономическое значение.

С точки зрения агрономии для создания органического виноградника есть несколько ключевых условий: почва и климат, привойно-подвойная комбинация, выбор сорта, соблюдение технологических приемов и регулярное проведение фитосанитарного мониторинга. Большое значение для выращивания винограда имеет качество и состав почвы, а также расположение участка. Открытые, хорошо обдуваемые ветром холмы или равнины, почвы без застоя влаги – оптимальные условия для выращивания органического винограда [1]. При выборе места учитываются рельеф участка, экспозиция и крутизна склонов, обеспеченность теплом и освещением. При выборе почвы предпочтение отдают легким, структурным, незасоленным, обеспеченным минеральными веществами, а также водо- и воздухопроницаемым почвам, без близкого залегания грунтовых вод. Не рекомендуется размещать органические виноградники в низинах, котловинах, в местах, где виноградники могут повреждаться весенними заморозками, зимними морозами и болезнями, а также использовать оползневые участки и склоны крутизной более 25°. Предпочтение отдают хорошо продуваемым участкам на склонах или горных плато. Оптимально подбирать участки, на которых виноград не возделывали в течение 3-х и более лет [2].

Перед посадкой виноградника почва должна быть свободна от почвенных вредителей и возбудителей болезней винограда. Для их выявления проводится предварительная диагностика почвы. При превышении порогов вредоносности проводят посев сидератов с последующей заделкой, затем многократные рыхление и содержание почвы под черным паром. При непосредственной подготовке почвы под посадку рекомендуется проводить глубокую обработку почвы вспашкой (плантаж) или глубоким рыхлением без оборота пласта в осенний период на глубину 65-80 см.

В органическом виноградарстве применяется биологическая система содержания почвы, травосеяние. Подготовка почвы фокусируется на поддержании и улучшении естественного плодородия почвы и на стимулировании микробиологической и дождевой активности. Это достигается за счет использования зеленых растений, скашивания, мульчирования, органических удобрений и обработки почвы. Сидераты предусматривают краткосрочное выращивание однолетних трав с последующим их скашиванием и заделкой зеленой массы в почву. Чаще всего в качестве сидератов используют бобовые травы. Эффективны озимые культуры, использующие осенне-зимне-весенние запасы влаги без ущерба для винограда. Отрастающую зеленую массу трав заделывают в почву в конце весны или в первой половине лета. Временное или постоянное

залужение и посев сидератов улучшают структуру почвы и обеспечивают удержание влаги и снабжение питательными веществами почвенных организмов. Задернение почвы виноградников многолетними травами способствует установлению положительного баланса органики. Культивирование сидератов улучшает водный и воздушный режим почвы, структурируя ее, способствуя уплотнению песчаных почв и, наоборот, рыхлению суглинистых, сводя к минимуму эрозию почвы; облегчает проезд техники в междурядьях после дождя [3]. Большое значение имеет посев бобовых и растений с глубокой корневой системой. После запашки сидератов почвенные микроорганизмы перерабатывают растительную массу вместе с почвенными минералами, образуя гумус. В зависимости от сезона возможно использование в севообороте следующего перечня сидератов: весна – краткосрочное выращивание горчицы, фацелии, бобовых, шпината; лето-осень – послеуборочное выращивание гороха, люпина, фацелии, масличной редьки, горчицы; весна-лето – однолетний посев клевера, овса, смеси гороха; осень – посев озимой ржи, озимого рапса [4].

Основным требованием системы удобрения в органическом виноградарстве является сохранение естественного плодородия и биологической активности почвы или их повышение. Не применяют легкорастворимые синтетические удобрения. Большое значение имеет внесение органических удобрений, которые в течение продолжительного периода обогащают почву азотом, калием, фосфором и гумусом, улучшающим ее физические свойства. Образовавшийся гумус повышает поглотительную способность почвы и создает благоприятные условия для развития микрофлоры. Для питания органических виноградников чаще всего применяют такие удобрения как навоз (КРС, лошадиный, овечий, птичий и пр.), мука (кровяная, костная, рыбная, фосфоритная), водоросли, донный озерный ил, торф, опилки, солома и другие растительные субстраты, компост из виноградной выжимки, древесная зола, биоуголь, вермикомпосты, хитин, сульфат калия, гипс, элементарная сера и пр. Существенную роль в питании органических виноградников занимают микробиологические препараты на основе штаммов микроорганизмов с полезными свойствами. К ним относятся препараты микоризообразующих грибов, симбиотические или свободноживущие азотфиксаторы, мобилизаторы фосфора, калия и других сложнодоступных для растений винограда элементов в почве. Сегодня всё больше производителей микробиологических удобрений проходят органическую сертификацию, что делает возможным их широкое применение в органическом виноградарстве [2].

Экологическая направленность ведения культуры и отказ от традиционных схем защиты предполагает переход от общепринятой борьбы с комплексом вредителей и полного их истребления к ограничению численности вредителя, достижению сбалансированных отношений между организмами и созданию стабильно продуктивного производства [2]. Выбор органической стратегии защиты позволяет активизировать деятельность полезной биоты (хищников и паразитов), сохранить и умножить их популяции в агроценозе для возможности естественной регуляции вредителей без применения химических средств. Основное место в производстве органической продукции занимают

агротехнический и биологический методы защиты. Обеспечить фитосанитарную стабильность органического виноградника способен тщательный уход за насаждениями, включающий своевременную обработку почвы в рядах и междурядьях, перевод виноградников на шпалеру и содержание ее в исправном состоянии, своевременное проведение осенней и весенней обрезки и операций с зелеными частями куста, удаление с виноградника обрезков лозы, побегов и листьев, сжигание их или измельчение и закладка в компостные кучи [5]. Биологический метод основан на применении гиперпаразитов патогенных грибов и бактерий, использовании микробиологических препаратов и биологически активных веществ, экстрактов растений. В сотрудничестве с отечественными производителями биологических средств защиты (биоинсектицидов, биофунгицидов, комплекса полезных насекомых и клещей) разработаны биологизированные способы контроля оидиума, серой гнили, альтернариоза, аспергиллеза, а также таких вредителей, как растительноядные клещи (паутинный и войлочный), трипсы, цикадки [6].

Для каждого сорта винограда характерны индивидуальные биологические свойства. Для наиболее полной реализации положительных признаков необходимо использовать сорт-ориентированные технологии возделывания, соответствующие биологическим особенностям сорта и ресурсному потенциалу агротерриторий [7].

Для создания устойчивого виноградарства необходимы новые наукоемкие технологии с большой долей биологизации производственных процессов, учитывающие биологические особенности сортов винограда, природный потенциал агротерриторий [7]. Отказ от применения минеральных удобрений и пестицидов, применение современных биологизированных агротехнологий, высокоадаптивных сортов, ориентирование на получение экологически чистой продукции является актуальным направлением в агропромышленном производстве.

Библиографический список

1. Органическое виноградарство [Электронный ресурс.] https://organicfund.ru/potrebitelyam/informacionnyj-portal-organiki/produkciya/organicheskoe-vinogradarstvo/?ysclid=llnpkjs1yv396521902 (дата обращения 23.08.2023г.).
2. Волков Я.А., Волкова М.В. Методические рекомендации по выращиванию технических сортов винограда в системе органического сельского хозяйства на примере КФХ Д.В. Шелаев, Республика Крым [Электронный ресурс.] URL: https://soz.bio/metodicheskie-rekomendacii-po-vyrashhi/ (дата обращения 14.08.2023г.).
3. Волков Я.А., Клименко Н.Н., Странишевская Е.П., Волкова М.В. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов в почве виноградника // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2019; 21(1); С. 36-40.
4. Органическое виноградарство [Электронный ресурс] https://россельхоз.рф/stati/rastenievodstvo/organicheskoe-vinogradarstvo.html?ysclid=llp79jihh3956674950 (дата обращения 25.08.2023г.).
5. Раджабов А.К., Мишуров Н.П., Щеголихина Т.А., Федоренко В.Ф. Технологии внесения удобрений и система защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021 – 88 с.
6. Юрченко Е.Г., Талаш А.И Экологически безопасные технологии защиты винограда – это реальность // Агропромышленная газета юга России. 2017. № 29-30. С. 6-7.
7. Петров В.С. Перспективные сорта и технологии в виноградарстве [Электронный

ресурс.] https://www.agropromyug.com/nauka/431-perspektivnye-sorta-i-tekhnologii-v-vinogradarstve.html?ysclid=lm4p56347j310963348 (дата обращения 23.08.2023г.).

УДК 631.854.2:631.41:631.81

ДИНАМИКА NPK И НИТРАТОВ В ЗЕРНЕ СОРТОВ ФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОМЕТОМ КУР В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Щукин Н.Н., Окорков В.В., Окоркова Л.А.
ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»,
Владимирская обл., Суздальский р-н, п. Новый
E-mail: *n9159803437@yandex.ru*

Резюме. *Внесение в малоплодородную дерново-подзолистую почву 120 т/га биологизированного куриного помета (БКП) способствует повышению содержания и улучшению соотношения NPK в зерне. Наибольшим содержанием сырого протеина (СП) по действию помета характеризовались сорта пшеницы Любава (19,8 %) и Ладья (18,6 %), по его последействию – горох Немчиновский-100 (21,9 %), овес голозерный Азиль (19,5 %), яровая пшеница Злата (18,9 %) и Виталия (18,8 %). Пониженным содержанием СП отличались сорта тритикале, ячменя и пленчатого овса. Сортовой и видовой зависимости накопления нитратов в зерне фуражных культур от внесения БКП не выявлено, но отмечено – в семенах рапса.*
Ключевые слова*: дерново-подзолистая почва, куриный помет, азот, фосфор, калий, сырой протеин, нитраты.*
Summary*. The introduction of 120 t/ha of biologized chicken manure (BCP) into the infertile sod-podzolic soil helps to increase the content and improve the ratio of NPK in grain. The highest content of crude protein (SP) by the action of the litter was characterized by wheat varieties Lyubava (19.8 %) and Ladya (18.6 %), by its aftereffect was Nemchinovsky peas-100 (21.9 %), naked oats Azil (19.5 %), spring wheat Zlata (18.9 %) and Vitalia (18.8 %). Triticale, barley and filmy oats varieties were distinguished by a reduced content of SP. The varietal and species dependence of the accumulation of nitrates in the grain of fodder crops on the introduction of BCP was not revealed, but it was noted in rapeseed seeds.*
Key words: *sod-podzolic soil, chicken manure, nitrogen, phosphorus, potassium, crude protein, nitrates.*

Применение отходов птицеводства в качестве органических удобрений открывает широкие перспективы в решении не только проблем земледелия, но и экологии.

Одним из основных лимитирующих факторов применения органических удобрений является концентрация в них азотсодержащих соединений. В рекомендациях ВНИПТИОУ (2011) и исследованиях Дабаховой Е.В. (2005) разовая доза азота при внесении с органическими удобрениями в дерново-подзолистую почву не должна превышать 200 кг/га. По мнению Окоркова В.В., не наблюдается накопления нитратов выше ПДК в серых лесных почвах и в выращиваемой на них продукции при внесении азота в дозе около 500-600 кг/га [1, 2].

Опыты проводились в Ярославской области на легкосуглинистой дерново-слабоподзолистой почве, которая без внесения органики обладала характерными для слабоокультуренной почвы агрохимическими и агрофизическими свойствами.

Для выполнения программы исследований в 2021 г. свежий

биологизированный бесподстилочный куриный помет в дозе 120 т/га вносили осенью 2020 г. под вспашку зяби (на 19-22 см), которую одновременно подняли на участках 2-го года последействия помета (внесенного весной 2019 г. в той же дозе). Контроль – вариант без удобрений.

Опыты 1-2 (сорта пшеницы и тритикале яровых, ячменя) заложили на 2-х фонах удобрения почвы (по действию и последействию БКП), опыты 3-4 (сорта пленчатого и голозерного овса, гороха) – по 2-му году его последействия, а опыт 5 (гибриды рапса) – по действию помета. Контрольные делянки засевали яровой пшеницей сорта Злата. Сортовой и видовой состав опытов отражен в таблицах 1 и 2.

Под действием внесения 120 т/га БКП в сравнении с неудобренной почвой (слой 0-40 см) в начале вегетации отмечено улучшение реакции среды от сильно- до слабокислой, повышение содержания подвижного фосфор от низкого до среднего и обменного калия – от среднего до высокого, увеличение запасов нитратного азота с 10,9 до 211,3 кг/га. На фоне 2-го года последействия помета агрохимические показатели почвы отличались нейтральной кислотностью (pH_{KCl}), средним содержанием P_2O_5, высоким – K_2O и средними запасами нитратного азота – 83,4 кг/га.

Вегетация растений в год проведения исследований (2021) характеризовалась контрастными погодными условиями (ГТК-1,11) – повышенной температурой воздуха и недостатком осадков в определенные фазы развития растений – кущение, трубкование и молочная спелость зерна.

При разработке мероприятий по обработке почвы, подготовке семян к севу и уходу за растениями руководствовались технологиями возделывания зерновых и зернобобовых культур и рапса, разработанных производителями семян для агроценозов на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья.

Показатели содержания NPK в зерне и вынос их с урожаем изменялись в зависимости от видовых особенностей культур, величины их урожайности под влиянием действия и последействия помета на агрохимические свойства почвы [3, 4].

Выращивание пшеницы Злата без удобрений по сравнению с посевом на фоне действия и последействия БКП показало значительное повышение в удобренных вариантах содержания в зерне азота (с 2,02 до 2,63 и 3,03 %), фосфора (с 1,02 до 1,24 и 1,35 %) и калия (с 0,60 до 0,64 %, табл. 1). Из этого следует, что при возделывании пшеницы Злата на фоне последействия помета создавались более благоприятные условия для производства питательного зернофуража.

В последнем примере замечено снижение содержания азота в зерне с увеличением накопления нитратного азота в почве, запасы которого составляли 83,4 кг/га – по последействию помета и 211,3 кг/га – по его действию. Подобная зависимость наблюдалась и у других сортов пшеницы и тритикале, например, РИМА (с 2,81 до 2,47 %), Эстер (с 2,96 до 2,67 %) и Норманн (с 2,60 до 2,44 %), а также относилась ко всем сортам ячменя.

У некоторых сортов зерновых культур наблюдалась обратная реакция –

повышение содержания азота в зерне с увеличением (в 2,5 раза) накопления нитратного азота в почве под влиянием действия помета относительно его последействия. Так, в зерне пшеницы сорта Любава по последействию БКП содержалось меньше (2,77 %) общего азота, чем по его действию (3,16 %), что также характерно для сортов яровой пшеницы Сударыня, Каменка, Ладья и тритикале – Россика. Это может свидетельствовать о возможностях интенсивного развития указанных сортов на более нитратонасыщенном фоне плодородия почвы.

Таблица 1 – Содержание NPK в 1 кг СВ зерна и семян культур по сортам под влиянием действия и на 2-й год последействия внесения в почву 120 т/га БКП

№	Сорт	Действие БКП, %			2-й год последействия БКП, %		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
пшеница яровая							
1	***Злата - контроль***	***2,02***	***1,02***	***0,60***	***2,02***	***1,02***	***0,60***
2	Злата	2,63	1,24	0,64	3,03	1,35	0,57
3	Любава	3,16	1,16	0,53	2,77	1,14	0,50
4	Эстер	2,67	1,14	0,60	2,96	1,39	0,57
5	Рима	2,47	1,15	0,57	2,81	1,22	0,55
6	Лиза	2,49	1,12	0,59	2,83	1,22	0,51
7	Сударыня	2,86	1,07	0,53	2,59	1,21	0,49
8	Каменка	2,68	1,11	0,48	2,52	0,90	0,48
9	Ладья	2,98	1,28	0,61	2,36	0,84	0,53
10	Виталия	2,69	1,12	0,58	3,01	1,32	0,50
11	Тризо	2,69	1,17	0,62	2,69	1,11	0,50
12	Каликсо	2,57	1,11	0,63	2,68	1,16	0,52
тритикале яровое							
1	Норманн	2,44	1,21	0,74	2,60	1,15	0,65
2	Россика	2,66	1,22	0,74	2,26	1,12	0,68
ячмень яровой							
1	Московский-86	2,50	1,14	0,56	2,52	1,26	0,52
2	Яромир	2,51	1,28	0,76	2,56	1,24	0,65
3	Надежный	2,18	0,92	0,53	2,58	1,15	0,49
4	Златояр	2,39	1,22	0,58	2,51	1,32	0,48
5	Лаурикка	2,57	1,22	0,65	2,67	0,96	0,61
овес пленчатый							
1	Яков	-	-	-	2,63	1,15	0,50
2	Залп	-	-	-	2,58	1,24	0,54
овес голозерный							
3	Немчиновский-61	-	-	-	3,10	1,39	0,57
4	Азиль	-	-	-	3,12	1,05	0,55
горох посевной							
1	Немчиновский-50	-	-	-	3,42	1,47	1,34
2	Немчиновский-100	-	-	-	3,51	1,34	1,54
3	Рокет	-	-	-	3,33	1,41	1,37
рапс яровой							
1	Траппер	3,55	2,62	1,16	-	-	-

Общим для всех сортов культур являлось повышение содержания в зерне калия под влиянием действия помета относительно его последействия в связи с более высоким содержанием K_2O в почве: в слое 0-40 см по действию помета

17,6-21,7 мг/100г, а на фоне его последействия – 12,6-14,4 мг/100 г.

Зависимость содержания сырого протеина от плодородия почвы (аналогично динамике по азоту) наглядно наблюдалась на примере его изменения в зерне пшеницы Злата. Так, наименьшее содержание протеина отмечено в варианте без удобрений (12,6 %), которое повышалось под влиянием действия (до 16,4 %), но особенно – последействия БКП (до 18,9 %, табл. 2).

Высоким содержанием сырого протеина выделялись рапс (22,2 %), горох посевной (20,8-21,9 %) и овес голозерный (19,4-19,5 %).

Таблица 2 – Содержание сырого протеина (СП) и нитратов в 1 кг СВ зерна и семян культур по сортам под влиянием действия и 2-го года последействия внесения в почву 120 т/га БКП

№	Сорт	Действие БКП		2-й год последействия БКП	
		СП, %	нитраты, мг/кг	СП, %	нитраты, мг/кг
пшеница яровая					
1	***Злата – контроль***	***12,6***	***23,3***	***12,6***	***23,3***
2	Злата	16,4	20,3	18,9	50,5
3	Любава	19,8	32,8	17,3	33,3
4	Эстер	16,7	31,5	18,5	26,0
5	Рима	15,4	18,8	17,6	27,8
6	Лиза	15,6	27,3	17,7	53,5
7	Сударыня	17,9	45,0	16,2	34,3
8	Каменка	16,8	27,3	15,8	25,5
9	Ладья	18,6	42,0	14,8	32,8
10	Виталия	16,8	22,0	18,8	24,8
11	Тризо	16,8	27,3	16,8	29,8
12	Каликсо	16,1	36,5	16,8	25,5
тритикале яровое					
1	Норманн	15,3	19,8	16,3	32,8
2	Россика	16,6	18,5	14,1	24,8
ячмень					
1	Московский-86	15,6	37,5	15,8	38,8
2	Яромир	15,7	48,8	16,0	50,5
3	Надежный	13,6	43,3	16,1	41,0
4	Златояр	14,9	38,8	15,7	39,3
5	Лаурикка	16,1	41,0	16,7	44,8
овес пленчатый					
1	Яков	-	-	16,4	24,3
2	Залп	-	-	16,1	24,3
овес голозерный					
3	Немчиновский-61	-	-	19,4	28,5
4	Азиль	-	-	19,5	35,8
горох посевной					
1	Немчиновский-50	-	-	21,4	35,8
2	Немчиновский-100	-	-	21,9	41,0
3	Рокет	-	-	20,8	31,0
рапс яровой					
1	Траппер	22,2	460,0	-	-

Содержание сырого протеина в зернофуражных культурах зависело от отзывчивости их сортов на уровень накопления нитратного азота в почве. По действию БКП более высоким содержанием протеина характеризовались сорта пшеницы Любава (19,8 %) и Ладья (18,6 %), по его последействию – горох Немчиновский-100 (21,9 %), овес голозерный Азиль (19,5 %), яровая пшеница Злата (18,9 %) и Виталия (18,8 %).

Пониженным содержанием сырого протеина в зерне отличались тритикале, ячмень и пленчатый овес [3-5]. Среди них выделялись сорта с более высокой концентрацией белка выделялись сорта: тритикале – Норманн (16,3 %), ячменя – Лаурикка (16,7 %) и Надежный (16,1 %), овса пленчатого – Яков (16,4 %).

Опыты показали, что содержание NPK и нитратов в зерне не только видовая, но и генотипическая особенность сортов культур, характеризующая их отзывчивость на изменение плодородия почвы.

Библиографический список

1. Окорков В.В. Усовершенствованные приемы управления продуктивностью культур в севообороте и плодородием на серых лесных почвах Верхневолжья. – Суздаль: ФГБНУ «Владимирский НИИСХ», 2018. – 148 с.
2. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Приемы комплексного использования средств химизации в севообороте на серых лесных почвах Верхневолжья в агротехнологиях различной интенсивности. – Суздаль: ФГБНУ «Владимирский НИИСХ», 2017. – 176 с.
3. Щукин Н.Н., Окорков В.В. Изменение содержания NPK и нитратов в зерне фуражных культур и семенах рапса под влиянием удобрения дерново-подзолистой почвы свежим пометом кур в условиях Верхневолжья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XVIII междунар. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – С. 398-403.
4. Щукин Н.Н., Окорков В.В. Влияние действия и последействия биологизированного помета кур на продуктивность пленчатых и голозерных сортов овса в условиях Верхневолжья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XVIII междунар. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – С. 392-398.
5. Щукин Н.Н. Адаптивность и хозяйственно-биологическая оценка сортов зернофуражных культур на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья // Инновации и продовольственная безопасность. Новосибирск, 2018. – № 3. – (21). – С. 127-138.

УДК:631.5:631.559:633.16.321(571.13)

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Юшкевич Л.В., Ющенко Д.Н., Щитов А.Г., Кашинская С.П.
ФГБНУ «Омский АНЦ» г. Омск,
E-mail: *yushchenko@anc55.ru*

***Резюме**. В лесостепи Омской области формирование степени и видового состава сорного компонента в посевах ячменя определяется уровнем агротехнологий его возделывания. Урожайность ячменя в среднем на 4-х уровнях агротехнологий составила: комбинированная обработка – 2,52 т/га, плоскорезная – 2,34 и «нулевая» – 2,21 т/га. На комплексной химизации урожайность ячменя достигала 3, 28 т/га.*

Ключевые слова: *ячмень, засоренность, агрофитоценоз, агротехнология, урожайность*
Summary*. In the forest-steppe of the Omsk region, the formation of the degree and species composition of the weed component in barley crops is determined by the level of agrotechnology's of its cultivation. The average yield of barley at 4 levels of agricultural technologies was: combined processing – 2.52 t/ha, flat–cut – 2.34 and "zero" – 2.21 t/ha. On complex chemicalization, the yield of barley reached 3, 28 t/ha.*
Key words: *barley, contamination, agrophytocenosis, agrotechnology, yield.*

Введение. В настоящее время в России посевы ценной продовольственной, зернофуражной культуры ячменя занимают более 8,0 млн.га. В засушливых условиях Омской области, ячмень в основном селекции Омского АНЦ, возделывается на площади более 350 тыс. га (18 % зерновых), в южной лесостепи – 130 тыс. га с урожайностью менее 2,0 т/га, что недостаточно и не соответствует бонитету пашни. Основная причина-преобладание экстенсивных агротехнологий, ограниченное применение под культуру минеральных удобрений (10-15 кг/га), высокая засоренность и инфицированность посевов, дефицит водных ресурсов [1-4].

В Омской области площадь посевов зерновых культур, засоренных в сильной и средней степени, составляет более 2,0 млн. га с преобладанием более 10 видов, из которых до 5-ти доминирующих, что приводит к потере до 500 – 700 тыс. тонн зерна [5].

Наблюдения, выполненные в СибНИИСхозе с помощью меченых атомов, показали, что сорняки усваивают подвижный фосфор в 2-3 раза, быстрее, чем зерновые, изменяется состояние почвенной биоты в почве под посевами ячменя [6, 7].

Цель исследований. Выявить особенности формирования засоренности посевов ячменя в лесостепи Омской области.

Методика. Наблюдения проведены в замыкающем поле зернопарового севооборота ячмене более 15 лет. Двухфакторный опыт включал 4 системы обработки почвы и 4 варианта применения средств химизации. Агротехника зональная. Посев ячменя сорта Омский 90, Саша проведен 20 – 25 мая с нормой высева 4,5 – 4,7 млн. СЗ-3,6, ПК «Selford» обеспечивающий равномерное распределения семян по глубине и площади питания. Повторность 4-х кратная [8].

Результаты исследований. Установлено, что в зернопаровом севообороте засорённость посевов ячменя, относительно пшеницы по пару, в степной зоне Омской области повышается с 10,8 до 24,5 % (в 2,3 раза), в южной лесостепи с 17,4 до 29,9 % (в 1,7 раза) и в северной лесостепи достигает 37,7 % от биомассы снопа, что приводит к существенному недобору зерна.

За длительный период наблюдений установлена закономерность нарастания засоренности посевов ячменя от отвальной к «нулевой» обработке почвы в среднем с 440 до 555 г/м^2 и по удельной биомассе сорного компонента в агрофитоценозе до 30,6 % (табл. 1).

При снижении засоренности ячменя на комплексной химизации (до 12,4 %) засоренность на «нулевой» обработке превышает отвальную и комбинированную в 1,6-1,8 раза.

Таблица 1 – Засоренность посевов ячменя в зависимости от системы обработки почвы и средств химизации, 2004-2020 гг.

Система обработки почвы (А)	Химизация (В)								Среднее по А	
	без химизации (контроль)		удобрения		гербициды		комплексная химизация			
	г/м^2	биомас-са, %	г/м^2	биомас-са, %	г/м^2	биомас-са, %	г/м^2	биомас-са, %	г/м^2	биомас-са, %
Отвальная	594	38,5	663	28,7	281	14,5	222	9,0	440	22,7
Комбинированная	616	41,8	660	30,8	272	14,3	253	10,3	452	24,3
Плоскорезная	557	47,2	816	38,9	361	19,1	312	13,8	512	29,8
«Нулевая»	634	45,1	818	36,7	412	24,2	357	16,4	555	30,6
Среднее (В)	600	43,2	739	33,8	332	18,0	286	12,4		

Внесение удобрений приводит к нарастанию количества и биомассы сорняков до сильной степени – в среднем 33,8 %. Конкуренция между сорняками и зерновыми культурами возрастает больше за азот и калий и меньше за фосфор, на изреженных посевах засоренность ячменя возрастает. Обработка посевов гербицидами повышает биомассу ячменя в 1,9 раза (1537 г/м^2) и снижает удельную биомассу сорняков в 2,4 раза с подавлением в основном двудольных.

Применение комплексной химизации способствует улучшению корневого питания ячменя, подавляет засоренность и инфицированность агрофитоценоза, что способствует росту урожайности культуры. Изменение численности и видового состава сорняков проявляется и в смене видов: чувствительные к гербицидам на более устойчивые (табл. 2).

Таблица 2 – Засоренность посевов в зависимости от агротехнологии ячменя (среднее по фактору обработки почвы), 2004-2020 гг.

Варианты	Биомасса ячменя, г/м^2	Засоренность посевов						Биомасса, %
		шт/м^2			г/м^2			
		всего	двудольные	мятликовые	всего	двудольные	мятликовые	
Контроль (без химизации)	799	168	58	110	606	436	170	43,2
Удобрения	1396	195	32	163	381	381	385	33,8
Гербициды	1537	173	14	159	60	60	288	18,0
Комплексная химизация	2055	82	11	71	57	57	235	12,4
Среднее	1447	155	29	126	230	230	243	27,3
$НСР_{05}$=	157	51	10	43	84	84	127	6,0
Коэффициент корреляции с урожайностью, *Rкрит=0,95*	0,99	-0,56	-0,91	0,26	0,86	-0,86	0,12	-0,98

Наблюдениями установлено, что комплекс негативных факторов повышенной засоренности посевов ячменя, конкуренция за элементы питания и ограниченные водные ресурсы в конечном итоге проявляются в снижении продуктивности культуры. Выявлено, что сопряженность урожайности зерна ячменя и степень засоренности агрофитоценоза повсеместно имеет отрицательную направленность. Более высокая отрицательная сопряженность урожайности замыкающей культуры зернопарового севооборота отмечается с количеством и биомассой двудольных сорняков, достигающей, согласно коэффициенту детерминации, 67-87%. Снижение урожайности зерна ячменя от уровня засоренности агрофитоценноза возрастает от вспашки к «нулевой» обработке почвы, в среднем по вариантам, с 26 до 36 % или в 1,4 раза.

Оценка засоренности посевов пивоваренных сортов ячменя показала, что наименьшая засоренность агрофитоценноза (в среднем 7,7 %) отмечалась у сорта Сигнал, наибольшая (14,0-14,6 %) у сортов Омский 90 и Ксанаду. Применение комплексной химизации повышало биомассу сортов ячменя с 1105 до 2032 г/м^2 (в 1,8 раза) и уменьшало засоренность посевов в среднем с 24,9 до 4,9% или в 5,1 раза [9].

Урожайность ячменя в значительной степени определялась уровнем агротехнологий, системой обработки почвы, применением средств химизации и засоренностью агрофитоценоза, таблица 3.

Таблица 3 – Урожайность зерна ячменя в зависимости от уровня агротехнологий (т/га), 2006 – 2021 гг.

Система обработки почвы	Агротехнологии				Среднее, $НСР_{05}$-0,09 т/га
	экстенсивная (контроль)	нормальная (гербициды)	полуинтенсивная (удобрения+ гербициды)	интенсивная (комплекс-ная химизация)	
Отвальная	1,20	2,46	3,11	3,42	2,55
Комбинированная	1,14	2,42	3,13	3,40	2,52
Плоскорезная	1,02	2,08	3,03	3,22	2,34
«Нулевая»	0,86	2,04	2,86	3,08	2,21
Среднее $НСР_{05}$-0,12 т/га	1,06	2,25	3,03	3,28	

Установлено, что на всех уровнях интенсификации агротехнологий отмечается устойчивая тенденция снижения урожайности ячменя от отвальной и комбинированной системы обработки почвы к «нулевой». В среднем на 4-х уровнях агротехнологий ресурсосберегающий комбинированный вариант (чередование отвальной на гл. 20-22 см с плоскорезной обработкой на гл. 10-14 см) обеспечил урожайность 2,52 т/га, плоскорезный – 2,34 т/га и «нулевой» - 2,21 т/га или на 0,31 т/га (12,3 %) меньше. Интенсивная агротехнология ячменя улучшала фитосанитарное состояние посевов и обеспечила рост продуктивности ячменя относительно экстенсивной агротехнологии в среднем с 1,06 до 3,28 т/га или в 3,1 раза.

Таким образом, формирование степени и видового состава сорняков в

посевах ячменя определяются уровнем агротехнологий, системой обработки почвы и применением средств химизации. Наиболее засоренные посевы ячменя как по численности, так и по удельной биомассе (43,2%) формируются на экстенсивной агротехнологии и «нулевой» обработке почвы, наименьшая-на комплексной химизации (12,4 %) и отвальной и комбинированной системе обработки – 90-10,3 %. В среднем на 4-х уровнях агротехнологий комбинированная обработка обеспечила урожайность ячменя 2,52 т\га, плоскорезная – 2,34 и «нулевая» – 2,21 т/га. Интенсивная агротехнология улучшала фитосанитарное состояние посевов и рост продуктивности культуры до 3,28 т/га.

Библиографический список

1. Березин Л.В., Ершов В.Л. [и др.]. Научные основы земледелия равнинных ландшафтов Западной Сибири: монография. – РАСХН. Сиб. Отделение СибНИИСхоза, ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 312 с.
2. Юшкевич Л.В. [и др.]. Оптимизация полевых севооборотов и структуры пашни при возделывании яровой пшеницы в Омской области: рекомендации. – Омский аграрный научный центр, 2020. – 44 с.
3. Торопова Е.Ю. [и др.]. Влияние агротехнологий на здоровье почвы и растений в лесостепи Омской области. // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №2. – 44-45 с.
4. Макаров А.Р. [и др.]. Ресурсы почвенной влаги в засушливом земледелии Западной Сибири: монография. – Омск, 1992. – 146 с.
5. Юшкевич Л.В. [и др.]. Совершенствование технологии возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири. // Земледелие. – 2013. – №2. – С.26-28.
6. Корчагина И.А., Юшкевич Л.В. Сорта пшеницы в интенсивном земледелии Омского Прииртышья: монография. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2023. – 172с.
7. Юшкевич Л.В. [и др.]. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири. // Плодородие. – 2019. – №4 (109).– С.42-46.
8. Кем А.А. [и др.] Совершенствование способов посева зерновых в Западной Сибири. // Зерновое хозяйство. – 2007. – №1. – С.17-19.
9. Юшкевич Л.В., Штро Е.В. Пивоваренный ячмень в Омском Прииртышье: монография. – Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. – 156 с.

2 СЕКЦИЯ «АГРОГЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ»

УДК631.41(470.32)

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Афонченко Н.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *afninavas@mail.ru*

Резюме. *Исследования по изучению изменения агрохимических показателей почвы проводились в Курской области, Медвенском райне на полигоне «Точное земледелие» на склонах различных экспозиций. В среднем за 2019 - 2022гг. коэффициенты варьирования по содержанию гумуса и щёлочно-гидролизуемого азота на полигоне изменялись незначительно, по содержанию pH_{kcl} имели средние значения, а по содержанию подвижных форм фосфора и калия изменялись значительно.*
Ключевые слова: *почва, склоновый агроландшафт, агрохимические показатели.*

Центрально-Черноземный регион (ЦЧР) является интенсивно развитым аграрным районом России. Интенсивное сельскохозяйственное производство на территории Черноземья приводит к развитию ряда деградационных процессов, главным из которых является эрозия [1]. Эрозионные процессы ведут к нарушению функционирования почвы как природного тела и обеспечивают высокую пространственно-временную динамику её агрохимических показателей.

Деградация земельных ресурсов является одной из важнейших проблем ЦЧР. Для большинства территорий ЦЧР характерен склоновый рельеф [1, 2], крутизной более 3°. От 26 % до 58 % сельскохозяйственных угодий России подвержено эрозионным процессам [3]. В ЦЧР площади эродированных сельскохозяйственных угодий составляют 28,1%, из которых 23,8 % приходится на пашню. В Курской области размещено 30,5 % такой пашни, в Белгородской 48%, 22,1 % – в Воронежской, от общей площади пашни. В этих областях ведется наиболее активное землепользование. Агроландшафты ЦЧР далеко неоднородны по условиям рельефа, типам почв и имеют различия по климату. Почвы склонов разных экспозиций существенно отличаются друг от друга по агрохимическим, агрофизическим биологическим, температурным показателям. Влияние рельефа связано с действием экспозиции склона, его крутизны и выраженного микрорельефа, проявляясь через перераспределение тепла и влаги, интенсивности эрозии, неоднородности снежного и травянистого покрова. В частности, на склонах полярных экспозиций наблюдаются существенные различия по содержанию питательных веществ, гумуса, микробиологической активности, мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, независимо от природных зон [4-6]. Почвы, формирующиеся на разных элементах мезорельефа и относящиеся к одной классификационной группе, могут заметно различаться по своим агрономическим показателям. В этой связи важными становятся исследования по выявлению влияния экспозиции склона на

агрохимические показатели почвы.

Целью настоящей работы было – изучить влияние экспозиции склона на агрохимические показатели в условиях расчлененного рельефа.

Методика исследований. Исследования проводились на научно-производственном участке Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) на полигоне «Точное земледелие», имеющим склоны различных экспозиций и разный уклон, с куполообразной формой рельефа (86 га). Полигон расположен на территории европейской части России в пределах Среднерусской возвышенности на высоте 190-217 м над уровнем моря (51°31.434′ N, 36°08.078′ E) у истока реки Млодать. Рельеф полигона типично эрозионный. Участок разбит по регулярной координатной сети с шагом 50 м, в узлах которой с помощью нивелира ADA найдены абсолютные высоты. На основе полученной сети в QGIS 3.22 построена цифровая модель рельефа. Крутизна склона опыта варьирует от 0 до 5,93°. Средний уклон составляет 2,3°. Территория охватывает все экспозиции (0-360°). Почвы – чернозем типичный и чернозем выщелоченный. Территория полигона характеризуется большим разнообразием уклонов и экспозиций, что определяет её температурно-влажностный режим. Значительное влияние на перераспределение климатических условий оказывает рельеф местности. Содержание гумуса (%) в почве определяли по методу Тюрина, pH_{KCl} - потенциометрическим методом, щелочно-гидролизуемый азот – по методу Корнфилда, содержание подвижных форм фосфора и калия – по методу Чирикова. На рисунке 1 представлен космоснимок полигона.

Рисунок 1 – Космоснимок полигона

Ежегодно исследования на полигоне проводятся с 2019 года. В статье приводятся исследования на склонах северо-восточной, северо-западной, юго-восточной и юго-западной экспозициях. В 2019 году средний уклон полигона составлял 2,31°, наименьший уклон в градусах полигона составлял 0,31° (юго-западная экспозиция), максимальный – 4,51° (северо-западная экспозиция, таблица 1). Варьирование по этому показателю составило 53,3 %. В 2020 году минимальный уклон составлял 0,26° (северо-восточная экспозиция), максимальный уклон – 5,92° (северо-западная экспозиция), варьирование по этому

показателю составило 56,4%. В 2021 году минимальный уклон составлял 0,29° (плакор), максимальный – 5,69° (северо-западная экспозиция). В 2022 году минимальный уклон составлял 0,25° (юго-восточная экспозиция) и максимальный – 4,21° (северо-западная экспозиция).

Содержание гумуса на полигоне в среднем по экспозициям склона за 2019-2022 годы оценивалось как среднее и варьировало незначительно (5,3-5,8 %). В 2019 году содержание гумуса в изучаемых точках изменялось от 4,89 до 6,07% (таблица 1), в 2020 году минимальное содержание гумуса составляло 4,71 %, максимальное – 6,16 %, в 2021 году минимальное содержание гумуса составляло 5,18 %, максимальное – 6,33 %. В 2022 году оно изменялось от 4,33 % до 5,89 %. В среднем за 2019-2022 годы содержание гумуса изменялось от 4,33 до 6,33 %. В среднем за годы исследований наибольшее содержание гумуса отмечалось на склоне северо-восточной экспозиции – 5,75 %, минимальное на юго-западной экспозиции 5,36 %.

Таблица 1 – Агрохимические показатели по экспозициям склона на полигоне за 2019-2022 годы

Экспозиция	Угол уклона в градусах	Содержание гумуса, %	pH_{kcl}	$N_{щ}$ мг/100 г	P_2O_5 мг/100 г	K_2O мг/100 г
2019						
Северо- восточная	2,06	5,79	5,9	17,58	12,6	12,71
Северо-западная	3,07	5,46	6,0	17,27	15,4	14,1
Юго-восточная	1,14	5,64	5,7	17,47	12,0	14,6
Юго-западная	2,29	5,41	7,1	16,0	9,9	15,1
2020						
Северо- восточная	4,4	5,74	5,9	17,45	13,2	13,2
Северо-западная	2,55	5,33	6,1	18,25	12,9	13,5
Юго-восточная	1,00	5,18	6,5	17,38	13,7	17,2
Юго-западная	2,41	5,19	6,7	16,07	11,4	12,9
2021						
Северо- восточная	3,36	5,96	5,7	17,20	13,65	13,48
Северо-западная	3,84	5,79	5,6	18,10	14,03	12,46
Юго-восточная	1,44	5,68	6,1	17,03	13,3	14,94
Юго-западная	3,14	5,58	6,6	15,75	11,34	13,16
2022						
Северо- восточная	2,60	5,52	6,4	15,74	13,1	8,6
Северо-западная	2,63	5,11	6,6	14,32	10,2	10,0
Юго-восточная	1,31	5,33	6,2	15,64	13,5	10,0
Юго-западная	2,7	5,28	7,1	14,12	10,7	9,2

Содержание pH_{kcl} на полигоне в среднем за 2019-2022 году изменялось от 5,3 до 7,3. На склоне северо-восточной экспозиции оно составляло 6,0 на склоне юго-западной экспозиции – 7,3.

Содержание щелочногидролизуемого азота на полигоне за исследуемые годы изменялось 11,07 до 19,22 мг/100г. В среднем на склоне юго-западной экспозиции оно было наименьшим и составляло 15,49 мг/ на 100 г.

Среднее содержание подвижных форм фосфора на полигоне за изучаемые годы составило 12,5 мг/100 г. Наименьшее содержание его составляло 5,8,

максимальное – 25.1мг/100г. На склоне юго-западной экспозиции оно было наименьшим и составляло 10,8мг/100 г. В среднем по другим экспозициям оно было на одном уровне и составляло 23,1-13.2 мг/100 г почвы.

Содержание подвижных форм калия в среднем за изучаемые годы на полигоне составило в изучаемых точках13,0 мг/100 г и изменялось от 7,4 до 26,2 мг/100 г. Наибольшее содержание подвижных форм калия отмечалось за 4 исследуемых года на склоне юго-восточной экспозиции и составляло 14,19 мг/100 г.

В таблице 2 представлены статистические показатели содержания агрохимических элементов на полигоне за 2019-2022 годы. В среднем за 4 года коэффициент варьирования уклона в градусах составил 50,5 %, считается, что совокупность показателей неоднородная.

Таблица 2 – Статистические показатели содержания агрохимических элементов на полигоне за 2019-2022 годы

Показатели	Угол клона в градусах	Гумус, %	pH_{kcl}	$N_{щ}$ мг/100 г	P_2O_5 мг/100 г	K_2O мг/100 г
2019 г.						
Количество	32	32	32	32	32	32
Среднее	2,29	5,58	6,4	16,90	12,1	15,0
St. отклонение	1,22	0,295	0,73	1,31	3,69	3,74
Min	0,31	4,89	5,3	15,0	8,3	10,6
Max	4,51	6,07	7,2	19,22	25,1	28,1
V% (варьирование)	53,3	5,3	11,5	7,8	30,5	24,9
2020 г.						
Количество	32	32	32	32	32	32
Среднее	2,96	5,46	6,2	17,89	12,8	13,7
St. отклонение	1,67	0,384	0,598	0,90	1,87	3,47
Min	0,26	4,71	5,3	16,01	8,8	9,9
Max	5,92	6,16	7,2	19,03	16,9	26,2
V% (варьирование)	56,4	7,0	9,7	5,0	14,6	25,3
2021 г.						
Количество	32	32	32	32	32	32
Среднее	2,94	5,75	6,0	17,01	13,1	13,5
St. отклонение	1,34	0,27	0,58	1,27	2,25	4,41
Min	0,29	5,18	5,2	14,49	7,4	7,4
Max	5,69	6,33	7,2	19,76	17,5	28,4
V% (варьирование)	45,6	4,7	9,7	7,5	17,2	32,7
2022 г.						
Количество	32	32	32	32	32	32
Среднее	2,31	5,31	6,5	15,0	11,9	9,8
St. отклонение	1,08	0,33	0,79	1,54	2,95	1,58
Min	0,25	4,33	5,5	11,07	5,8	7,8
Max	4,21	5,89	7,7	17,47	18,4	15,6
V% (варьирование)	46,8	6,2	12,3	10,3	24,8	16,1
Среднее за 2019-2022 годы						
Среднее	2,88	5,53	6,3	16,7	12,5	13,0
St. отклонение	1,33	0,43	0,67	1,26	2,69	3,3
Min	0,28	4,33	5,3	14,1	7,6	8,9
Max	5,08	6,33	7,3	18,9	19,5	24,6
V% (варьирование)	50,5	5,8	10,6	7,6	21,8	25,4

Коэффициент варьирования по содержанию гумуса в среднем за 4 годы был незначительным – 5,8 %, по показателю pH_{kcl} за исследуемые годы он был средним и изменялся от 9,7 до 12,3 %.

Коэффициент варьирования по показателю щелочногидролизуемого азота в среднем изменялся незначительно, так как среднее его значение за 4 года составило 7,6 %.

Коэффициенты варьирования по показателям подвижных форм фосфора и калия на полигоне были значительными и в среднем составляли 21,6 и 25,4 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что за исследуемые годы (2019 - 2022гг) коэффициенты варьирования по содержанию гумуса и щёлочногидролизуемого азота на полигоне изменялись незначительно, по содержанию pH_{kcl} имели средние значения, а по содержанию подвижных форм фосфора и калия изменялись значительно.

Библиографический список

1. Белик А.В. Внутрипольное варьирование плодородия лесостепных черноземов ЦЧО и урожайность сельскохозяйственных культур: диссертация канд. биол. наук / А.В. Белик. – Воронеж.: 2008. – 194 с.
2. Захаров В.В. Эрозия почв и меры борьбы с ней / В.В. Захаров. – М.: Колос, 1978. – 176 с.
3. Иванов В.Д. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия на основе комплекса противоэрозионных мероприятий в Центральной лесостепи: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / В.Д. Иванов. – Минск.: БНИИПА, 1984. – 40 с.
4. Дериглазова Г.М. Роль способа основной обработки почвы на урожайность зерна ячменя на склоновых землях / Г.М. Дериглазова, Е.П. Проценко // Сборник материалов международной научной конференции «Проблемы и перспективы развития аграрного производства». – Смоленск, 2007. – С. 91-92.
5. Наконечная М.А. Потери гумуса на склоновых землях ЦЧО / М.А. Наконечная, В.Е. Явтушенко //Почвоведение. – 1989. – №5. – С. 19 - 26.
6. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М.: МГУ, 1998. – 272 с.

УДК631.425.4:911

К ОЦЕНКЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ СКЛОНОВОГО АГРОЛАНДШАФТА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Афонченко Н.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *afninavas@mail.ru*

Резюме. *Исследования по оценке водопрочности почвенных агрегатов проводились на полигоне в Курской области, Медвенском районе, п.Панино на склонах различных экспозиций в 2019-2022 годах. В среднем за исследуемые годы наибольшая водопрочность отмечалась на склоне северо-восочной экспозиции, наименьшей она была на склоне юго-западной экспозиции. Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов также был выше на склоне северо-восточной экспозиции.*

Ключевые слова: *почва, водопрочность структуры, склоновый агроландшафт.*

Summary. *Studies to study the water resistance of soil aggregates and its assessment were carried out at the test site in the Kursk region, Medvensky district, Panino village on the slopes of various exposures in 2019-2022. On average, over the years under study, the highest water resistance was*

noted on the slopes of the northwestern exposures, and it was the lowest on the slopes of the southwestern exposures. The weighted average diameter of water stable aggregates was also higher on the slopes of northwestern exposures.
Key words: *soil, water resistance of the structure, slope agricultural landscape.*

Рациональное использование, охрана и повышение плодородия земель в настоящее время стали одной из важнейших проблем человечества. Особенно острой она является в районах интенсивного земледелия, каким и является Центральное Черноземье и, конечно, Курская область. Распаханность земель здесь достигла предельных значений. Почвы подвержены периодическим засухам, а также страдают от интенсивной эрозии, что приводит к ухудшению многих агрофизических свойств почвы, в частности к ухудшению структуры, которая в свою очередь является одним из основных факторов определяющим плодородие почвы.

Для характеристики почвы большое значение имеет структура почвы и ее водопрочность – количество прочных, неразмываемых водой отдельностей [1]. Наибольшей водопрочностью обладают агрегаты размером от 0,25до 10мм. Такие агрегаты имеют ценную структуру [2]. Если количество агрономически ценных агрегатов в почве составляет более 55 %, то такая почва считается структурной.

В структурной почве упаковка частиц рыхлая, так как внутри комков преобладают капиллярные промежутки, а между комками – крупные некапиллярные; вода быстро распределяется по агрегатам, промежутки между которыми заполнены воздухом. В такой почве одновременно присутствуют в достаточном количестве вода и воздух, она богата доступными для растений питательными веществами [3].

В исследованиях В.В. Докучаева и других исследователей было установлено, что между свойствами почв и урожайностью сельскохозяйственных культур, существует тесная зависимость. Именно закон корреляции между свойствами почв и урожайностью культивируемых растений является теоретической базой для развития различных систем оценки почв и их продукционной функции [4, 5].

Агрономически ценной является водопрочная структура. Размеры почвенных агрегатов только в том случае являются показателями того или иного физического режима почвы, если они водоустойчивы, то есть способны противостоять разрушающему действию воды. По данным П.В. Вершинина, почвенные агрегаты обладают истинной водопрочностью, если они в воздушно-сухом состоянии при быстром погружении в воду не теряют форму и не разрушаются до размеров менее 0,25 мм. Свойство почвы образовывать устойчивые агрегаты – это свойство почвенной структуры, самое важное структурное и функциональной свойство почвы [7].

Исследования по изучению структурно-агрегатного состава почвы проводились на полигоне куполообразной формы (площадь 86 га), на опытном поле Курского ФАНЦ в Медвенском районе Курской области. Полигон расположен на высоте 190-210 м над уровнем моря. Рельеф полигона типично эрозионный,

средний уклон – 2,23°. Почвы – черноземы типичный и выщелоченный различной степени смытости и намытости на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону.

Цель исследований – определить изменение водопрочности почвы на полигоне куполообразной формы

Исследования проводятся в 360 точках полигона на склонах северо-восточной, северо-западной, юго-восточной и юго-западной экспозициях на полигоне. Каждый год исследования поводятся в 32 новых точках полигона на склонах этих экспозиций. Для оценки почвенных ресурсов проводили отбор почвенных проб методом конверта из пахотного слоя почвы 0-20 см. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина, агрофизические показатели почвы: структурно-агрегатный состав почвы (сухое и мокрое просеивание) – по методу Н.И. Саввинова [6].

Таблица 1 – Структурный анализ черноземных почв Курской области

Почва	Местоположение угодья	Содержание фракций %, размер мм			Коэффициент структурности
		>0,25	0.25-10	<0,25	
Чернозем оподзоленный средсуглинистый	Курская область, Поныровский район, пашня	38,8	56,2	5,0	1,3
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	Курская область, Стрелецкая степь, целина	7,4	88,5	4,1	7,7
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	Курская область, Тимский район, пашня	19,0	73,3	7,7	2,7
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	Курская область, Медвенский район, с. Панино, пашня	23,1	68,0	8,9	2,3

В таблице 1 представлен структурный анализ черноземных почв Курской области по данным Всероссийского экологического портала (11.01.2022) и данных лаборатории агрохимии и АЭМ «Курский ФАНЦ» за 2019-2022 годы. Из показаний данной таблицы можно сделать вывод, что структура почвы, отобранная в Стрелецкой степи, оценивается, как «отличная», в Тимском и Медвенском районах (Курский «ФАНЦ») как «хорошая», а в Поныровском районе как «удовлетворительная».

На рисунке 1 представлена водопрочность почвенных агрегатов, отобранных на полигоне «Курский ФАНЦ», размером более 0,25 мм на склонах северовосточной и юго-западной экспозициях, так как в среднем за 4 года наибольшая водопрочность почвенных агрегатов отмечалась на склонах северо-восточной экспозиции, а наименьшие ее значения отмечались на склоне юго-западной экспозиции.

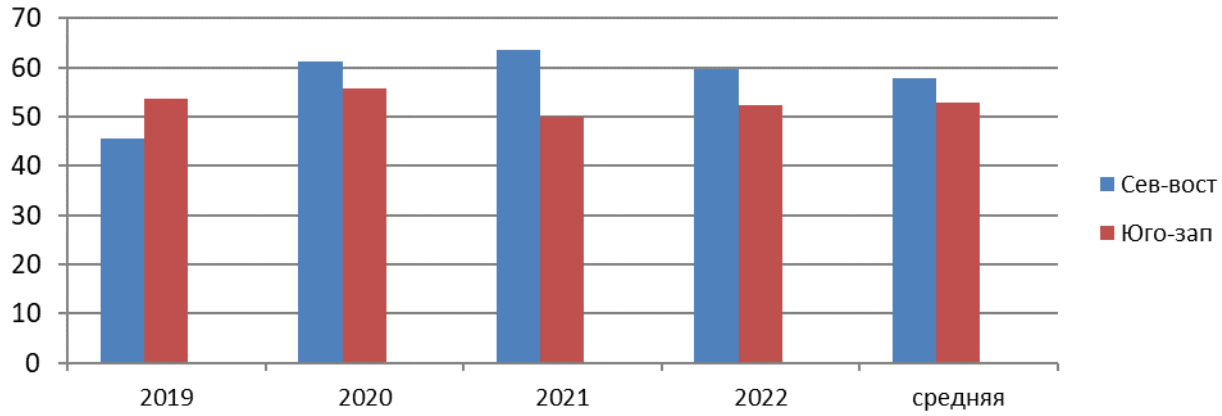


Рисунок 1 – Количество водопрочных агрегатов почвы (>0,25 мм) на северо-восточной и юго-западной экспозициях полигона

В среднем максимальная водопрочность отмечалась в 2021 году на склоне северо-восточной экспозиции и составляла 63,6%, и оценивалась как «хорошая». Наименьшие её показания отмечались в 2019 году - 45,7 %, и водопрочность оценивалась как «удовлетворительная». На склонах юго-западной экспозиции количество водопрочных агрегатов наибольшими были

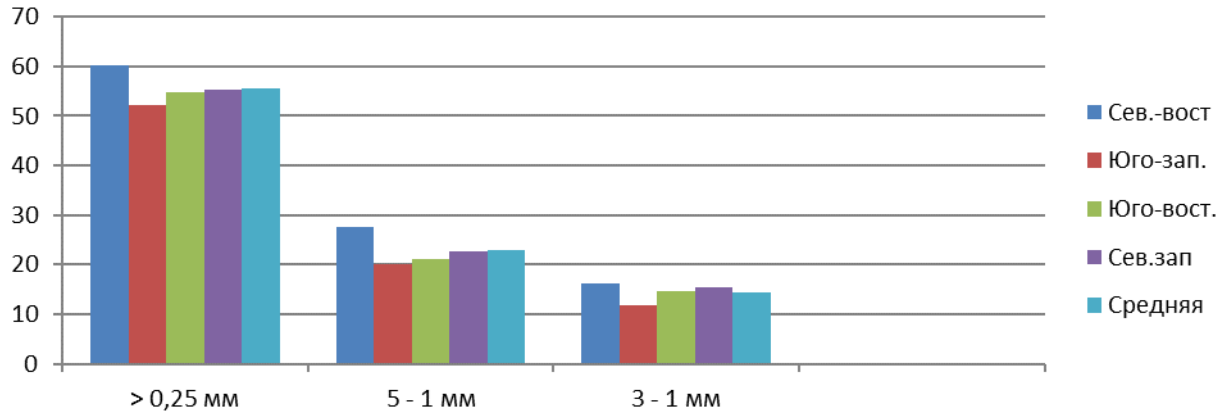


Рисунок 2 – Количество водопрочных агрегатов размером >0,25; 5 – 1 и 3 – 1 мм на разных экспозициях полигона

в 2020 году - 55,8 % и водопрочность оценивалась как («хорошая»), а наименьшими в 2021 году - 50 % и оценивалась как («удовлетворительная»).

На рисунке 2 представлены водопрочные агрегаты размером более 0.25; 5 -1 и 3-1 мм на склонах северо-восточной, юго-восточной, северо-западной и юго-западной экспозициях полигона за 2022 год. Наибольшее количество водопрочных агрегатов этих размеров отмечалось на склоне северо-восточной экспозиции (60,2; 27,5 и 16,2 %), наименьшее на склоне юго-западной экспозиции (52,3; 20,2 и 11,8).

На рисунке 3 представлены средние значения средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов за 2019-2022 годы. Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов на склоне северо-восточной в 2019 году был ниже, чем на склоне юго-западной экспозиции на 0,028 мм.

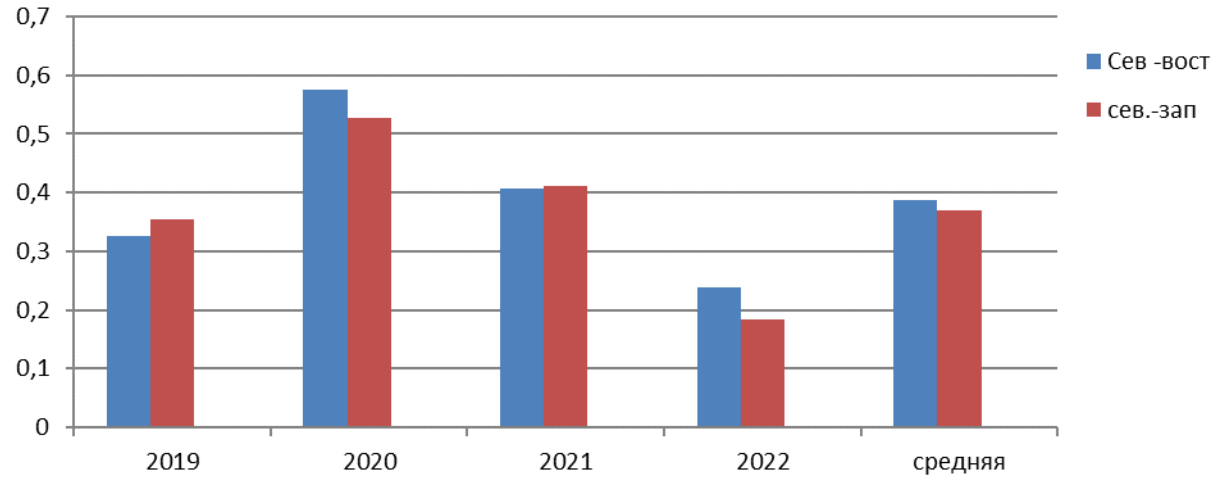


Рисунок 3 – Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов за 2019-2022 годы

В 2020 году средневзвешенный диметр водопрочных агрегатов был максимальным на склонах северо-восточной экспозиции и составлял 0,576 мм, на склоне юго-западной экспозиции он был меньше на 0,050 мм. В 2022 году в среднем по экспозициям средневзвешенный диаметр агрегатов был наименьшим по сравнению с показаниями других лет, но на склонах северо-восточной экспозиции он был выше на 0,056 мм, чем на склоне юго-западной экспозиции. В среднем за 4 года этот показатель был несколько выше на склонах северо-восточной экспозиции.

Таким образом, было установлено, что в среднем за 4 года исследований максимальная водопрочность почвенных агрегатов отмечалась на склоне северо-восточной экспозиции и оценивалась как «хорошая». На склонах северо-восточной экспозиции средневзвешеннный диаметр водопрочных агрегатов был выше, чем на склоне юго-западной экспозиции.

Библиографический список

1. Вильямс В.Р., Избранные сочинения / В.Р. Вильямс. М.: Изд-во АН СССР, 1950 – 792 с.
2. Роде А.А., Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: Гос. изд.-во геогр. и лит., 1947. - 142с.
3. Вершинин П.В., Почвенная структура и условия её формирования. М.: Изд-во АН. СССР, 1958. - 188 с.
4. Афонченко Н.В. Пространственное варьирование показателей структуры почвы в склоновом агроландшафте /Материалы V Международной науч. – пр. конф.. Курск : 2021. – С. 28-32.
5. Каштанов А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Я. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
6. Вадюнина А.Ф., Методы исследования физических почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, М.: Агропромиздат, 1986 – 416 с.
7. Шеин Е.В., Агрофизика /Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. - Ростов – н / Д: Феникс, 2006. – 400 с.

УДК 633.16:631.445.4

СТРУКТУРА И ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО НА СКЛОНЕ

Батищев И.В.
ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», п. Рассвет
E-mail: *nerbat@ya.ru*

Резюме. *Цель исследований – выявить влияние способов обработки почвы при возделывании ячменя ярового на структурное состояние и водоустойчивость чернозёмов обыкновенных на склоне в Ростовской области. В результате исследований установлено, что весной наилучшей структурой и водоустойчивостью обладает пахотный слой почвы после чизельной основной обработки, где выявлено наибольшее количество агрономически ценных агрегатов соответственно 78,3 и 73,6 % с коэффициентом структурности 3,6 и коэффициентом водопрочности 2,8.*
Ключевые слова*: структура, водоустойчивость, почвы, чернозёмы обыкновенные, ячмень яровой, эродированный склон*
Summary. *The purpose of the research is to reveal the influence of tillage methods in the cultivation of spring barley on the structural state and water resistance of ordinary chernozems on a slope in the Rostov region. As a result of the research, it was found that in spring the arable layer of soil after chisel basic processing has the best structure and water resistance, where the largest number of agronomically valuable aggregates was found, respectively, 78.3 and 73.6 % with a structural coefficient of 3.6 and a water resistance coefficient of 2.8.*
Key words: *structure, water resistance, soils, ordinary chernozems, spring barley, eroded slope*

Введение. Защита земель от водной эрозии является важным элементом адаптивно-ландшафтной системы земледелия. При организации почвозащитных мероприятий необходимо знать такие экологические свойства почвы, как структурно-агрегатное состояние и водоустойчивость.

Имеются множество публикаций, в которых изложены результаты исследований по предупреждению водной эрозии, в том числе путём различных способов основной обработки почвы. В этих работах представлены результаты оценки структурно-агрегатного состояния чернозёма типичного и урожайности ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы [1-3].

В условиях Волгоградской области установлено, что при систематическом применении на чернозёмах типичных эродированных почвозащитных технологий (безотвальной обработки почвы) отмечено повышение содержания органического вещества, водопроницаемости, улучшение агрегатного состава. Количество агрономически ценных агрегатов увеличивается на 10 %, а водопрочных – на 30 % по сравнению с отвальной вспашкой [4].

В зернотравяном севообороте на чернозёмах Курской области наибольшее количество агрономически ценных агрегатов в период посева ячменя наблюдалось в варианте с безотвальной обработкой почвы, перед уборкой – с отвальной. Водопрочные агрегаты увеличивались после посева ячменя с использованием отвальной и безотвальной обработки на 4,5 и 6,0 % соответственно, по сравнению с комбинированной обработкой; перед уборкой урожая ячменя, происходило увеличение водопрочных агрегатов в варианте с

комбинированной обработкой почвы [5].

Цель исследований – выявить влияние способов основной обработки почвы при возделывании ячменя ярового на структурное состояние и водоустойчивость чернозёмов обыкновенных на склоне.

Объекты и методы. Исследования проводились в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области крутизной до 3,5-4°.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, среднеэродированный. Климат зоны – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднее многолетнее количество осадков 492 мм, за вегетационный период выпадает около 220-250 мм атмосферных осадков. Сумма активных температур составляет 3210-3400°С. Продолжительность тёплого периода – 230-260 дней.

Полевой опыт включал: изучение трёх способов основной обработки почвы в системе контурно-полосной организации эрозионно-опасного склона: отвальная вспашка плугом на глубину 25-27 см, чизельная обработка тем же плугом с чизельными стойками на ту же глубину и комбинированная обработка щелерезом ЩН-1 на глубину 40-45 см.

Определение структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы по всем изучаемым способам обработки почвы проводилось методом Саввинова, водопрочных агрегатов на приборе Бакшеева [6, 7]. Статистическая обработка полученных результатов велась методом дисперсионного анализа [8].

Результаты и обсуждение. На дату посева ячменя процентное содержание агрономически ценных почвенных агрегатов (10-0,25 мм) в пахотном слое почвы составило: на варианте с чизельной обработкой почвы в пределах 78,20-78,4 %, при комбинированной в пределах 77,0 % и 73,6-76,3 % на варианте с отвальной обработкой (табл.1).

Таблица 1 – Структурно-агрегатный состав в пахотном слое почвы при посеве и уборке ячменя ярового при различных способах обработки почвы, %, среднее за 2020-2022 г.

Время отбора образцов	Способ обработки	Размер агрегатов			К стр.*
		>10	10-0,25	<0,25	
Посев	Ч	16,1	78,3	5,9	3,6
	К	17,3	77,0	6,3	3,3
	О	18,6	74,9	6,3	3,0
Уборка	Ч	19,8	72,7	7,5	2,7
	К	20,7	72,4	6,9	2,6
	О	22,5	71,3	6,3	2,5
При посеве $НСР_{05}$ = 0,754 - 2,93 %; при уборке $НСР_{05}$ = 1,43- 2,64 %. (для фракции 10-0,25)					
Примечание - коэффициент структурности рассчитан как отношение содержания агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) к суммарному содержанию фракций >10 и <0.25мм.					

В целом количество агрономически ценных агрегатов в этот период было оптимальным, более 70 %, составив в среднем при чизельной,

комбинированной и отвальной обработке соответственно 74,9-78,3 % с наибольшей величиной при чизельной основной обработке с достоверно значимой разницей.

Содержание более крупной фракции (агрегаты более 10 мм) последовательно возрастало в том же порядке, составив 16,1; 17,3 и 18,6 %, с увеличением крупноглыбистой фракции при отвальной обработке почвы. При этом наименьшее количество пылеватой фракции (5,6 %) отмечено при чизельной обработке.

Наивысший коэффициент структурности на дату посева в среднем наблюдался на варианте с чизельной основной обработкой почвы (3,6), в то время как при комбинированной обработке он снизился до 3,3, а на варианте с отвальной обработкой – до 3,0 %.

За вегетационный период в пахотном слое почвы произошли изменения. Так, количество агрономически ценных агрегатов в фазу полной спелости зерна снизилось на 3,6-5,6 абсолютных процента, при этом доля глыбистой фракции возросла на 3,4-3,9 %, а доля пылеватой фракции – на 0,6-1,6 % без достоверно значимой разницы. Коэффициент структурности снизился до 2,5-2,7, оставаясь наибольшим при чизельной обработке.

Одной из наиболее важных характеристик агрофизических свойств почвы является водоустойчивость агрегатов, которая обусловливает устойчивость структуры при водной эрозии. Результаты мокрого просеивания по изучаемым способам основной обработки показали хорошие водопрочные свойства в пахотном слое почвы (таблица 2).

При посеве ячменя процентное наибольшее содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы составило на варианте с чизельной обработкой 73,6 %, с комбинированной 71,7 %, с отвальной обработкой 69,5 %, что характеризуется как отличное и хорошее.

Таблица 2 – Количество водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы при посеве и уборке ячменя ярового при различных способах обработки почвы, %, («1» уровень питания), среднее 2020-2022 г.

Время отбора образцов	Способ обработки	Размер агрегатов			К вдпр.*
		>7	7-0,25	<0,25	
Посев	Ч	2,2	73,6	24,2	2,8
	К	1,9	71,7	26,4	2,5
	О	2,2	69,5	28,3	2,3
Уборка	Ч	3,0	66,1	30,9	2,0
	К	4,5	65,0	30,6	1,9
	О	4,0	63,7	32,2	1,8
При посеве $НСР_{05}$ = 1,86-3,42 %; при уборке $НСР_{05}$ =1,55-3,64 %; (для фракции 10-0,25)					
Примечание - коэффициент водопрочности рассчитан как отношение содержания агрономически ценных агрегатов (0, 25-7 мм) к суммарному содержанию фракций >7 и <0,25мм.					

Ссодержание фракции размером >7 мм (2,2 %) отмечено как при чизельной, так и при отвальной обработке, что превысило аналогичный показатель при комбинированной обработке на 0,3 абсолютных процента. Наименьшее количество

агрегатов пылевидной фракции (24,2 %) отмечено при чизельной основной обработке, что на 2,2-4,1 % ниже, чем при чизельной и отвальной обработке.

Более наглядно изменение коэффициента водопрочности в зависимости от способа обработки почвы представлено на графике (рисунок 1).

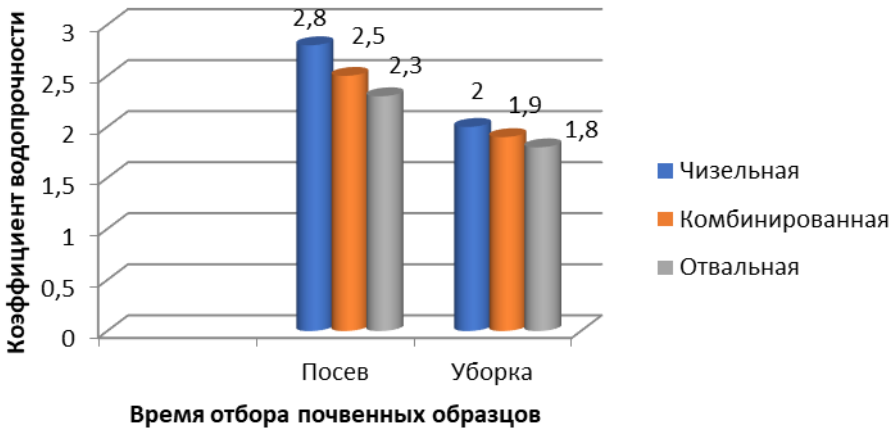


Рисунок 1 – Изменение коэффициента водопрочности чернозёма обыкновенного в посевах ячменя при различных способах обработки почвы

Выявлена достоверно значимая разница между отвальной и безотвальными обработками, подтверждённая значениями НСР по всем трём категориям агрегатов. Коэффициент водопрочности в среднем составил 2,8-2,3 с большим значением при чизельной обработке.

К фазе полной спелости зерна содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы снизилось до 66,1-63,7 %, с одновременным увеличением пылеватой фракции до 30,6-32,2 % и незначительным снижением коэффициента водопрочности до 1,8-2,0 с большими значениями при чизельной основной обработке почвы, что может быть связано с иссушением верхнего слоя почвы.

Выводы. Таким образом, в условиях 2020-2022 гг. при посеве наилучшей структурой и водоустойчивостью обладает пахотный слой почвы после чизельной основной обработки, где выявлено наибольшее количество агрономически ценных агрегатов соответственно 78,3 и 73,6 % с коэффициентом структурности 3,6 и коэффициентом водопрочности 2,8.

Выявлено, что в течение вегетации ячменя ярового количество агрономически ценных агрегатов в структуре почвы снижается до 4,8-7,2 % за счёт увеличения содержания крупных и пылеватых фракций, при этом её водоустойчивость также снижается, характеризуясь при этом как хорошая, с меньшей долей пылеватых фракций при безотвальных обработках.

Библиографический список

1. Нитченко Л.Б. Эффективность обработок почвы и удобрении под ячмень на склонах // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отделения «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск, 2011. С. 58-60.

2. Давыдова А. А. Влияние способов основной обработки почвы на развитие корневой системы и урожайность ячменя // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отделения «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск, 2011. С. 30-32.

3. Батищев И.В. Структурно-агрегатный состав черноземов обыкновенных при возделывании ячменя ярового на склоне // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. Мат. IV Всероссийской конф. молодых учёных АПК. Рассвет, 19-20 мая 2022 г. ФГБНУ ФРАНЦ: Изд-во «АзовПринт», 2022. С. 32-36. DOI: 10.34924/FRARC.2022.94.66.001
4. Бородычёв В.В., Кривко В.Н. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки и орошения // АГРО XXI. 2008. № 7. С. 37- 38.
5. Лукьянов В.А. , Нитченко Л.Б. Влияние основной обработки почвы на структуру почвы и урожайность ячменя в зернотравяном севообороте / Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия Сб. докладов XVII Междунар. науч.-практ. конф. Изд-во: Курский ФАНЦ. 2022. С. 164-168.
6. Доспехов Б.А., Васильев, И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. (учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений). М.: Колос, 1987. 384 с.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

УДК 631.8: 631.445.2

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В МОРТМАССЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ

Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Кирдун Т.М., Торчило М.М.
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск
E-mail: *elena_trokai68@mail.ru*

Резюме. *Установлено влияние приемов обработки почвы и систем удобрения на запасы элементов питания в мортмассе в слоях 0-10 см и 10-20 см дерново-подзолистых почв, изучена их динамика в течение вегетации озимой пшеницы; определены взаимосвязи между урожайностью зерна и запасами в почвах азота, фосфора и калия мортмассы.*
Summary. *The influence of tillage techniques and fertilizer systems on the stocks of nutrients in mortmass in layers of 0-10 cm and 10-20 cm of sod-podzolic soils has been established, their dynamics during the winter wheat vegetation has been studied; the relationship between grain yield and stocks of nitrogen, phosphorus and potassium mortmass in soils was determined.*

Общеизвестно, что урожай возделываемых культур в значительной степени зависит от запасов элементов минерального питания в почве. Ближайшим резервом биогенных элементов для растений является легкоразлагаемое органическое вещество, которое согласно А.А. Титляновой состоит из разнородных фракций: живой фитомассы, мертвой фитомассы – мортмассы, измельченных перемешанных остатков фитомассы, мортмассы, животных тканей – детрит, микроорганизмов и др. [1]. В научной литературе данные о содержании и запасах элементов питания в мортмассе (ММ) представлены довольно ограничено. В России исследования в этом направлении проводили И.В. Русакова, Н.Ф. Балабанова и Н.А. Воронкова [2, 3]. В Республике Беларусь этот вопрос по-прежнему остается недостаточно проработанным.

Цель исследований – установить влияние применяемых систем удобрения и приемов основной обработки дерново-подзолистых почв на динамику

запасов элементов питания в мортмассе.

Исследования выполнены в полевых опытах с озимой пшеницей на дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почвах. В опытах изучали три фактора: А – приемы основной обработки почвы (вспашка на глубину 20-22 см и дискование на глубину 10-12 см); В – системы удобрения; С – глубина отбора почвенных образцов (0-10 см и 10-20 см). Схемы опытов представлены в таблицах 1 и 2. После уборки предшественника солому измельчали, затем вносили удобрение микробиологическое «Жыцень» или компенсирующую дозу азота в виде КАС и задисковывали. Через две недели в 1-м блоке проводили вспашку, во 2-м – дискование в один след. Фосфорные и калийные удобрения внесены под основную обработку почвы, азотные – в три подкормки: в начале ранневесенней вегетации, в фазы первый узел и флаг-лист. Почвенные образцы отбирали весной в период возобновления вегетации (фаза кущения – главный побег и 2 побега кущения) озимой пшеницы (1-й отбор), в фазы выхода флаг-листа перед подкормкой азотными удобрениями посевов (2-й отбор) и созревания (3-й отбор). Мортмассу отделяли от почвы по методике, изложенной в работе [4], в образцах мортмассы общий азот определяли по ГОСТ 13496.4-93, фосфор – по ГОСТ 26657-85, калий – по ГОСТ 30504-97 с последующим расчетом их запасов.

Анализ результатов показал, что в почвах запасы элементов питания в ММ в большей степени зависели от ее количества в вариантах опыта и срока отбора почвенных проб и в меньшей мере от применяемых агроприемов. В целом наибольшие запасы азота в ММ в удобренных вариантах независимо от приемов обработки почв отмечены в фазу выхода флаг-листа (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Запасы элементов питания в мортмассе супесчаной почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, кг/га

Вариант	Глубина отбора, см	N			P_2O_5			K_2O		
		отбор								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вспашка										
Без удобрений (контроль 1)	0-10	60	68	58	26	21	27	19	13	14
	10-20	53	62	51	27	24	27	16	14	13
$N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ – фон	0-10	69	94	69	29	25	34	18	14	17
	10-20	64	93	64	29	29	31	18	16	15
ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$	0-10	92	97	78	38	27	37	25	16	19
	10-20	94	100	71	40	31	35	27	17	16
Фон + солома, 3 т/га	0-10	84	93	70	34	26	37	24	16	19
	10-20	75	97	71	33	31	38	20	17	17
Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0-10	89	113	84	37	34	36	23	21	18
	10-20	88	112	81	40	36	39	21	19	17
Фон + солома + $N_{20(КАС)}$	0-10	83	99	75	36	29	33	25	17	16
	10-20	82	102	70	36	32	35	20	18	16
	10-20	62	115	73	31	37	39	18	19	16

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дискование										
Без удобрений (контроль 2)	0-10	63	81	52	26	24	25	19	14	11
	10-20	57	88	62	26	27	31	14	16	12
$N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ – фон	0-10	68	113	69	29	37	34	18	21	14
	10-20	64	103	78	27	38	37	15	19	14
ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$	0-10	90	117	73	40	36	36	26	21	16
	10-20	64	102	74	28	35	36	16	18	13
Фон + солома, 3 т/га	0-10	84	114	68	41	35	35	26	21	18
	10-20	62	96	74	26	34	37	14	19	15
Фон + солома + Жыщень, 3 л/га	0-10	97	115	68	41	32	33	28	20	16
	10-20	65	113	70	30	38	39	17	21	16
Фон + солома + $N_{20(КАС)}$	0-10	92	113	61	42	37	30	24	22	16

По фосфору четко выраженный максимум его запасов в ММ в суглинистой почве также отмечен в эту фазу; в супесчаной – наблюдаемые тенденции зависели от применяемых агроприемов.

Таблица 2 – Запасы элементов питания в мортмассе суглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, кг/га

Вариант	Глубина отбора, см	N			P_2O_5			K_2O		
		отбор								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вспашка										
Без удобрений (контроль 1)	0-10	35	49	35	5	12	6	19	16	19
	10-20	35	47	49	6	12	9	17	16	23
$N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$ – фон	0-10	41	57	47	7	14	7	22	18	25
	10-20	38	58	58	8	14	13	19	18	26
ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+40+50}$	0-10	38	65	49	6	17	9	21	22	30
	10-20	37	71	69	8	19	12	21	22	32
Фон + солома, 2,5 т/га	0-10	39	64	43	6	15	8	23	20	22
	10-20	40	67	54	9	20	10	21	24	25
Фон + солома + Жыщень, 3 л/га	0-10	35	65	40	6	18	8	18	21	19
	10-20	38	70	54	8	20	10	18	19	25
Фон + солома + $N_{25(КАС)}$	0-10	36	62	44	6	15	9	21	20	21
	10-20	38	62	59	7	18	12	19	20	26
Дискование										
Без удобрений (контроль 1)	0-10	47	46	36	7	14	9	23	13	21
	10-20	35	39	40	7	13	8	16	12	20
$N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$ – фон	0-10	54	55	55	9	17	13	27	16	28
	10-20	32	43	45	6	14	11	17	15	23
ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+40+50}$	0-10	64	81	62	10	25	12	30	23	29
	10-20	35	50	46	7	16	11	19	16	28
Фон + солома, 2,5 т/га	0-10	54	61	49	10	18	11	28	19	24
	10-20	37	44	45	8	17	9	19	16	24
Фон + солома + Жыщень, 3 л/га	0-10	59	70	53	8	22	13	24	21	22
	10-20	35	47	44	7	17	10	21	18	23
Фон + солома + $N_{25(КАС)}$	0-10	48	68	56	8	22	15	22	23	27
	10-20	40	45	41	7	17	10	20	15	21

Наиболее высокие запасы калия в ММ в супесчаной почве по вспашке (0-20 см) и дискованию в слое 0-10 см обнаружены в начале вегетации, в слое 10-20 см – к фазе выхода флаг-листа. В суглинистой почве максимум запасов калия в нижнем слое по вспашке и дискованию установлен перед уборкой; ярко выраженного максимума этого показателя в верхнем слое по вспашке не наблюдалось, по дискованию в целом его запасы в начале и конце вегетации были практически равноценны и меньше в фазу выхода флаг-листа.

Что касается применяемых систем удобрения, то в суглинистой почве наибольшие запасы элементов питания в ММ во все сроки отбора получены в блоке с дискованием в слое 0-10 см при органоминеральной системе удобрения с внесением 40 т/га подстилочного навоза – прибавка азота в зависимости от срока отбора была на уровне 36-76 %, фосфора – 30-79 %, калия – 30-77 %. В супесчаной почве наиболее благоприятным агрохимическим фоном с точки зрения накопления азота, фосфора и калия в ММ в начале активной вегетации являлась органоминеральная система удобрения с обработкой соломы удобрением Жыцень также по дискованию в слое 0-10 см (прирост по азоту относительно контроля составил 54 %, по фосфору – 58 %, по калию – 47 %); в последующие сроки отбора – четких тенденций не выявлено.

В среднем по опытным вариантам для сезонной динамики запасов N в мортмассе в супесчаной почве при обоих способах обработки характерно увеличение к фазе выхода флаг-листа на 19-63 % и снижение к уборке урожая на 23-40 % (рисунок). В суглинистой почве в слое 0-10 см как по вспашке, так и по дискованию отмечена такая же тенденция, т.е. повышение запасов к середине вегетации (на 16-58 %) и уменьшение к ее завершению (на 19-28 %); в слое 10-20 см этот показатель также возрастал к фазе выхода флаг-листа на 25-63 % при дальнейшей относительной стабильности до уборки.

Для динамики фосфора в слое 0-10 см супесчаной почвы по вспашке отмечено уменьшение его запасов на 18 % от начала весенней вегетации к фазе выхода флаг листа с последующим ростом к созреванию на 26 %, в слое 10-20 см они оставались практически постоянными на протяжении всего срока наблюдений; по дискованию в слое 0-10 см его запасы в ММ немного снижались от начала вегетации к уборке; в слое 10-20 см, наоборот, повышались (на 22 %). В суглинистой почве при используемых способах обработки в обоих слоях в среднем по вариантам наблюдался довольно резкий прирост в запасах фосфора в мортмассе от начала весенней вегетации к фазе выхода флаг-листа (на 122-150 %) и затем снижение к уборке на 35-47 %.

По запасам калия в ММ в супесчаной почве по вспашке в обоих слоях отмечено уменьшение к середине вегетации (на 15-27 %), что сохранялось до уборки; в блоке с дискованием в слое 0-10 см – постепенное снижение к уборке в среднем на 35 %, в слое 10-20 см – некоторое повышение ко 2-у отбору (на 19 %) и уменьшение к 3-у (на 24 %). В суглинистой почве при отвальной обработке в изучаемых слоях запасы калия в ММ в среднем мало менялись от начала активной вегетации до фазы выхода флаг-листа, увеличиваясь только к фазе созревания на 15-30 %; при дисковании – его запасы снижались к середине

вегетации на 16-27 % с последующим ростом к уборке на 32-44 %.

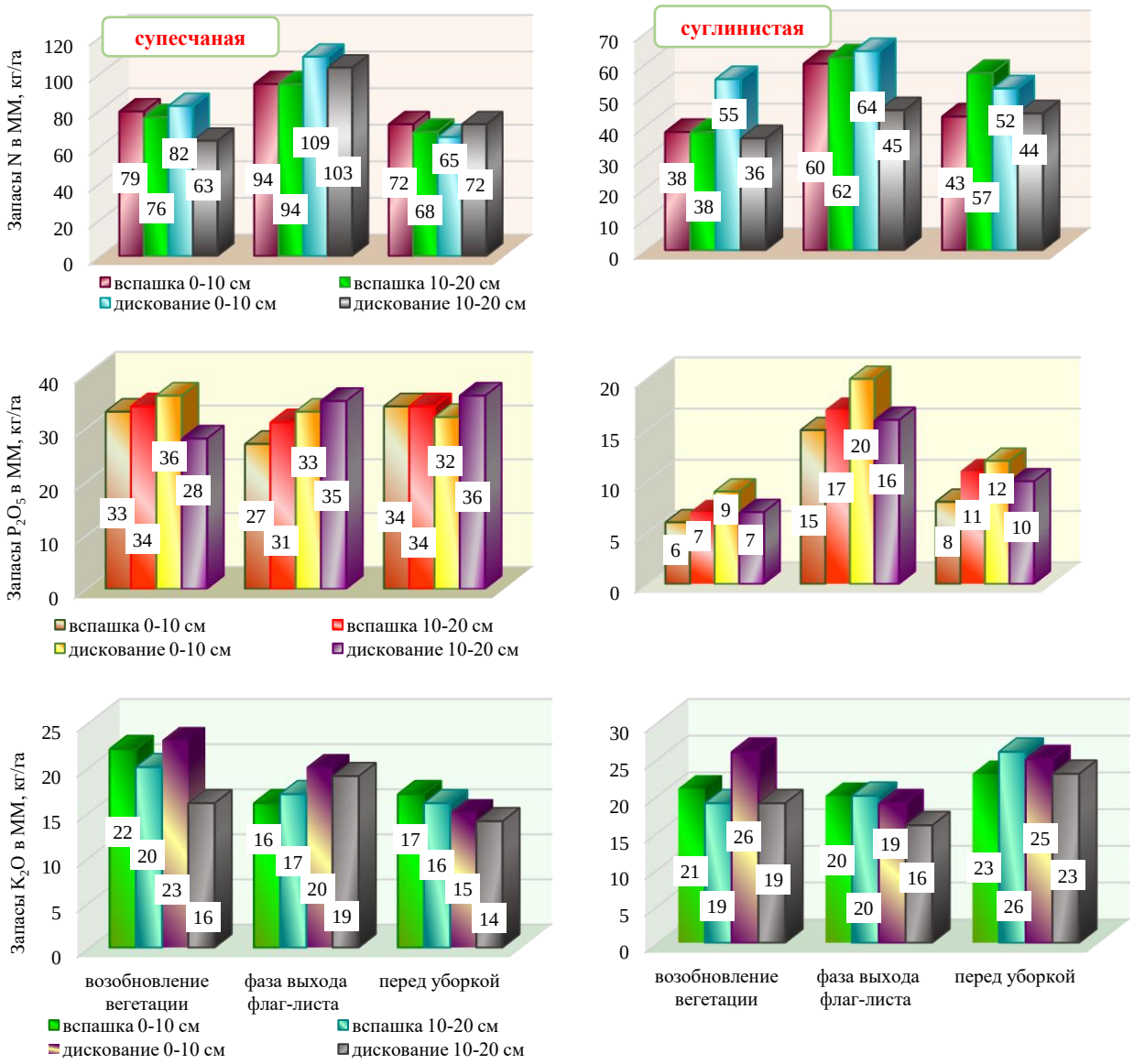


Рисунок – Запасы элементов питания в мортмассе в дерново-подзолистых почвах (в среднем по блоку), кг/га

По результатам исследований установлено, что при изучаемых способах обработки запасы в супесчаной почве азота и фосфора мортмассы значимо влияли на процесс формирования урожая зерна озимой пшеницы в течение вегетации, на что указывают коэффициенты детерминации (R^2_N = 0,75-0,97, R^2_P = 0,66-0,89). Тесная корреляция урожайности зерна с запасами калия в ММ как по дискованию, так и по вспашке отмечена к фазе выхода флаг-листа, что сохранялось до созревания (R^2_K =0,73-0,92). На суглинистой почве по вспашке наличие достоверной корреляционной зависимости урожая зерна с запасами азота, фосфора и калия в мортмассе отмечено лишь в межфазный период от кущения до выхода флаг-листа (R^2 = 0,66-0,72). По дискованию урожайность зерна достоверно коррелировала с запасами в почве азота и фосфора ММ от кущения до созревания (R^2_N = 0,80–0,81, R^2_P = 0,70-0,76). По взаимосвязи

между урожаем зерна и запасами калия в мортмассе выявлено, что корреляция статистически значима только от кущения до выхода флаг-листа (R^2_K = 0,69).

Библиографический список

1. Титлянова А.А. Легкоразлагаемое органическое вещество пахотных почв // Математические модели и информационные технологии в сельскохозяйственной биологии: итоги и перспективы: материалы Всероссийской конф. (с межд. участием), С.-Петербург, 14-15 октября 2010 г. / АФИ Россельхозакадемии, СибФТИ Россельхозакадемии. – С.-Петербург, 2010. – С. 149-153.
2. Русакова И.В. Влияние соломы и пожнивного сидерата на запасы мортмассы и содержание в ней элементов питания // Владимирский земледелец. – 2019. – № 4 (90). – С. 46-50.
3. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на содержание лабильного органического вещества в лугово-черноземной почве // Агрохимия. – 2015. – № 1. – С. 16-22.
4. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В., Шепелев А.Г. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема, выщелоченного в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 473-479.

УДК 631.879.2:631.879.3:631.879.4

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Бондарчук Е.В.[1], Гармаш Г.А.[2], Белобородов А.А.[1], Гармаш Н.Ю. [2]
[1]ООО «НПО «Квантовые технологии», г. Москва,
[2]Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» г. Одинцово
E-mail: *garmash05@mail.ru*

***Резюме**. В статье рассматривается возможность получения органического удобрения на основе осадка бытовых сточных вод (ОСВ) и отходов субстрата после выращивания грибов (СШ), пригодного для использования в сельском хозяйстве и личных подсобных хозяйствах, лесном хозяйстве и городском озеленении. Установлены оптимальные соотношения компонентов по объему: ОСВ:СШ составляет 1:3.*

***Summary**. The paper considers the possibility of obtaining an organic fertilizer based on the sediment of domestic wastewater (OSV) and waste substrate after growing mushrooms (SH), suitable for use in agriculture and personal subsidiary farming, forestry and urban landscaping. Optimal ratios of components by volume have been established: OSV:SH as 1:3.*

Введение. Начиная с 90-ых годов прошлого века применение удобрений на полях Российской Федерации резко сократилось. Баланс питательных элементов в земледелии стал складываться со значительным превышением выноса над их поступлением в почву. За 25 лет (с 1991 по 2015 г.) дефицит азота составил – 56,3 млн. т, фосфора – 12,3 млн. т, калия – 75,9 млн. т, а всего – 144,5 млн. т, или 40 кг/га в год. Это означает, что больше половины полученного в этот период урожая формировалось за счет почвенных запасов, и многими исследователями отмечено снижение содержания питательных веществ в пашне России [1]. И если за последние несколько лет наблюдается устойчивая тенденция увеличения производства и применения минеральных удобрений в земледелии России, то ситуация с внесением органических удобрений остается неудовлетворительной.

Ежегодная потребность России в органических удобрениях составляет 0,8-1,0 млрд т, однако удовлетворяется она всего лишь на 6 % [2]. Внесение органических удобрений в 2016 г. фиксировалось менее, чем на 10 % всех посевных площадей. При этом наибольшее их количество (почти на половине посевных площадей) применяется в СКФО, в остальных округах не удобряется ими и 10 % посевных площадей [3].

В настоящее время вопрос восстановления плодородия земель стоит особенно остро. Содержание гумуса в почвах снизилось в среднем на 20 %, ежегодные потери гумуса в РФ достигли в среднем 0,58 т/га [4].

Так как в качестве органических удобрений традиционно применялись различные виды отходов животноводческих ферм, а поголовье скота сократилось более чем в четыре раза, то, соответственно, сократилось и количество этого вида удобрений [3]. Изменилась структура производства, используется меньше простых удобрений (компостов, навоза). Все больше производителей ориентируются на выпуск современных комплексных видов органических удобрений: смесей торфа, вермикомпоста, вермикулита, агроперлита и пр. В связи с этим, получение органических удобрений на основе различного органогенного сырья, такого как осадки сточных вод (ОСВ) или отработанных субстратов, является, несомненно, актуальной темой для исследований.

Кроме того, получение продукции на основе осадка сточных вод и расширение областей их применения (сельское хозяйство, ландшафтное озеленение, рекультивация нарушенных земель и полигонов ТКО) позволит снизить их негативное воздействие на окружающую среду и вовлечь в хозяйственный оборот значительный объем вторичных ресурсов. Количество ОСВ постоянно растет, и вместе с этим обостряются проблемы, связанные с их рациональной, экономически выгодной и экологически безопасной утилизацией. В большинстве индустриально развитых стран одним из основных методов утилизации ОСВ является применение их в сельском хозяйстве. В России производство осадков сточных вод оценивается в 2,5 млн. тонн сухого вещества в год. В качестве удобрений в сельскохозяйственном производстве используется только около 7 % осадков [5].

Цель исследований – определить экологическую и агрохимическую пригодность ОСВ и получить на их основе опытный образец для применения в качестве органического удобрения в сельском хозяйстве, озеленительном и личном подсобном хозяйствах.

Объекты и методы исследований. Основные исходные компоненты для производства органического удобрения: осадок бытовых сточных вод очистных сооружений города Апрелевка «МУП Водоканал г. Наро-Фоминск» и отработанный субстрат после выращивания грибов шампиньонов (СШ) тепличного комплекса ООО «Иванисово» г. Электросталь. Осадок представлял собой темно-серую (до черной) вязкую пастообразную массу со специфическим запахом, обеззаражен путем его обработки препаратом «Полиаминол» в дозе 1 литр на 1 куб. метр осадка. По содержанию тяжелых металлов ОСВ соответствуют требованиям ГОСТ Р 54534-2011 [6].

Отработанный субстрат после выращивания грибов шампиньонов (СШ) представляет собой серо-коричневого цвета компост, содержащий включения полуразложившейся соломы, растительных остатков и мицелия грибов. Специфический запах субстрата выражен слабо.

Почва дерново-слабоподзолистая супесчаная (П), высушенная фракция после прохождения через сито 2 мм. Агрохимическая характеристика ОСВ, СШ и почвы представлена в таблице.

Анализы исходных компонентов и полученного удобрения (грунта) проводились по общепринятым в агрохимии и почвоведении методам. Кроме того, определяли дополнительно насыпную плотность исходных компонентов и содержание в них влаги. Для приготовления органического удобрения исходные компоненты использовали при естественном содержании в них воды.

В серии экспериментов на единицу массы (объема) ОСВ добавляли возрастающие количества СШ и тщательно перемешивали в полиэтиленовой емкости. Количество добавленной почвы при всех вариантах соотношения ОСВ и СШ было одинаковым и составляло примерно пятнадцатую часть от объема полученной смеси из двух компонентов. После перемешивания смесь выдерживалась в течение 5 дней. Оценка физического состояния полученного органического удобрения (грунта) проводилась визуально, поскольку стандартные методики для данного объекта отсутствуют. Были рассмотрены следующие соотношения: ОСВ – СШ как 1:1; 1:2; 1:3 и 1:4. Полученные смеси делили на две равные части, в одну из которых добавляли азотные удобрения (в количестве, обеспечивающем оптимальное соотношение питательных элементов) и пропускали через экструдер с диаметром сетки 5 мм. Полученные пеллеты высушивали в сушильном шкафу до влажности 60 %.

Результаты исследований. После тщательного перемешивания отдельных компонентов органического удобрения полученная смесь была оставлена на четверо суток для лучшего взаимодействия смешанных веществ. Затем, по визуальной оценке внешнего вида полученной смеси, из всех вариантов был выбран оптимальный вариант, где соотношение между объемами взятых компонентов составляло – ОСВ : СШ : П как 3 : 1 : 0,4. При таком соотношении компонентов физическое состояние полученного удобрения было пригодным для его дальнейшей транспортировки и использования.

Содержание сухого вещества при этом составляло 40 %, воды – 60 %, а влажность органического удобрения – 150 % (содержание воды в пересчете на единицу сухого вещества). Агрохимические показатели полученного удобрения представлены в таблице.

При приготовлении органического удобрения удобно пользоваться понятием насыпной или наливной плотности, которая характеризует вес одного кубического метра вещества при определенной влажности. Для субстрата после выращивания шампиньонов насыпная плотность составила 0,35-0,45 т/м^3 при влажности 60 %, для осадка сточных вод – 1,1 т/м^3 (при содержании примерно 84 % воды), для высушенной почвы – 1,1 т/м^3 (при содержании воды 2 %). Насыпная плотность смеси компонентов – органического удобрения (ОУ) –

составила 0,55-0,6 т/м^3 (при содержании воды менее 60 %).

Следует отметить, что насыпная плотность органических удобрений и других компонентов для приготовления смеси определяли в лабораторных условиях в небольших по объему сосудах (до 1 литра). Эта величина может несколько отличаться от плотности удобрений и сырья в производственных условиях. Изменение насыпной плотности удобрения, имеющего неоднородную структуру, зависит как от степени уплотнения вещества, так и от содержания в нем влаги. При высыхании насыпная плотность, как удобрений, так и отдельных компонентов смеси, (кроме почвы) будет заметно уменьшаться.

Все полученное органическое удобрение было разделено на четыре части. Одна часть в количестве 0,5 кг в естественном виде была помещена в контейнер объемом 0,9 литра, вторая часть была пропущена через экструдер и полученные пеллеты естественной влажности в количестве 0,5 кг были также помещены в контейнер объемом 0,9 литра. Третья часть удобрения была использована для проведения корректировки содержания элементов минерального питания растений (в частности, азота) при помощи добавления в смесь карбамида и дальнейшего пропуска удобрения через экструдер с последующей сушкой в сушильном шкафу до влажности 60-70 %. Четвертая часть ОУ, после корректировки содержания азота, в количестве 0,4 кг также была помещена в контейнер объемом 0,9 литра для проведения агрохимических и других анализов.

Получение пеллет с их последующей сушкой до приемлемого уровня влажности (примерно 60 %) можно рассматривать как положительный технологический элемент в технологии утилизации осадка сточных вод и субстрата шампиньонов при получении товарной продукции.

Таблица – Свойства исходных компонентов и полученного органического удобрения (грунта)

№	Наименование образца	Содержание, %		pH$_{вод}$	Содержание в сухом веществе								
		Сухого в-ва	Влаги (воды)	(1:5)	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Си
					%			мг/кг					
1	Осадок сточных вод (ОСВ)	16,4	83,6	8,7	1,91	5,3	0,7	49800	53400	2170	720	20	2270
2	Субстрат шампиньонов (СШ)	40	60,0	6,2	1,57	1,5	2,8	21800	3860	625	365	Следы	300
3	Почва (П)	98,2	1,8	7,5	0,22	0,3	0,7	9200	3000	1950	750	20	125
4	Орган.удобрение (ОУ)	42,7 58,5*	57,7 41,5*	8,4	1,00 1,25*	1,2	1,3	20600	3160	1875	600	Следы	575

Примечание. * – подсушенные пеллеты (после корректировки содержания азота).

Выводы. Осадок бытовых сточных вод (ОСВ) очистных сооружений и отработанный субстрат после выращивания грибов шампиньонов (СШ) могут служить исходными компонентами для получения органического удобрения (почвогрунта), пригодного для использования в сельском и личном подсобном

хозяйстве, лесном и озеленительном городском хозяйстве для улучшения водно-физических свойств почвы и в качестве источника питательных элементов.

Оптимальным соотношением компонентов для получения органического удобрения можно считать соотношение ОСВ:СШ как 1:3 (по объему). Требуется, также, добавка минерального компонента – почвы или грунта в объеме 0,4 от объема используемого осадка. Установленное соотношение этих компонентов ОСВ:СШ:П как 3:1:0,4 применимо только для конкретных изученных образцов сырья. Соотношение может изменяться в зависимости от их исходной влажности.

Желательно использование минеральных удобрений для приготовления смесей с целью корректировки уровня и соотношения в получаемом удобрении-грунте азота, фосфора и калия.

Предполагается, что представленные осадки сточных вод предварительно обеззаражены препаратом «Полиаминол» и соответствуют санитарным нормам и правилам по санитарным показателям и содержанию тяжелых металлов, изложенных в нормативной документации.

Для улучшения товарного вида и технологических свойств получаемых удобрений желательна их структуризация с помощью экструдера с ситом 6-8 мм и последующей сушкой до влажности 55-65 %.

Библиографический список

1. Сычев В.Г., Шафран С.А. О балансе питательных веществ в земледелии России // Плодородие. – 2017. – № 1. – С. 1-4.
2. Манжина С.А. Анализ обеспечения АПК России удобрениями //Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3(27). – С. 199–221.
3. Росстат: «Россия в цифрах» 2019 год. Электронный ресурс. Режим доступа https://www.gks.ru/bgd/regl/b18_11/IssWWW.exe/Stg/d02/17-11.doc.
4. Бондаренко А.М. Механико-технологические основы процессов производства и использования высококачественных органических удобрений: Монография. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2001. – 289 с.
5. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 314 с.
6. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. – Москва. Стандартинформ, 2012. – 8 с.

УДК 631.3

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ И СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УДОБРЕНИЙ

Брикманс[1] А.В., Нестерова[1] О.В., Бовсун[1] М.А., Сакара[2] Н.А.
[1]ФГБОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток,
[2]Приморская овощная опытная станция – филиал ФНЦ овощеводства
E-mail: *brikmans.av@dvfu.ru*

***Резюме**. В работе представлено влияние биоугля в дозах 1 и 3 кг/м^2 на содержание общего азота в агропочвах при совместном внесении минерального и органического удобрений. Выявлено, что биоуголь способен оказывать положительный эффект на накопление общего азота на поле с дренажной системой так и без нее. Вариант внесения биоугля совместно с органическим удобрением показал положительные результаты, где содержание общего*

азота было достигнуто на поле с дренажной системой и количестве биоугля 3 кг/м^2.
***Summary**. The paper presents the effect of biochar in doses of 1 and 3 kg/m^2 on the content of total nitrogen in agricultural soils with the joint application of mineral and organic fertilizers. It was revealed that biochar is able to have a positive effect on the accumulation of total nitrogen in the field with and without a drainage system. The option of applying biochar together with organic fertilizer showed positive results, where the content of total nitrogen was achieved in a field with a drainage system and a biochar amount of 3 kg/m^2.*

В настоящее время при возделывании сельскохозяйственной продукции большое внимание уделяют вопросу касательно поддержания почвенного плодородия, поскольку каждый год идет колоссальный вынос питательных элементов из почвы не только растениями, но и мелиоративными мероприятиями и пр.

Почвенное плодородие зависит от многих факторов, но в первую очередь от содержания азота в почве. Азот в почве в основной своей массе находится в виде органических соединений, которые входят в состав гумуса. Накопление азота так же, как и накопление углерода характеризует почвообразовательный процесс, обусловленный биологическим круговоротом веществ. Микроорганизмы, которые участвуют в процессе разложения органического вещества также используют значительную часть азота, тот в свою очередь в процессе этого круговорота становится основным источником азота в почве. Азот считается одним из важных элементов питания растений, поэтому его общий запас в почве считается показателем ее потенциального плодородия [1].

Также для поддержания почвенного плодородия и для хорошего качественного урожая вносят различные органические и минеральные удобрения. В свою очередь минеральные удобрения широко применяют в сельском хозяйстве, они способны пополнить запасы вынесенных элементов из почвы, но также являются носителями и тяжелых металлов, что в свою очередь может причинить вред в целом. Однако в настоящее время во всем мире идет поиск новых технологий, которые позволят получить богатый урожай не нанося вред экосистеме. К таким технологиям можно отнести биоуголь, который успешно применяют во всем мире на почвах разного качества.

В связи с этим целью исследования является охарактеризовать содержание общего азота в агропочвах при внесении биоугля, а также при совместном внесением органического и минерального удобрения на поле с дренажной системой и без нее.

В качестве объектов исследования были выбраны агропочвы (агротемногумусовые подбелы) тяжелого гранулометрического состава (суглинок тяжелый, глины легкие) [2] Приморской овощной опытной станции. В качестве мелиоранта использовали биоуголь, произведенный из древесных остатков березы *Betula alba* [3]. Дозы внесения биоугля на экспериментальных площадках составляли 0 (контроль), 1 и 3 кг на м^2 как на поле с применением дренажной системы, так и без нее. Также на поля были внесены органические и минеральные удобрения. В качестве минерального удобрения использовали комплексное удобрение диаммофос с содержанием азота – 10 %, фосфора – 25 % и калия

– 25 %, а в качестве органического удобрения использовали местное органическое удобрение, полученное из куриного помета в ООО «Уссурийская птицефабрика» – гигантин (сухое вещество составляет 90 %, азот – 4,0 %, фосфор – 3,5 % и калий – 1,7 %).

Исследования показали, что в начале вегетационного периода до внесения биоугля в мае 2018 года на поле с дренажной системой показатель общего азота составил 1,19 %, на системе без дренажа – 1,07 % (табл.).

Таблица – Содержание общего азота в агропочвах с внесением биоугля и совместном использовании удобрений, %

Объект исследования	N, %		Объект исследования	N, %	
	май	октябрь		май	октябрь
Дренаж контроль	1,19	0,84	Без дренажа контроль	1,07	1,10
Дренаж 1 кг/м² биоугля	не вносились удобрения и биоуголь	1,10	Без дренажа 1 кг/м² биоугля	не вносились удобрения и биоуголь	0,68
Дренаж 3 кг/м² биоугля		0,86	Без дренажа 3 кг/м² биоугля		1,22
Дренаж контроль органическое удобрение		1,53	Без дренажа контроль органическое удобрение		3,93
Дренаж 1 кг/м² биоугля органическое удобрение		1,96	Без дренажа 1 кг/м² биоугля органическое удобрение		2,60
Дренаж 3 кг/м² биоугля органическое удобрение		2,45	Без дренажа 3 кг/м² биоугля органическое удобрение		1,70
Дренаж контроль минеральное удобрение		2,28	Без дренажа контроль минеральное удобрение		2,13
Дренаж 1 кг/м² биоугля минеральное удобрение		1,80	Без дренажа 1 кг/м² биоугля минеральное удобрение		2,05
Дренаж 3 кг/м² биоугля минеральное удобрение		1,34	Без дренажа 3 кг/м² биоугля минеральное удобрение		1,86

После внесения биоугля, в конце вегетационного периода, в октябре 2018 года, на поле с дренажной системой наблюдается снижение содержания общего азота во всех трех вариантах по сравнению с контрольным вариантом мая 2018 года. Наибольшие изменения наблюдаются в контрольном варианте – 40 % и варианте со внесением биоугля в количестве 3 кг/м² – 36 %. В варианте внесения биоугля в количестве 1 кг/м² колебания содержания общего азота относительно контрольного варианта 2018 года оказались незначительными и составили 7 %. Значительное сокращение содержания общего азота для контрольного варианта и варианта с 3 кг/м² биоугля может быть объяснено повышенной влажностью почвы в вегетационный период май-октябрь 2018 года и вымыванием части азотосодержащих соединений с дренажными водами, а так же сорбционной способностью биоугля, что негативно сказывается на содержании общего азота в почве, что также свидетельствует о различной

способности удерживать влагу и питательные вещества при различном количестве внесения биоугля.

На поле без дренажа наблюдается незначительное увеличение содержание общего азота в контрольном варианте и варианте с внесением 3 кг биоугля на 1 м^2 по сравнению с контрольным вариантом мая 2018 года. Для варианта со внесением биоугля в количестве 1 кг/м^2. наблюдается значительное сокращение содержание общего азота на 55 %. Увеличение содержания валового азота может быть объяснено отсутствием выноса питательных систем, протекающими процессам разложения органических остатков после уборки урожая и влагоудерживающими свойствами биоугля для варианта внесения 3 кг/м^2. Снижение концентрации общего азота для варианта внесения 1 кг биоугля на 1 м^2 почвы может быть связано вынесением азота с биомассой урожая и меньшим количеством оставшихся органических остатков.

Таким образом внесение биоугля способно оказывать положительное влияние на содержание общего азота как в начале вегетационного периода, так и в конце, а также эффективен при совместном использовании минерального и органического удобрений.

Библиографический список

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 491 с.
2. Иванкова А.И., Брикманс А.В., Нестерова О.В. Изменение гранулометрического состава агроземов при внесении биочара (на примере юга Приморского края) // Инновации молодых – развитию сельского хозяйства: матер. 56 Всеросс. научной студ. конф., Уссурийск, 23-30 марта 2020 года. – Том I. – Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 199-203.
3. Попова А.Д., Семаль В.А., Брикманс А.В., Нестерова О.В., Колесникова Ю.А., Бовсун М.А. Применение биоугля как мелиоранта и его влияние на изменение физических свойств агропочв юга Приморского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6. – С. 57-63.

УДК 631.461**;** 631.873.3

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТОВ «БЕРЕС»

Волкова А.С., Петелин И.С.
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
E-mail:*agrotatnew@mail.ru*

Резюме. *В ходе исследований было выявлено, что препараты линейки Берес: Берес – АминоМакс и Берес- экстракт морских водорослей при обработке посевов кукурузы на черноземе выщелоченном в Краснодарском крае, способствуют не только повышению урожайности кукурузы на зерно, но и повышают активность целлюлозолитической части микробиоценоза в среднем на 14,7 %.*

Summary. *In the course of the research, it was revealed that the preparations of the Beres line: Beres-AminoMax and Beres-seaweed extract when processing corn crops on leached chernozem in the Krasnodar Territory, contribute not only to an increase in crop yields, but also increase the activity of the cellulolytic part of the microbiocenosis by an average of 14.7 %.*

В условиях современного мира производство продукции растениеводства невозможно без использования минеральных удобрений и препаратов, влияющих на рост и развитие растений, что в настоящее время является одним из перспективных приемов увеличения качества получаемой продукции и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе кукурузы. Ведь в формировании урожая вклад применения минеральных удобрений составляет 39%, а эффективность их применения во многом зависит от климатических и погодных условий во время вегетации.

В зависимости от количества выпавших осадков в различные годы исследований влияние минеральных удобрений на урожайность было неодинаково.

Применяемые вещества влияют так же на почвенную биоту. Основной источник подкисления почвы – это минеральные удобрения, поэтому использование веществ биологической природы, как применяемые препараты линейки «Берес», оказывают влияние не только на растения, но и благоприятно влияют на окружающую среду [1]. В опытах использовались препараты Берес – АминоМакс –природное универсальное органоминеральное удобрение на основе аминокислот растительного происхождения и микроэлементов в хелатной форме и Берес – экстракт морских водорослей универсальный - органоминеральное удобрение, производимое из натурального природного сырья - водорослей рода Ламинария, Сарагассум и Аскофиллум узловатый.

Исследования проводили в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», расположенном в центральной зоне Краснодарского края на черноземе выщелоченном с 2020 по 2022 год.

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта по влиянию комплексных препаратов биологического происхождения линейки Берес на биологическую активность почвы в посевах кукурузы на зерно в условиях Краснодарского края

№	Препарат Берес	Фаза обработок препаратом
1	Обработка водой (контроль)	обработка водой в фазу 3-4 листьев + 7-8 листьев
2	Берес – АминоМакс	обработка в фазу 3-4 листьев + 7-8 листьев кукурузы – 0,3 л/га
3	Берес – экстракт морских водорослей	обработка в фазу 3-4 листьев + 7-8 листьев кукурузы – 50 г/га

При расходе рабочей жидкости – 250 л/га.

От агрохимических и физических свойств почвы зависит деятельность её микрофлоры, а значит и скорость разложения растительных остатков. Содержание питательных веществ в почве влияет не только на растения, но и на почвенную биоту. Так, в исследованиях Смывалова В.С. применение препаратов биологического происхождения на основе кремния способствовало повышению интенсивности разрушения льняного полотна в среднем до 35-38 %, при значении на контроле 20 % [2]. Содержание доступных веществ в почве определяет активность целлюлозолитической части микробиоценоза. Для

определения биологической активности целлюлозоразрущающих микроорганизмов был заложен опыт по интенсивности разложения льняного полотна, с проверкой массы полотен, в сравнении с начальной, в первый раз через 30 суток, затем через каждые 15 суток [3].

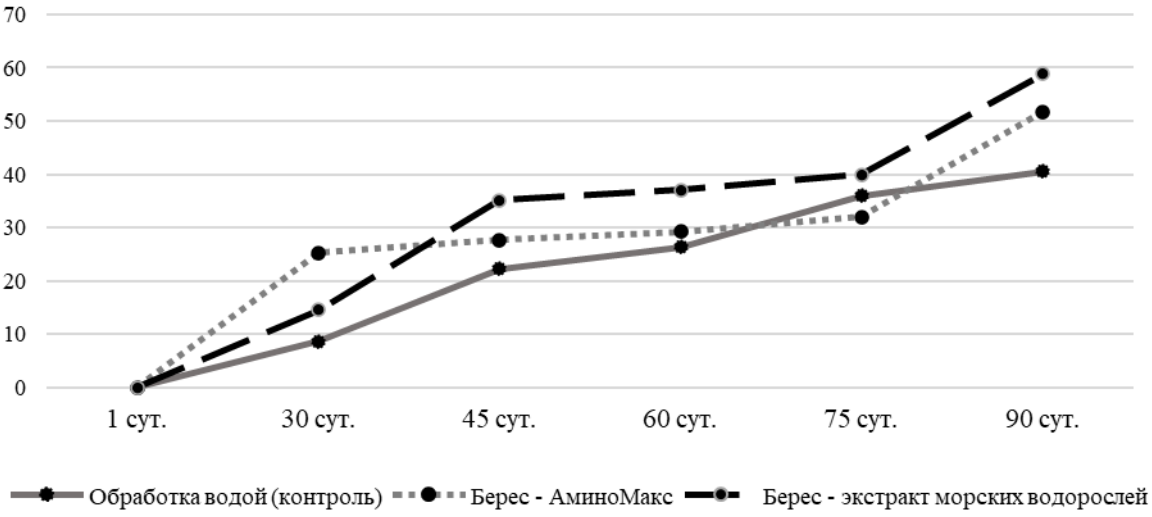


Рисунок 1 – Динамика степени разложения льняного полотна по вариантам опыта (2020-2022 гг.), %

Исследования покзали, что на 30 сутки по степени разложения льняного полотна после закладки опыта лучшим показал себя вариант с применением Берес – АминоМакс – 25,3 %, что на 16,6 % выше контроля. На 45 сутки, оба препарата линейки Берес превосходили контрольное значение в среднем на 9,1 %. В последующем препарат на основе аминокислот уступил варианту Берес– экстракт морских водорослей на завершающие 90 сутки на 7,1 %, при значении данного варианта – 58,9 %, что на 18,3 % выше контроля. Можно сказать, что данные препараты, за счет своей биологической природы не только не угнетали почвенную биоту, но и усилили её эффективность по сравнению с необработанным вариантом в среднем на 14,7 %.

Таблица 2 – Темпы суточной убыли массы льняных полотен, мг/сут. (2020-2022 гг.)

№	Препарат Берес	Темпы убыли массы
1	Обработка водой (контроль)	20,9
2	Берес – АминоМакс	25,9
3	Берес – экстракт морских водорослей	29,0

Исходя из таблицы 2 наибольшие значения по суточной потере массы отмечены на варианте Берес – экстракт морских водорослей – 29,0 мг, что превосходит значения контроля на 8,1 мг/сутки или 27,9%, а вариант с применением Берес – АминоМакс на 4,1 мг/сут. или 10,7%, подтверждая, что применение препаратов Берес способствует активации деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, в сравнении с контрольным вариантом.

Можно сделать вывод, что используемые препараты линейки Берес повлияли не только на урожайность культуры, но и на деятельность почвенной микрофлоры, способствуя разложения растительных остатков.

Библиографический список

1. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны зауралья / Е.А. Дёмин, Н.В. Фисунов // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 4. – С. 33-35.
2. Смывалов, В.С. Влияние кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения на биологическую активность чернозема выщелоченного / В.С. Смывалов, Д.А. Захарова, А.Е. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 19-25
3. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии/Е.З.Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Колос, 1979. – 216 с.

УДК 633.11:631.8

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ВЫНОС КАЛЬЦИЯ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ РЖИ

Волкова Е.С.
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
Россия, 170041, г. Тверь
E-mail: *e.volkova.psk@fnclk.ru*

Резюме. *Представлены данные о влиянии минеральных удобрений с разными дозами азота, листовых подкормок на основе биологически активных веществ (фитогормонов, аминокислот, гуминовых кислот с корректирующими дозами макро- и микроэлементов) на урожайность зерна, выход соломы, содержание кальция в растительных и почвенных образцах и вынос элемента урожаем.*

Summary. *The data about the effect of mineral fertilizers with different doses of nitrogen, leaf fertilizing is based on biologically active substances (phytohormones, amino acids, humic acids with corrective doses of macro- and microelements) on the yield of grain, yield of straw, the content of the calcium in the samples of plant and soil and the removal of the element by harvest are presented.*

Содержание в почвенном поглощающем комплексе обменного кальция – один из параметров, характеризующих плодородие почвы. Недостаток элемента обуславливает избыточную кислую среду, оказывающую отрицательное влияние на рост и развитие растений: подавляется деятельность полезной микрофлоры, развиваются патогены – возбудители фузариоза, корневых гнилей и др.; избыток ионов водорода нарушает поступление питательных веществ в растение; алюминий образует растворимые соединения, оказывающие токсичное действие на растения. Массовая гибель озимых зерновых культур при перезимовке во многих районах Нечерноземной зоны РФ связана с повышенным содержанием подвижного алюминия [1].

Систематическое внесение средств химизации в годы интенсивного развития сельского хозяйства (известкование, фосфоритование, внесение органических и минеральных удобрений) способствовало повышению плодородия

почв. В Псковской области, в результате комплексного агрохимического окультуривания сельскохозяйственных земель значительно снизились площади, занимаемые кислыми почвами, увеличились площади под окультуренными угодьями. В настоящее время в пределах административных подразделений и сельскохозяйственных предприятий имеются угодья с различной степенью окультуренности, что требует дифференцированного подхода при разработке систем применения удобрений. В связи с вышесказанным в ФНЦ ЛК в 2018-2023 гг. проводились исследования влияния минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна озимой ржи, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве различной степени окультуренности. Результаты исследований представлены в публикациях автора. Цель исследований - разработка ресурсосберегающей агротехнологии возделывания инновационной озимой ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов (ВАК) сорта «Новая Эра». Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить влияние степени окультуренности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и вносимых удобрений на урожайность зерна, установить вынос элементов питания растениями инновационной озимой ржи «Новая Эра». В данной работе представлены материалы по урожайности зерна, выходу соломы, содержанию кальция в растительных и почвенных образцах и выносу элемента урожаем.

В литературе имеются данные о статьях расхода обменных оснований из почвы, одной из которых является вынос с урожаями сельскохозяйственных культур [3, 4, 5]. Литературные данные подтверждают результаты наших исследований о выносе кальция растениями озимой ржи.

Агрохимическая характеристика высоко окультуренной почвы (ВО): pH_{KCl} 6,10; гидролитическая кислотность 1,8 м-экв/100 г; обменный Ca – 19,0 м-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 88,6%; P_2O_5 – >300 мг/кг почвы; K_2O – 179,4 мг/кг почвы (по Кирсанову); нитратонакопление – 47,4 мг/кг. Агрохимическая характеристика средне окультуренной почвы (СО): pH_{KCl} 5,20; гидролитическая кислотность 3,5 м-экв/100 г; обменный Ca – 8,1 м-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 58,8%; P_2O_5 – 243,1 мг/кг почвы; K_2O 190,1 мг/кг почвы; нитратонакопление – 29,1 мг/кг.

Схема опыта представлена в таблицах 1-3. Учетная площадь делянки – 30 $м^2$, повторность 4-х кратная. Объекты исследования: озимая рожь сорта «Новая Эра», ВО почва, СО почва, удобрения. Агротехнические приемы и сроки проведения исследований - общепринятые для зоны возделывания озимой ржи. Минеральные удобрения внесены под предпосевную культивацию в виде азофоски, суперфосфата и калия хлористого в качестве основного удобрения. Подкормки аммиачной селитрой и листовые подкормки биопрепаратами проведены в соответствии со схемой опыта. Бисолбифит внесен в почву перед посевом с минеральными удобрениями из расчета 4 кг порошка Бисолбифита на 1 т удобрений в качестве модификатора.

Аналитические работы выполнены в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП Псковский НИИСХ в соответствии с ГОСТ 26483-85,

ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26570-95, ГОСТ Р 54650-2011, ГОСТ 26212-2021, ГОСТ 27821-2020. Математическую обработку полученных данных проводили дисперсионным методом по Б.А. Доспехову.

В ходе исследований установлено, что действие минеральных удобрений и препаратов на основе биологически активных веществ находилось в прямой зависимости от степени окультуренности почвы (табл. 1). На контроле ВО почвы получено на 1,01 т/га зерна озимой ржи больше, чем на СО участке. Внесённые минеральные удобрения обеспечили существенные прибавки зерна, которые составили 0,75/0,62 т/га или 25,4%/31,6%к контролю (ВО/СО соответственно) при внесении 20 кг д.в. азота на гектар с осени на фоне основного фосфорно-калийного удобрения. Дальнейшее повышение доз азота сопровождалось и повышением урожайности зерна. При внесении 40 кг д.в. азота/га с осени дополнительно получено 1,05/0,81 т/га или 35,6 %/27,5 % соответственно. Дробное внесение 40 кг азота (20 кг д.в. азота/га с осени и 20 кг /га в ранневесеннюю подкормку) способствовало получению дополнительно 1,17 /1,15 т/га или 39,7 %/38,8 %. В результате весенней подкормки азотом в дозе 40 кг /га урожай зерна возрастал на 1,7 т/га на ВО почве и на 1,36 т/га на СО почве или на 57,6% / 69,4 % соответственно. На ВО почве проведение второй азотной подкормки в фазу выхода в трубку приводило к снижению урожайности зерна, в то время как на СО почве было получено дополнительно к контролю 1,84 т/га или 93,8 % зерна.

Таблица 1 – Влияние удобрений и плодородия почвы на урожайность зерна и выход соломы озимой ржи

Варианты опыта	Урожайность зерна, т/га		Выход соломы, т/га	
	ВО	СО	ВО	СО
Без удобрений	2,95	1,96	4,3	3,2
$N_{20}P_{40}K_{70}$	3,70	2,58	6,5	4,1
$N_{40}P_{40}K_{70}$	4,00	2,77	7,1	4,0
$N_{20}P_{40}K_{70}$+ N_{20} - фон	4,12	3,11	7,2	5,5
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40}	4,65	3,32	8,3	5,4
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40} + N_{20}	4,32	3,80	7,3	6,3
фон +Агрофлорин +Ауксинолен	4,27	3,12	7,8	5,0
фон + Кодамин В-Мо	4,01	3,17	8,5	5,5
фон + К - Гумат - Na	4,37	3,16	7,6	5,1
фон + Бисолбифит	4,08	3,17	7,8	5,0
$НСР_{05}$	0,4	0,5	0,8	0,6
Доверительный интервал	4,05+/-0,37	3,02+/-0,4		

Статистически урожайность на СО почве при внесении минеральных удобрений с 80 кг азота была равна урожайности, полученной на ВО почве при внесении 40 кг азота. Можно заключить, что на ВО почве затраты азотных удобрений были в два раза меньше, чем на СО почве.

Влияние комплексных удобрений на основе биологически активных веществ изучалось на фоне полного минерального удобрения - $N_{20}P_{40}K_{70}$+ N_{20}. На ВО почве отмечено положительное совместное действие препаратов на основе фитогормонов (Ауксинолена и Агрофлорина), а также гуминового удобрения

К-Гумат-Na, где прибавка зерна к фоновой урожайности была равна 0,15 и 0,25 т/га или 3,6 и 6,1 % соответственно. На СО почве агрономическая эффективность биопрепаратов находилась в пределах 0,3-1,9% дополнительно к урожаю минерального фона.

Результаты определения кальция в образцах зерна и соломы озимой ржи представлены в таблице 2. В зерне, полученном в условиях ВО почвы, содержание кальция находилось в пределах 0,043-0,097 % АСВ. В сравнении с контролем наблюдалась тенденция повышения показателя на всех вариантах, за исключением внесения 40 кг азота с осени и листовых подкормок фитогормонами. В условиях СО почвы тенденция повышения содержания исследуемого элемента, лежащего в границах 0,043-0,076 %, отмечена под влиянием всех используемых приемов. Относительно фона содержание кальция в зерне было повышенным только под влиянием МБП Бисолбифит на ВО почве.

Таблица 2 – Содержание кальция в зерне и соломе озимой ржи в зависимости от изучаемых факторов, % абсолютно сухого вещества (АСВ)

Варианты опыта	В зерне		В соломе	
	ВО	СО	ВО	СО
Без удобрений	0,055	0,043	0,199	0,157
$N_{20}P_{40}K_{70}$	0,097	0,054	0,230	0,199
$N_{40}P_{40}K_{70}$	0,043	0,065	0,231	0,178
$N_{20}P_{40}K_{70}$+ N_{20} - фон	0,065	0,076	0,234	0,189
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40}	0,065	0,055	0,249	0,211
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40} + N_{20}	0,075	0,064	0,218	0,219
фон +Агрофлорин +Ауксинолен	0,043	0,065	0,209	0,189
фон + Кодамин В-Мо	0,065	0,064	0,221	0,188
фон + К - Гумат - Na	0,065	0,076	0,231	0,178
фон + Бисолбифит	0,074	0,065	0,203	0,188

В образцах соломы содержание кальция было существенно выше, чем в зерне. Оно составляло, в зависимости от применяемых удобрений, от 0,199 % на контроле до 0,249 % АСВ при внесении минеральных удобрений с 60 кг азота на гектар на ВО почве, от 0,157% на контроле до 0,219 % при внесении минеральных удобрений с 80 кг азота на СО почве. Следует отметить, что в образцах соломы, обработанных биопрепаратами на ВО почве, содержание кальция было существенно ниже, чем в образцах фонового варианта. На СО почве такой эффект получен только от обработок гуминовым препаратом.

Количество кальция, потребляемое растением, зависит от величины урожайности и от содержания элемента в зерне и соломе, о чем свидетельствуют данные таблицы 3. В соломе озимой ржи содержание кальция составляло 5,1-13,7 кг/га на СО почве и 8,7-20,6 кг/га на ВО почве. В зерна этот показатель соответствовал 0,84-2,43 кг/га и 1,62-3,58 кг/га. На СО почве величина выноса кальция как зерном, так и соломой была существенно ниже, чем на ВО почве.

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на вынос кальция зерном и соломой озимой ржи, кг/га

Варианты опыта	Зерно		Солома	
	ВО	СО	ВО	СО
Без удобрений	1,62	0,84	8,7	5,1
$N_{20}P_{40}K_{70}$	3,58	1,39	14,9	8,2
$N_{40}P_{40}K_{70}$	1,72	1,79	16,3	7,1
$N_{20}P_{40}K_{70}$+ N_{20} - фон	2,68	2,37	16,8	10,4
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40}	3,03	1,81	20,6	11,5
$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40} + N_{20}	3,24	2,43	16,0	13,7
фон +Агрофлорин +Ауксинолен	1,84	2,03	16,4	9,4
фон + Кодамин В-Мо	2,59	2,04	18,8	10,3
фон + К - Гумат - Na	2,82	2,41	17,6	9,0
фон + Бисолбифит	3,04	2,06	15,8	9,3

На рисунке 1 представлен общий вынос кальция растениями озимой ржи. Наибольшее количество кальция было поглощено из ВО почвы при внесении минеральных удобрений с 60 кг/га азота, которое составило 23,7 кг/га, что было выше, чем на контроле, на 13,7 кг/га. Листовые подкормки биопрепаратами Кодамин В-Мо и К-Гумат-Na способствовали повышению выноса исследуемого элемента на 1,9 кг/га и на 0,9 кг/га соответственно.

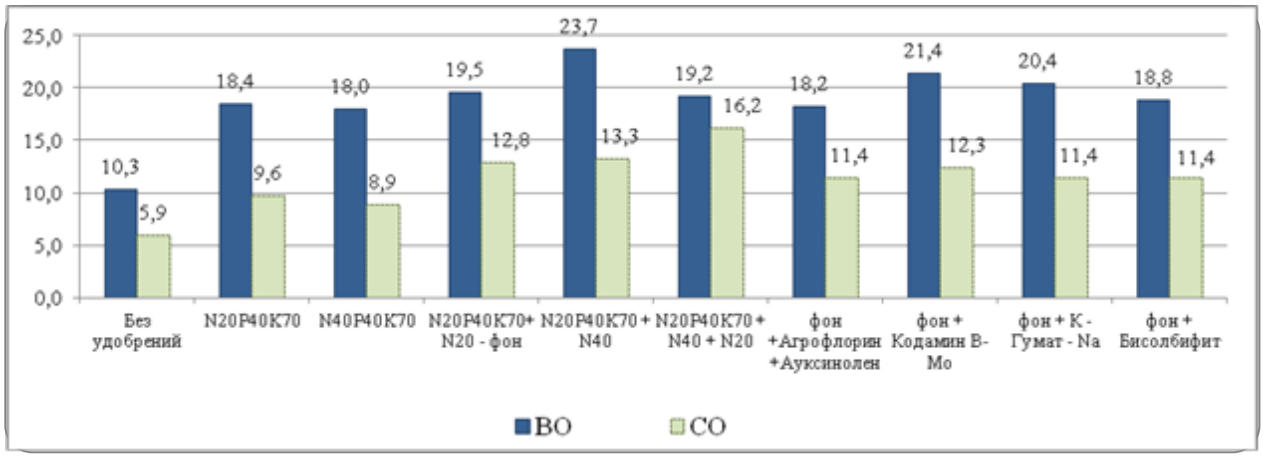


Рисунок 1 – Влияние плодородия почвы и удобрений на общий вынос кальция растениями озимой ржи, кг/га

Значительно меньше кальция было вынесено растениями озимой ржи из СО почвы. На контроле вынос составил всего 5,9 кг/га. Наибольшее количество было использовано растениями при внесении минеральных удобрений с 80 кг азота на гектар, которое было равно 16,2 кг/га. Применение биопрепаратов приводило к снижению выноса кальция озимой рожью.

На рисунке 2 представлены затраты кальция для получения 1 т зерна озимой ржи с учетом соломы. Без внесения удобрений для получения 1 т зерна с учетом соломы на ВО почве необходимо 3,49 кг/га обменного кальция. На СО этот показатель меньше на 0,46 кг/га. Внесение минеральных удобрений существенно повышает затраты элемента для производства 1 т зерна. На ВО почве максимальное количество обменного кальция составляло 5,33 кг/т при совместном применении минеральных удобрений с дробным внесением 40 кг

азота и листовыми подкормками биопрепаратом Кодамин В-Мо. На СО почве максимальное количество обменного кальция в количестве 4,25 кг/т зерна потребовалось при внесении полного минерального удобрения с максимальной дозой азота, равной 80 кг/га.

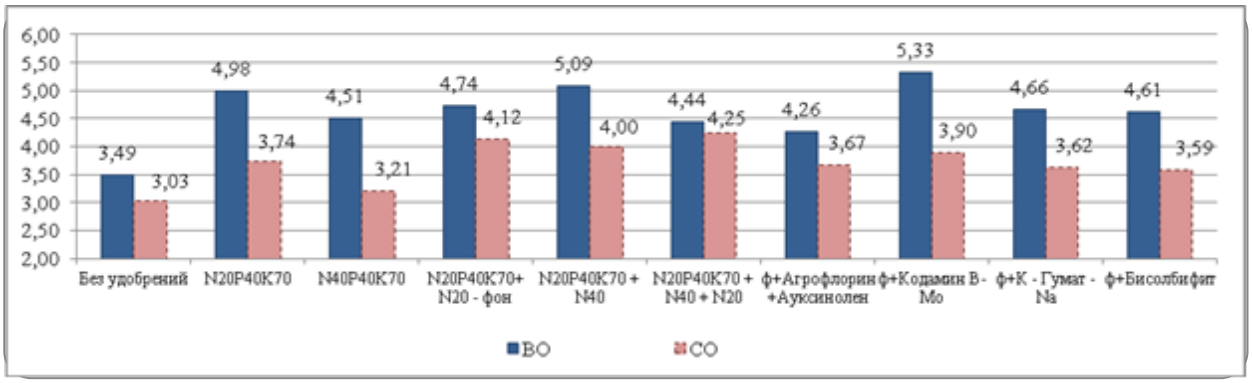


Рисунок 2 – Влияние исследуемых факторов на вынос кальция 1 т зерна с учетом соломы озимой ржи, кг/т

В результате исследований можно сделать следующие выводы. Высоко окультуренная дерново-подзолистая легкосуглинистая почва обладает большим потенциалом продуктивности, чем средне окультуренная. Максимальная урожайность зерна озимой ржи на высоко окультуренной почве, равная 4,65 т/га, получена при внесении минеральных удобрений с дробным внесением 60 кг/га азота. На средне окультуренной почве максимальная урожайность зерна составила 3,8 т/га при внесении минеральных удобрений с дробным внесением 80 кг/га азота.

Содержание кальция в зерне озимой ржи значительно меньше, чем в соломе. На содержание кальция в зерне и соломе существенное влияние оказывало плодородие почвы и, в меньшей степени - применяемые удобрения.

Влияние плодородия на общий вынос кальция растениями озимой ржи заключалось в повышении показателя в варианте без удобрений с 5,9 кг/га из СО почвы до 10,3 кг/га из ВО почвы. Общий вынос исследуемого элемента под влиянием минеральных удобрений достигал 23,7 кг/га на высоко окультуренной почве, и 16,2 кг/га – на средне окультуренной почве.

Измельчение соломы озимой ржи при уборке, и дальнейшее ее запахивание обеспечит возврат в почву значительного количества кальция, использованного растениями из почвы.

Библиографический список

1. Минеев В.Г. Агрохимия. Из-во МГУ. 1990. 485 с.
2. Нуриев С.Ш., Шакиров В.З., Лукманов А.А. Кислотность почв и баланс кальция и магния в земледелии республики Татарстан // Агрохимический вестник. 2006. С. 3-4.
3. Небольсина З. П., Николаев И.Н., Лобзева Г. А., Бойцова Е.А. К балансу кальция и магния в почве за 58-летний период проведения опыта // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями / мат-лы Всероссийского совещания науч. учр-й – участников Географической сети опытов с удоьбрениями. М.: ВНИИ Д. Н. Прянишникова. 2016. С. 181-184.
4. Богдевич И.М., Ломонос О.Л., Таврыкина О. М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси в результате известкования // Почвоведение и агрохимия. № 1 (52). 2014. С. 159-171.

УДК 631.4: 631.461; 631.432.5

МИНИМАЛИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Гармашов В.М., Гармашова Л.В.
«Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Каменная Степь
E-mail: *niish1c@mail.ru*

Резюме. *Применение системы поверхностной обработки почвы в севообороте в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР приводит к повышению зависимости микробиологической активности агрочернозема от гидротермических условий вегетационного периода. Тогда как переход на нулевую обработку почвы в севообороте, за счет создания мульчирующего слоя на поверхности почвы снижает зависимость активности микробиологических процессов от гидротермических и климатических условий до уровня зависимости микробиологических процессов от гидротермических условий в условиях естественной экосистемы – залежи, но при этом происходит снижение биологической активности почвы.*
Summary. *The use of a surface tillage system in crop rotation in the soil and climatic conditions of the south-east of the CDR leads to an increase in the dependence of the microbiological activity of agrochernozem on the hydrothermal conditions of the growing season. Whereas the transition to zero tillage in crop rotation, due to the creation of a mulching layer on the soil surface, reduces the dependence of the activity of microbiological processes on hydrothermal and climatic conditions to the level of dependence of microbiological processes on hydrothermal conditions in a natural ecosystem – deposits, but at the same time, there is a decrease in the biological activity of the soil.*

Введение. Ресурсосберегающее земледелие – общемировая тенденция, обусловленная постоянным ростом цен на энергоносители. Так как обработка почвы является одним из самых энергозатратных приемов в агротехнологиях выращивания сельскохозяйственных культур [1-3], в условиях меняющегося климата в современном земледелии большое значение имеет научно-обоснованная минимализация в обработке почвы, направленная на повышение устойчивости производства сельскохозяйственной продукции.

Как считают многие исследователи главная цель внедрения энергосберегающих технологий не рекордно высокие урожаи, а сохранение и воспроизводство плодородия почв и стабильные, экономически выгодные урожаи при низкой себестоимости продукции [4]. Но вопрос эффективности приемов минимализации обработки почвы в научной литературе является дискуссионным и мало изученным [5-7].

Микробный пул почвы активно участвует в формировании почвенного плодородия и является одним из самых чувствительных показателей, чутко реагирующим на изменения, происходящие в агросфере и окружающей среде [8-10]. Поэтому целью исследований было изучить направленность и стабильность течения микробиологических процессов в черноземе обыкновенном при минимализации обработки почвы и прямом посеве в динамических условиях окружающей среды.

Условия материалы и методы. Исследования проводились в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в стационарном опыте по разработке наиболее эффективных приемов и систем обработки почвы в

зернопропашном севообороте. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими показателями пахотного слоя.

Мониторинговые наблюдения за микробиологической активностью почвы были проведены в течение девяти лет с 2014 по 2022 год, с нарастающим сроком использования способов обработки почвы в севообороте, на первом поле стационарного опыта, при традиционной обработке почвы – вспашке на глубину 20-22 см (контроль), поверхностной на глубину 6-8 см, прямом посеве и в почве естественной экосистемы – залежь косимая.

Для микробиологических исследований ежегодно два раза за вегетационный период отбирали репрезентативные смешанные почвенные образцы с каждого изучаемого объекта из слоя почвы 0-20 см. Учет микроорганизмов проводили в свежих образцах методом посева на агаризованные элективные питательные среды различного состава по методике Е.З. Теппер [11]. Обработку экспериментальных данных осуществляли дисперсионным и регрессионным методами математического анализа (Доспехов, 1985) [12] с использованием программного обеспечения ПК Microsoft Office Excel 2010.

Агрометеорологические условия в годы исследований были различными с ГТК май-август 0,31-1,09 и в полной мере отражали климатическую норму юго-востока ЦЧР.

Результаты исследований и обсуждение. Анализ результатов исследований свидетельствует, что на фоне широкоамплитудных колебаний интенсивности развития микробного сообщества почвы по годам, связанных с изменением погодных условий лет проведения опытов и сменой типов агроценозов, в многолетнем ряду наблюдений так же прослеживается влияние обработок на микробиологическую активность чернозема обыкновенного в различных гидротермических условиях лет проведения исследований (рис. 1).

Рисунок 1 – Динамика общей численности микроорганизмов при минимализации обработки почвы и прямом посеве

Понимая, что стабильность работы «почвенного микробного комплекса» говорит об устойчивости продукционных процессов в системе «почва – растение» и, в целом, в земледелии [9-11], для нас важно было выявить зависимость микробиологической активности почвы от складывающихся гидротермических условий в период вегетации.

Статистический анализ результатов исследований выявил, что между интенсивностью микробиологических процессов в почве и гидротермическими условиями вегетационного периода (климатическими), выражаемыми через гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), периода вегетации культуры, связь прямая и наиболее тесная в условиях обрабатываемой почвы при поверхностной обработке почвы в севообороте на глубину 6-8 см и классической обработке – вспашке на глубину 20-22 см. Коэффициент корреляции составляет r = 0,47 и 0,43. При нулевой обработке почвы связь намного слабее коэффициент корреляции составляет 0,30, приближаясь к условиям залежи, где коэффициент корреляции равен r = 0,31.

Наиболее тесная корреляционная связь между общей численностью микроорганизмов и гидротермическими условиями вегетационного периода (ГТК) была при поверхностной обработке почвы r = 0,47, что вполне логично, так как при этой обработке наиболее плодородный горизонт с высокой плотностью микроорганизмов формируется в поверхностном слое 0-8 см, наиболее подверженном воздействию климатических и погодных факторов. Здесь же концентрируется и значительная часть корневых систем выращиваемых растений. Сочетание таких условий способствует снижению стабильности микробиологической активности и процессов формирования плодородия почвы, так как сосредоточенный на поверхности почвы плодородный слой в большей степени подвержен воздействию погодных условий и в условиях резкого изменения увлажнения почвы, от влажной к сухой не сможет обеспечить стабильность «работы» почвенного микробиома.

Менее значимое влияние на развитие микробного пула почвы погодные условия оказывают при формировании гомогенного 0-22 сантиметрового обрабатываемого слоя на глубину 20-22 см – при вспашке на 20-22 см r = 0,43. При нулевой обработке почвы, так же, как и в почве залежи, влияние погодных условий на микробиологическую активность почвы намного слабее r = 0,30, в условиях залежи – r = 0,31, чему способствует сформировавшийся мульчирующий слой на поверхности почвы. Хотя, отказ от обработки почвы снижает микробный компонент в черноземе обыкновенном на 6,3%, по отношению с классической почвообработкой.

Заключение. Таким образом, применение системы поверхностной обработки почвы в севообороте в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР приводит к повышению зависимости микробиологической активности почвы от гидротермических условий вегетационного периода. Тогда как переход на нулевую обработку почвы в севообороте за счет создания мульчирующего слоя на поверхности почвы снижает зависимость активности микробиологических процессов от гидротермических и климатических условий до r =

0,30, практически до уровня зависимости микробиологических процессов от гидротермических условий в условиях естественной экосистемы – залежи – r = 0,31, но при этом происходит снижение биологической активности почвы.

Библиографический список

1. Мареев В.Ф., Манюкова И.Г. Ресурсосберегающие способы основной обработки почвы // Агрохимический вестник. – 2007. – №4. – С. 4-6.
2. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации / В.И. Усенко, С.В. Усенко, В.П. Олешко, А.А. Гаркуша // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 30-33.
3. Гармашов В.М. Научные основы обработки черноземных почв юго-востока ЦЧР (130-летию «Особой экспедиции …» В.В. Докучаева): Монография. – Воронеж: «Истоки», 2022. – 470 с.
4. Фискевич Т.В. Проблемные аспекты применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: сб. Междунар. научно-практ. конф. – 2016. – С. 112-114.
5. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13-16.
6. Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при минимализации обработки и прямом посеве // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 2 (104). – Часть 1. – С. 145-148.
7. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения / И.А. Вольтерс, О.И. Власова, Л.В. Трубачева и др. // Агрофизика. – 2018. – № 4. – С. 24-30.
8. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник – 3-е изд. испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
9. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: изд-во Моск. университета, 2008. – 528 с.
10. Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при освоении технологии No-till // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №12 (102) Ч. 1. – С. 131-136.
11. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов. – М. Дрофа, 2004. – 256 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.4: 631.43: 631.435

ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П.
«Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Каменная Степь
E-mail: *niish1c@mail.ru*

***Резюме**. В статье приведен анализ результатов исследований изменения плотности сложения чернозема обыкновенного при различных приемах минимализации обработки почвы в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода. Гидротермические условия вегетационного периода в меньшей мере сказываются на плотности сложения корнеобитаемого слоя чернозема обыкновенного при вспашке на глубину 20-22 см и нулевой обработке почвы r= – 0,16 и r= – 0,12, V= 3,9 % и V= 5,3 %. При поверхностной обработке*

плотность сложения корнеобитаемого слоя в большей степени зависит от гидротермических условий, здесь зависимость между этими показателями более тесная r= – 0,51 и, соответственно, наиболее высокий коэффициент вариации плотности сложения по годам V=7,5 %. Коэффициент корреляции между этими показателями на залежи составляет r= – 0,35, а коэффициент вариации аналогичен, как и при нулевой обработке почвы V= 5,1 %.
***Summary**. The article presents an analysis of the results of studies of changes in the density of the addition of ordinary chernozem with various methods of minimizing tillage, depending on the hydrotemic conditions of the growing season. Hydrothermal conditions of the growing season to a lesser extent affect the density of the addition of the root–inhabited layer of ordinary chernozem when plowing to a depth of 20-22 cm and zero tillage r = – 0.16 and r = - 0.12, V = 3.9 % and V = 5.3 %. During surface treatment, the density of the addition of the root layer depends more on hydrothermal conditions, here the relationship between these indicators is closer r = – 0.51 and, accordingly, the highest coefficient of variation of the density of addition over the years V = 7.5 %. The correlation coefficient between these indicators for deposits is r = – 0.35, and the coefficient of variation is similar as with zero tillage V = 5.1 %.*

Известно, что проблема изменения климата и его влияние на окружающую среду и сельское хозяйство входит в одну из главных проблем XXI века, поэтому при разработке агротехнических приемов особое внимание должно уделяться приемам, обеспечивающим устойчивое плодородие почв и производство сельскохозяйственной продукции с учетом возрастания частоты стрессовых погодных условий [1].

В последние годы в связи с постоянным ростом цен на энергоносители и глобальными и региональными изменениями климата минимализация в обработке почвы становиться выраженным трендом в современном земледелии России [1-6]. Однако, наряду с тем, что многие вопросы по минимализации обработки почвы являются остро дискуссионными и мало изученными [7-9], при этом мало внимания уделяется проблеме повышения устойчивости производства растениеводческой продукции при таких обработках.

Агрофизические свойства почв и физические процессы, протекающие в них, относятся к важнейшим факторам формирования почвенного плодородия. В связи с этим, целью наших исследований было изучить направленность и стабильность течения почвенных процессов в черноземе обыкновенном при минимализации обработки почвы и прямом посеве.

Условия материалы и методы. Исследования проводились в юго-восточной части ЦЧР в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в стационарном опыте по поиску наиболее рациональных приемов и систем обработки почвы. Почва исследовательского полигона – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый с благоприятными физико-химическими характеристиками.

Приемы обработки почвы изучаются в зернопропашном севообороте: горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень.

Мониторинговые исследования изменения плотности сложения чернозема обыкновенного при внедрении приемов минимализации обработки почвы были проведены в течение восьми лет с 2014 по 2021 год с нарастающим

сроком использования приемов минимализации обработки почвы на первом поле стационарного опыта при рекомендованной для зоны обработке почвы – ежегодной вспашке на глубину 20-22 см (контроль), ежегодной минимальной на глубину 6-8 см, нулевой обработке и в почве естественной экосистемы – залежь косимая (абсолютный контроль).

В статье приведен анализ результатов исследований изменения плотности сложения чернозема обыкновенного в слое 0-20 см. Определение плотности сложения методом режущего кольца производилось ежегодно три раза за вегетационный период (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1986).

Статистическую обработку результатов исследований проводили дисперсионным методом математического анализа (Доспехов, 1985) с использованием программного обеспечения ПК Microsoft Office Excel 2010.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований были различными с ГТК май-август 0,31-1,09 и отражали всевозможный спектр складывающихся погодных условий в зоне, а в общем, были близкими к климатической норме для юго-востока ЦЧР.

Результаты исследований и обсуждение. В современных условиях меняющегося климата, нарастания частоты и интенсивности стрессовых климатических ситуаций важно разрабатывать агротехнические приемы, направленные на рациональное использование почвенно-климатического потенциала и повышение устойчивости производительной способности пахотных земель и агроценозов.

Результаты мониторинговых исследований плотности сложения чернозема обыкновенного в период вегетации полевых культур свидетельствуют, что при всех изучаемых приемах обработки почвы плотность сложения 0-20 см слоя чернозема обыкновенного имела различную динамику уплотнения (рис. 1), но при этом приемы минимализации обработки почвы, в том числе и нулевая обработка не приводили к увеличению плотности сложения выше диапазона оптимальных значений (1,0-1,2 г/см^3 [10-12] для произрастания сельскохозяйственных культур и после четырех лет применения технологии No-till плотность сложения чернозема обыкновенного в условиях юго-востока ЦЧР находилась в пределах 1,1-1,2 г/см^3, тогда как в этот период по вспашке плотность сложения чернозема находилась в диапазоне 0,99-1,05 г/см^3, в почве залежи – 0,92-1,01 г/см^3 (рис. 1).

Изучение и статистический анализ результатов исследований динамики изменения плотности сложения чернозема обыкновенного при изучаемых приемах обработки почвы выявил, что между гидротермическими условиями вегетационного периода (ГТК) и плотностью сложения почвы связь обратная и наименее тесная при отвальной и нулевой обработках, где коэффициент корреляции составил r= – 0,16 при отвальной системе обработки и r= – 0,12 при нулевой обработке, а коэффициент вариации признака V= 3,9 % и V= 5,3 %. Это указывает на то, что при этих обработках плотность сложения чернозема обыкновенного в меньшей степени зависит от гидротермических условий вегетационного периода, так как при ежегодной вспашке формируется рыхлый 0-20 см

обрабатываемый слой почвы, насыщенный растительными остатками, при таком формировании этот слой имеет меньший диапазон колебания плотности при увлажнении и пересыхании. При технологии No-till прямом посеве на фоне более плотного сложения почвы, присутствия мульчирующего слоя на поверхности и равномерной насыщенности слоя полуразложившимися корневыми системами, он также меньше подвержен процессам уплотнения и разуплотнения, обусловленными различными гидротермическими условиями. При этом при поверхностной обработке плотность сложения корнеобитаемого слоя в большей степени зависит от гидротермических условий, здесь зависимость между этими показателями наиболее тесная r= – 0,51 и соответственно наибольший коэффициент вариации плотности сложения по годам V=7,5 %.

Рисунок 1 – Динамика изменения плотности сложения чернозема обыкновенного при минимализации обработки почвы и прямом посеве

Чернозем обыкновенный в условиях залежи занимает промежуточное положение по влиянию гидротермических условий вегетационного периода на плотность сложения. Коэффициент корреляции между этими показателями на залежи составляет r= – 0,35, а коэффициент вариации аналогичен, как и при нулевой обработке почвы V= 5,1 %.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что минимализация обработки чернозема обыкновенного, используемого в классическом зернопропашном севообороте, ведет к уплотнению почвы, но при этом приемы минимализации обработки почвы, в том числе и нулевая обработка, не приводят к увеличению плотности сложения выше диапазона оптимальных значений (1,0-1,2 г/см^3) для произрастания сельскохозяйственных культур.

Статистической обработкой данных установлено, что в меньшей мере гидротермические условия вегетационного периода сказываются на плотности сложения корнеобитаемого слоя чернозема обыкновенного при вспашке на

глубину 20-22 см и нулевой обработке почвы r= – 0,16 и r= – 0,12, V= 3,9 % и V= 5,3 %. При поверхностной обработке плотность сложения корнеобитаемого слоя, в большей степени, зависит от гидротермических условий, здесь зависимость между этими показателями наиболее тесная r= – 0,51 и соответственно наибольший коэффициент вариации плотности сложения по годам V=7,5 %.

Коэффициент корреляции между этими показателями на залежи составляет r= – 0,35, а коэффициент вариации аналогичен, как и при нулевой обработке почвы V= 5,1 %.

На основании регрессионного анализа полученных данных были установлены трендовые модели динамики изменения плотности сложения чернозема обыкновенного в зернопропашном севообороте, используемого при различной интенсивности обработки и прямом посеве, описываемые уравнениями регрессии. При классической обработке почвы – отвальной на глубину 20-22 см оно имеет вид – y = 0,007x – 14,61, при поверхностной – y=0,015x – 29,92, нулевой – y=0,017x – 34,43, на залежи – y= – 0,014x + 29,79.

Библиографический список

1. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (Сельское и лесное хозяйство)» / под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева. – Том 3. – М.: ООО «Издательство МБА», 2021. – 700с.
2. Гилев С.Д. Эффективность прямого посева в Зауралье // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 19-22.
3. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13-16.
4. Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при минимализации обработки и прямом посеве // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 2 (104). – Часть 1. – С. 145-148.
5. Lafond G.P., Loeppky H., Dersken D.A. The effect of tillage system and crop rotation on soil water conservation, seedlinq establishment and crop yield // Can. J. Plant Sci. – 1992. – № 72. – P. 103-105.
6. Чернозем типичный прямой посев, Курская область. Опыт, ротация 1.1. / под ред А.Л. Иванова. – Изд-во ГЕОС, 2021. – 126 с.
7. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения / И.А. Вольтерс, О.И. Власова, Л.В. Трубачева и др. // Агрофизика. – 2018. – № 4. – С. 24-30.
8. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства черноземов выщелоченных и урожайность подсолнечника / Е.В. Дрепа, О.И. Власова, А.С. Голубь, И.А. Донец // Земледелие. – 2020. – № 3. – С. 18-20.
9. Дридигер В.К., Дрепа Е.Б., Матвеев А.Г. Влияние технологии No-till на содержание продуктивной влаги и плотность чернозема выщелоченного Центрального Предкавказья // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 12. – С. 283.
10. Ревут И.Б. Физика почв. – М., – 1972. – 336 с.
11. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 158 с.
12. Сидоров М.И., Зезюков Н.И. Земледелие на черноземах. – Воронеж: ВГУ, 1992. – 184 с.

УДК 631.92: 631.46

ДИНАМИКА АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Гармашова Л.В.
«Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Каменная Степь
E-mail: *niish1c@mail.ru*

***Резюме**. В современных динамических условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок в научно обоснованных системах земледелия и агротехнологиях выращивания сельскохозяйственных культур, депрессии популяции группы свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов не происходит. В агрочерноземах прослеживается даже рост численности азотобактера, обусловленный повышением культуры земледелия и нарастающей адаптационной способностью микроорганизма в последующих поколениях к условиям изменяющегося климата и интенсификации земледелия.*
***Ключевые слова:** агрочерноземы, динамические условия окружающей среды, азотфиксирующие микроорганизмы, азотобактер.*
***Summary**. Under the current dynamic conditions of a changing climate and the growth of anthropogenic loads in scientifically based farming systems and agricultural technologies for growing crops, there is no depression in the population of a group of free-living nitrogen-fixing microorganisms. In agrochernozems, even an increase in the number of Azotobacter is traced, due to an increase in the culture of agriculture and the growing adaptive ability of the microorganism in subsequent generations to the conditions of a changing climate and the intensification of agriculture.*
***Key words**: agrochernozems, dynamic environmental conditions, nitrogen-fixing microorganisms, azotobacter.*

Введение. В последние годы в условиях меняющегося климата и роста антропогенной нагрузки на агрогенные почвы возрастают угрозы негативного развития процессов в агроэкосистемах и, почвенной среде в особенности [1-5]. Микробиота является важнейшим компонентом почвы, активно участвующим в формировании почвенного плодородии [6, 7] и является одним из самых чувствительных индикаторов их экологического состояния, так как микроорганизмы исключительно чутко реагируют на изменения, происходящие в окружающей и почвенной среде [4, 8-10], поэтому мониторинг изменений почвенной микрофлоры является актуальным и практически значимым. При этом важным и очень чувствительным показателем плодородия почвы и благоприятного течения биологических процессов в ней является интенсивность развития азотофиксирующих бактерий. Особое значение среди них принадлежит роду Azotobacter, так как эти бактерии способны усваивать молекулярный азот непосредственно из воздуха, переводя его в доступные формы для других живых организмов. При этом азотобактер отрицательно реагирует на ухудшение ценных агрономических свойств почвы, особенно чувствителен к недостатку влаги. Активное развитие этой группы микроорганизмов в почве является одним из показателей уровня их плодородия и экологического благосостояния [9, 11, 12].

Цель исследования изучить динамику и направленность развития азотфиксирующих микроорганизмов в условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок на агрочерноземы.

Условия материалы и методы. Исследования проводились в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ

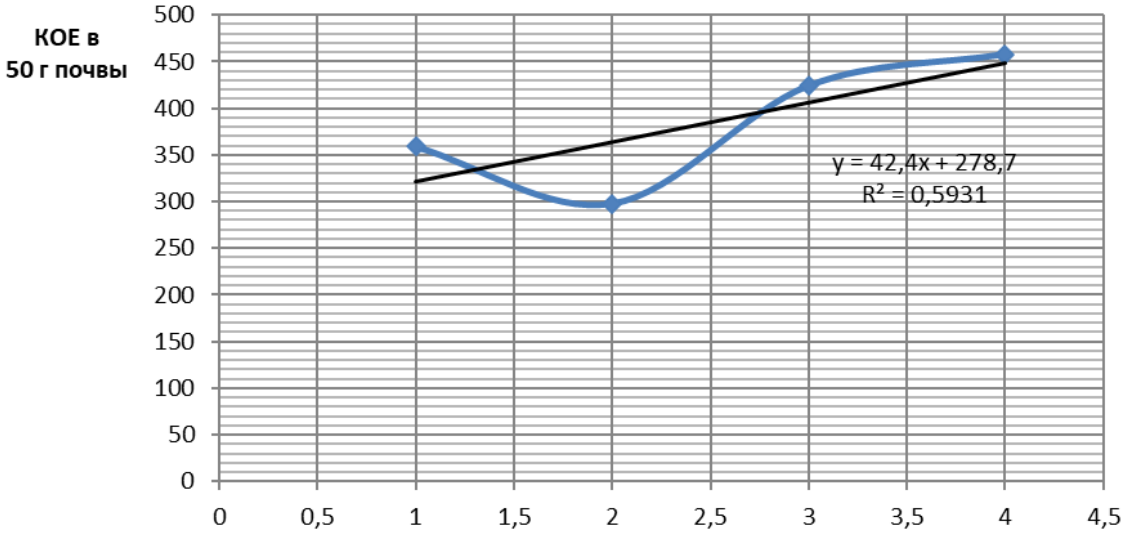
им. В.В. Докучаева» на черноземе обыкновенном среднегумусном среднемощном, тяжелосуглинистом.

Для микробиологических анализов два раза за вегетационный период отбирали репрезентативные смешанные почвенные образцы из пахотного слоя почвы. Микробиологические исследования выполняли в свежих почвенных образцах, хранившихся не более 24 часов при температуре 5^0 С. Учет численности азотобактера проводили на почвенных пластинах по методике Е.З. Теппер [13].

Агрометеорологические условия в годы исследований были различными по годам и в течение вегетационных сезонов, а в среднем в основном, близкими к типичным для юго-востока ЦЧЗ.

Результаты исследований и обсуждение. Мониторинговые многолетние исследования и статистический анализ полученных результатов свидетельствует, что за тридцатисемилетний период наблюдений за развитием азотобактера в агрочерноземах юго-востока ЦЧР, в условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок, плотность присутствия азотобактера в агрочерноземах при соблюдении научно-обоснованных системы земледелия и агротехнологий, выращиваемых сельскохозяйственных культур имеет общую тенденцию сохранения и даже некоторого увеличения численности в агрочерноземах, о чем свидетельствует, выявленная трендовая закономерность и уравнение регрессии y = 42,4 x + 278,7 (рис. 1).

В результате статистической обработки данных выявлено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР развитие азотобактера в агрочерноземе имеет обратную отрицательную корреляционную связь средней силы с гидротермическими условиями вегетационного периода, выраженными через ГТК (Селянинова) – r= 0,58, то есть с усилением засушливости климата при научно-обоснованном совершенствовании систем земледелия и агротехнологий его численность может возрастать.



1 – 1985-187 гг., 2 – 1992-1994 гг., 3 – 2014-2016 гг., 4 – 2020-2022 гг.

Рисунок 1 – Динамика развития азотобактера в агрочерноземах в слое 0-20 см в динамичных условиях внешней среды

Заключение. Мониторинг длительных наблюдений за одной из важнейшей группой микроорганизмов, являющейся весьма чувствительно реагирующей на изменение экологических условий – Азотобактером, показал, что в динамических условиях изменяющейся окружающей среды в научно-обоснованных ландшафтных системах земледелия не происходит депрессии его популяции. Наоборот, отмечается даже рост численности азотобактера в агрочерноземах, по-видимому, обусловленный ростом культуры земледелия и нарастающей адаптационной способностью микроорганизма в последующих поколениях к условиям изменяющегося климата и интенсификации земледелия.

Библиографический список

1. Молчанов Ю.М. Влияние севооборота и монокультуры на некоторые свойства почвы и потенциальную активность бактерий // Тезисы докладов IV съезда Украинского научного общества. – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 19.
2. Влияние загрязнения современными пестицидами на биологическую активность чернозема выщелоченного / Казеев К.Ш., Лосева Е.С., Боровикова Л.Г., Колесников С.И. // Агрохимия. – 2010. – № 11. – С. 39-44.
3. Гармашов В.М., Нужная Н.А., Гармашова Л.В. Азотобактер в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2022, т. 14. - № 4. – С. 292-295.
4. Свистова И.Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенный поглотительный комплекс и микробное сообщество чернозема // Агрохимия. – 2004. – № 6. – С. 16-23.
5. Влияние полифункциональных биопрепаратов на микробиоту чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / В.И. Фаизова, С.В. Цховребов, В.Я. Лысенко, Д.В. Калугин // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 4-7.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного Федерального университета, 2012. 260 с.
7. Развитие микроорганизмов в аэробных и анаэробных условиях в черноземе / Л.М. Полянская, М.А. Горбачева, Е.Ю. Милановский, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 2010. - № 3. – С. 356-360.
8. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник / под ред Д.Г. Звягинцева. – 2-е изд., пераб и доп. – М: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
9. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: изд-во Моск. университета, 2008. – 528 с.
10. Безуглова О.С., Лыхман В.А., Горовцов А.В., Полиенко Е.А., Дубинина М.Н. Адаптогенное действие гуминового препарата при возделывании озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 11. – С. 53-56.
11. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.
12. Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Развитие микроорганизмов, связанных с циклом азота, при минимализации обработки почвы и прямом посеве в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР // Агрохимия. – 2022. – № 4. – С. 60-64.
13. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзев Г.Н. Практикум по микробиологии. – М.: Колос, 1979. – 215 с.

УДК 631.416.8

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

Гилёв А.М.[1], Рыбачук Н.А.[1], Брикманс А.В.[1], Нестерова О.В.[1], Сакара Н.А.[2]
[1]ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток
[2]Приморская овощная опытная станция - филиал ФНЦ овощеводства
E-mail: *andrey.gilev2001@mail.ru*

Резюме. *В работе представлено влияние минерального удобрения на содержание подвижных форм тяжелых металлов и органического углерода в агропочвах юга Приморского края с применением дренажной системы и без нее. Внесение удобрений повысило концентрацию некоторых подвижных форм тяжелых металлов, а также содержание органического углерода только на поле без применения дренажной системы.*

Summary. *The paper presents the effect of mineral fertilizer on the content of mobile forms of heavy metals and organic carbon in agro-soils in the south of Primorsky Krai with and without the use of a drainage system. Fertilization increased the concentration of some mobile forms of heavy metals, as well as the content of organic carbon only in the field without the use of a drainage system.*

В настоящее время при ведении сельского хозяйства для получения высокого урожая в агропочвы вносят различные минеральные удобрения. Минеральные удобрения – специальные средства, необходимые для роста и развития различных культур [5, 7]. Внесение различных минеральных удобрений в почву способно повышать её плодородие, что в свою очередь может отразится на качестве урожая [9]. Однако, минеральные удобрения помимо пользы могут дать и отрицательный эффект, поскольку в своем составе содержат примеси различных тяжелых металлов (поллютанты). От нерационального внесения удобрений или долгого применения они способны накапливаться в больших концентрациях в почвах и могут стать источником питания для растений. В малых концентрациях некоторые из них необходимы растениям, однако при завышенных концентрациях, могут нанести вред не только растениям и почве, но и окружающей среде в целом [1, 6, 12].

Накопление тяжелых металлов в почвах зависит от её физических и химических свойств, таких как гранулометрический состав, кислотно-щелочные свойства, содержание органического углерода (гумус) и т. д. Гумус по отношению к тяжелым металлам обладает депонирующей способностью: гумусовые кислоты могут образовывать комплексные органоминеральные соединения, которые становятся малоподвижными. Определение взаимосвязей между содержанием в почве органического углерода и содержание подвижных соединений тяжелых металлов является необходимой задачей для почвенно-экологического мониторинга, а также выявление количественных показателей, характеризующих зависимость содержания тяжелых металлов от гумусового состояния почвы [2].

В связи с этим целью работы является проанализировать содержания подвижных форм тяжелых металлов и содержания органического углерода при

внесении минеральных удобрений в начале и в конце вегетационного периода.

Объектом исследования послужили почвы – агротемногумусовые подбелы (Luvic Anthrosols) Приморской овощной опытной станции с применением глубокой дренажной системы (глубина 120 см) и без неё. В качестве минерального удобрения использовали комплексное удобрение диаммофос с содержанием азота – 10 %, фосфора – 25% и калия – 25 %. Образцы проб почв отбирались в начале вегетационного периода (май) и в конце (октябрь) [3, 8, 10].

Исследования показали (табл.1), что в начале вегетационного периода на поле без дренажа в контрольном варианте содержание органического углерода составило 2,3 % и в конце вегетационного периода содержание органического углерода повысилось до 2,6 %, что относиться к высокой степени обеспеченности. В образцах с минеральными удобрениями в начале вегетационного периода содержание углерода составило 1,6 % и после внесения минеральных удобрений в конце вегетационного периода содержание углерода увеличилось до 2,2 %, что является очень высокой обеспеченностью [13].

На поле с дренажной системой (табл.1) в начале вегетационного периода в контрольном варианте содержание органического углерода составило 2,1 %, и в конце вегетационного периода содержание органического углерода повысилось до 3,4 %, что относиться к высокой степени обеспеченности. В объектах исследования с минеральными удобрениями содержание органического углерода составило 3,0 % как в начале вегетационного периода (до внесения удобрений) так и в конце вегетационного периода (после внесения удобрений), что относиться к очень высокой степени обеспеченности [13].

Исследования в агропочвах юга Приморского края на поле с дренажом и без показало высокую обеспеченность по содержанию органического углерода в объектах с внесением минеральных удобрений и без них.

Таблица 1 – Содержание органического углерода в агротемногумусовых подбелах за 2018 г.

Объект исследования	Начало вегетационного периода 2018 г.	Конец вегетационного периода 2018 г.
Поле без дренажа		
Контроль	2,3	2,6
Минеральное удобрение	1,6	2,2
Поле с дренажной системой		
Контроль	2,1	3,4
Минеральное удобрение	3,0	3,0

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в агропочвах устанавливали методом атомно-абсорбционного анализа на атомно-абсорбционном спектрометре (АА-6601F, Shimadzu, Япония). Критериями для оценки загрязнения тяжелыми металлами являются предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [4].

Исследования показали (табл. 2), что по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в агротемногумусовых подбелах наблюдалось повышение концентрации по некоторым химическим элементам.

Содержание кадмия (Cd) в агропочве в начале вегетационного периода показало значение 0,002 мг/кг как с дренажом, так и без дренажа. В конце вегетационного периода показатели содержания кадмия на поле с дренажом остались без изменения (0,002 мг/кг) и повысились после внесения удобрений до 0,008 мг/кг., на поле без дренажа показатели повысились в контроле до 0,007 мг/кг и после внесения удобрений до 0,018 мг/кг.

Концентрация подвижных форм свинца (Pb) в агропочве в начале вегетационного периода составило от 0,545 мг/кг (без дренажа) до 0,559 мг/кг (с дренажной системой). Спустя шесть месяцев на поле с дренажом концентрация в контроле понизилась до 0,379 мг/кг и повысилась после внесения удобрений до 0,400 мг/кг, однако на поле без дренажа показатели в контроле повысились до 0,586 мг/кг и понизились с внесением удобрений до 0,300 мг/кг.

Содержание цинка (Zn) в агропочве в начале опыта составило 2,4 мг/кг на поле с дренажом и 3,7 мг/ кг на поле без дренажа. Показатели содержания цинка в конце опыта на поле с дренажом в контроле понизились до 0,3 мг/ кг и повысились после внесения удобрений до 8,1 мг/кг. На поле без дренажной системы показатели понизились до 1,4 мг/кг в контроле и повысились после внесения удобрений до 9,1 мг/кг.

Концентрация подвижных форм хрома (Cr) в агропочве в начале вегетационного периода составило 0,218 мг/кг с дренажной системой и 0,454 мг/кг с отсутствием дренажной системы. В конце вегетационного периода в контрольных образцах концентрация снизилась на поле с дренажом до 0,375 мг/кг, однако на поле без дренажа показатели повысились до 0,369 мг/кг. В образцах с внесением удобрений содержание хрома не было обнаружено.

Показатели содержания кобальта (Co) в агропочве в мае составило 0,384 мг/кг на поле без дренажа и 0,525 мг/кг на поле с дренажом. В октябре на поле с дренажом в контроле показатели понизились до 0,344 мг/ кг и повысились с внесением минеральных удобрений до 17,2 мг/кг. На поле с отсутствием дренажной системы показатели повысились до 0,527 мг/кг в контроле и после внесения удобрений до 2,2 мг/кг.

В начале вегетационного опыта концентрация никеля (Ni) в агропочве показало значение 0,127 мг/кг с дренажом и 0,102 мг/кг без дренажа. В конце вегетационного периода в образцах с применением дренажа показатели понизились до 0,086 мг/кг в контроле и увеличились с применением минеральных удобрений до 0,149 мг/кг, на поле без дренажа показатели повысились до 0,116 мг/ кг в сравнении с контролем и до 0,186 мг/кг при внесении удобрений.

В начале вегетационного периода в агропочве показатели содержания меди (Cu) составило 0,043 мг/кг с дренажом и 0,118 мг/кг без дренажа. В конце вегетационного периода на поле с применением дренажа показатели повысились до 0,200 мг/кг в контроле и увеличились с применением минеральных удобрений до 0,452 мг/кг, также на поле без дренажа показатели повысились до 0,253 мг/ кг в контроле и до 1,430 мг/кг при внесении удобрений.

В начале вегетационного периода в агроопочве концентрация железа (Fe) выявлена 22,5 мг/кг с дренажом и 24,8 мг/кг без дренажа. В конце

вегетационного периода на поле с применением дренажа показатели понизились как в контроле до 21,5 мг/кг, так и с внесением удобрений до 14,6 мг/кг., на поле без дренажной системы в контроле показатели понизились до 18,8 мг/кг и повысились с внесением минеральных удобрений до 27,8 мг/кг.

В начале вегетационного периода концентрация марганца (Mn) в агропочве показало значение 242,9 мг/кг с дренажом и 250,5 мг/кг без дренажа. В конце вегетационного периода на поле с дренажом показатели уменьшились до 193,3 мг/кг в контроле и с внесением удобрений показатели повысились до 198,9 мг/кг. На поле без дренажной системы показатели повысились до 266,4 мг/кг и понизились с внесением минеральных удобрений до 229,9 мг/кг.

Таблица 2 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в агропочвах, мг/кг

Объект исследования	Cd	Pb	Zn	Cr	Co	Ni	Cu	Fe	Mn
май 2018									
Др контроль	0,002	0,559	2,4	0,454	0,525	0,127	0,043	22,5	242,9
Бдр контроль	0,002	0,545	3,7	0,218	0,384	0,102	0,118	24,8	250,5
октябрь 2018									
Др контроль	0,002	0,379	0,3	0,375	0,344	0,086	0,200	21,5	193,3
Др (мин)	0,008	0,4	8,1	н/о	17,2	0,149	0,452	14,6	198,9
Бдр контроль	0,007	0,586	1,4	0,369	0,527	0,116	0,253	18,8	266,4
Бдр (мин)	0,018	0,3	9,1	н/о	2,2	0,186	1,430	27,8	229,9
ПДК	**5,0**	**6,0**	**23,0**	**-**	**5,0**	**4,0**	**3,0**	**-**	**100**

Примечание* Др – поле с дренажной системой; Бдр – поле без дренажа; контроль – без внесения минеральных удобрений; (мин) – внесение минеральных удобрений

Стоит отметить, что превышение ПДК было выявлено с элементом кобальт (Co) в объекте исследования с дренажом и внесением минеральных удобрений в связи с нерациональным внесением удобрений. Также превышение было выявлено во всех объектах исследования с элементом марганцем (Mn), по сколько данный элемент содержится в больших количествах в горных породах Приморского края [11].

Результаты исследований показали, что в агропочвах овощной опытной станции юга Приморского края, не было существенного превышения ПДК тяжелых металлов. Внесение минеральных удобрений в агропочву смогло повысить показатели тяжелых металлов, таких как кадмий, цинк, кобальт, никель, медь и железо, исключением считается показатели свинца, хрома и марганца. Также внесение удобрений смогло повысить показатели содержания органического углерода, однако только на поле без дренажной системы.

Библиографический список

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами.
2. Воробьев В. Б., Казакевич Н. А. О взаимосвязи между содержанием тяжелых металлов и гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. С. 103-107.
3. Гилёв А.М., Рыбачук Н.А., Брикманс А.В., Нестерова О.В. // Влияние биоугля на содержание подвижных форм тяжелых металлов при внесении минеральных удобрений., DOI: 10.58168/RMPNCL2022_110-116.

4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Москва. 2006.
5. Караев Н.В., Аксенов М.П., Использование минеральных удобрений в растениеводстве // Текст научной статьи по специальности «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство», С - 202-207.
6. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. М42 Тяжелые металлы в экосистемах / Саратов: «Ракурс», 2017. – 178 с.
7. Минеев В.Г. Агрохимия: Учебник. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Издательство МГУ, Издательство «КолосС», 2004.– 720 с., [16] л. ил.: ил. – (Классический университетский учебник).
8. Нестерова О.В. Изменение свойств агропочв юга Дальнего Востока России при внесении биоугля / О.В. Нестерова, В.А. Семаль, М.А. Бовсун, Васенев И.И., Брикманс А.В., Карпенко Т.Ю., Сакара Н.А. // Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 18-23. – DOI 10.24412/1029–2551-2021-5-004. – EDN WBHHDQ.
9. Пинаева М.И., Акманаева Ю.А., Влияние органических и минеральных удобрений на содержание углерода органического вещества дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. // Пермский аграрный вестник №1 (37) 2022 г. // doi: 10.47737/2307-2873_2022_37_68
10. Попова, А. Д. Применение биоугля как мелиоранта и его влияние на изменение физических свойств агропочв юга Приморского края / А.Д. Попова, В. А. Семаль, А. В. Брикманс, О. В. Нестерова, Ю. А. Колесникова, М. А. Бовсун // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №6. – С. 57-63.
11. Радкевич Е.А., Берсенев И.И., Бурдэ А.И. Основные черты геологии и металлогении Приморья. Владивосток: Дальневост кн. изд-во, 1968. – 103 с
12. Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэуце, С. Кырстя. – М., 1986. – 201 с.
13. Ягодин Б.А. Агрохимия / Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. // Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.: ил.

УДК 631.4

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Глазунов Г.П.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ»
E-mail: *gennadij-glazunov@yandex.ru*

Резюме. *В статье приводится описание способа выявления неоднородности параметров почвенного плодородия для агроэкологической оценки земель в склоновом агроландшафте на основе ГИС-технологий.*
Summary. *The article describes the method of identifying the heterogeneity of soil fertility parameters for agroecological assessment of land in the slope agrolandscape on the basis of GIS-technologies.*
Ключевые слова: *неоднородность, плодородие, агроэкологическая оценка, склоновый агроландшафт, ГИС-технологий*
Key words: *heterogeneity, fertility, agro-ecological assessment, slope agro-landscape, GIS-technologies*

Основной задачей в сельскохозяйственном производстве является разработка и внедрении ресурсо- и энергосберегающих технологий,

способствующих повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, решение которой возможно при разработке и внедрении адаптивно-ландшафтных систем земледелия, предшествующим этапом которой является агроэкологическая оценка земель.

Агроэкологическая оценка земель – комплексная агрономическая характеристика почв, которая учитывает особенности почвенного покрова и агроклиматические особенности региона, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур. Это достаточно ёмкая работа, которая от начала до конца проводится на основе ландшафтного анализа, задача которого заключается в выявлении территориальных единиц, характеризующихся однородностью природных условий, их места в структурно-функциональной иерархии ландшафта. При этом часто анализу необходимо подвергнуть достаточно большой набор свойств земель, каждое из которых может иметь свои особенности пространственного варьирования в пределах исследуемого региона.

При интенсивных агротехнологиях, особенно при высокоинтенсивных, эта задача решается на основе математических моделей земледелия с использованием ГИС-технологий и автоматизированного проектирования [1,2,3].

Первым этапом в проведении агроэкологической оценки земель являются полевые и камеральные исследования. При этом, выполняя функционально-целевое микрозондирование землепользования хозяйства, особое внимание необходимо уделять уникальности почвенного покрова, степени внутрипольного варьирования плодородия почв, тепловому и влажностному режиму земель, их зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа.

Ключевым компонентом структуры почвенного покрова является земельный участок с установленными границами, входящий в агроландшафтную основу, а в качестве первичного структурного элемента рассматривается элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях.

Выбор размера и геометрической формы элементарного участка, а также количество и комбинацию отбираемых на нём проб (для создания объединённой пробы) осуществляется индивидуально для каждого обследуемого поля. Величина участка может меняться в зависимости от степени интенсификации производства, рельефа, агрофизических, агрохимических или других особенностей территории, особенностей технологии отбора проб, а также может быть обусловлен шириной захвата применяемой сельскохозяйственной техники. Сетка отбора проб накладывается на электронную карту рельефа местности и записывается в память компьютера с присвоением ячейкам сетки порядковых номеров.

В зависимости от задач, решаемых при выполнении оценочных работ, задают размер кластера, 500-250 м^2 (рис. 1). Более частая сетка отбора почвенных проб экономически нецелесообразна в производственных опытах. В то же

время, шаг между точками отбора 3-4 м вскрывает варьирование агрохимических показателей внутри ЭПА, а шаг 7 м является оптимальным интервалом для наиболее четкого обнаружения различий между ЭПА [4].

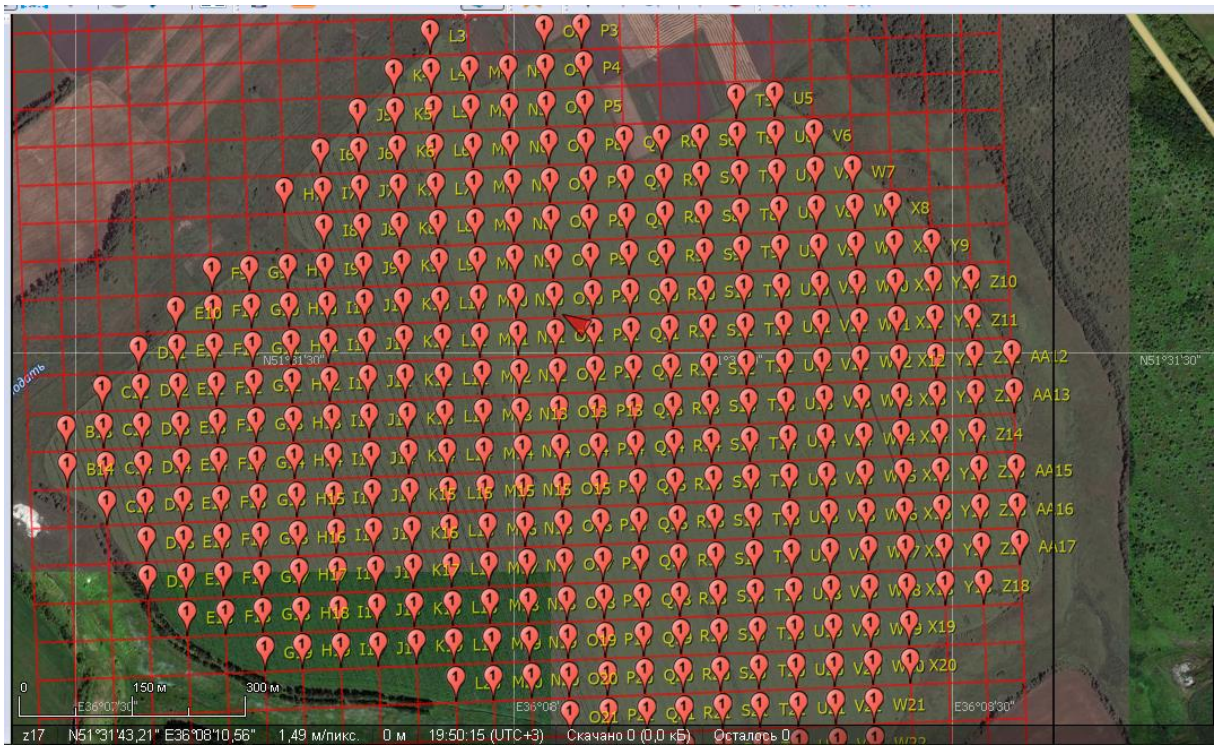


Рисунок 1 –Координатная сетка в программе SASPlanet
с размером кластера 50 м^2

Полученную сетку координат заносят в GPS/ГЛОНАСС приёмник.

Исполнитель, ориентируясь на занесённые в GPS навигатор контрольные путевые точки маршрута, производит отбор почвенных проб и присваивает им порядковый номер участка в соответствии с сохраняемым номером точки. Таким образом, каждая взятая проба привязывается к единой системе позиционирования, что позволяет более точно оценивать характеристику обследуемого участка и обеспечивает наполнение баз данных, на основе которых производят создание набора тематических электронных карт. Отбор почвенных проб, в зависимости от поставленных задач и размера кластера может осуществляться как в узлах сетки, так и методом конверта в кластере отбирают один смешанный почвенный образец, который составляют из точечных проб. Следует учитывать, что использование смешанных образцов при оценке пространственной неоднородности содержания химических элементов в почве усредняет варьирование показателей, на что указывает А.С. Фрид (2002).

Количество агроэкологических параметров, по которым проводится оценка ЭАА, зависит от уровня интенсификации производства. Эти параметры ранжированы в определенной структурной иерархии. В качестве таковой используется ландшафтно-экологическая классификация земель. Классификация включает агроэкологические группы земель, разряды, классы, подклассы, роды, подроды и виды земель.

Поскольку агроэкологическая оценка территории подразумевает работу с

крупными объемами геоданных и включает большое количество промежуточных расчетных операций, для удобства выполнения поставленных задач целесообразным является использование геоинформационных систем (ГИС), с помощью которых значительная часть осуществляемых операций может быть автоматизирована [6]. Поэтому каждая взятая при отборе проба привязывается к единой системе позиционирования, что позволяет более точно оценивать характеристику обследуемого участка и обеспечивает наполнение баз данных, на основе которых возможно создание набора тематических электронных карт.

Полученные в результате полевых и камеральных исследований данные вносятся в базу данных агроэкологической оценки земель. На основании полученных данных составляется комплекс карт, отражающих пространственную изменчивость агрохимических, агрофизических и биологических параметров почвенного покрова агроландшафта.

Таким образом, на основе результатов собственного опыта в лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга разработан способ выявления неоднородности параметров почвенного плодородия для агроэкологической оценки земель в склоновом агроландшафте на основе ГИС-технологий.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: "Росинформагротех", 2005. – 784 с.
2. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М: КолосС, 2010. – 687 с.
3. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия/ Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Акименко А.С. и др. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 85 с.
4. Прохорова З. А., Фрид А. С. Изучение и моделирование плодородия почв на базе длительного полевого опыта. М.: Наука, 1993. – 190 с.
5. Фрид А. С. Пространственное варьирование и временная динамика плодородия почв в длительных полевых опытах. М.: Россельхозакадемия, 2002. – 80 с.
6. Золотухин А.Н. Автоматизация компонентов СППР с помощью graphical modeler QGIS / Золотухин А.Н. // Современные проблемы почвозащитного земледелия. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию опыта по контурно-мелиоративному земледелию ВНИИЗиЗПЭ. Курск, 2022. – С. 80-84.

УДК:631.46.61

ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗЛАГАЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ЛАНДШАФТОВ КАК ОДИН ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ЕЁ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Двойных В.В.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *viktoria.dvoinyh@yandex.ru*

Резюме. *Исследования проводились в 2023 году на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра. Выполнены работы по изучению биологической активности почв на склоновых агроландшафтах.*

Summary. *The research was conducted in 2023 on the territory of the experimental field of the*

Kursk Federal Agrarian Scientific Center. Work has been carried out to study the biological activity of soils on sloping agricultural landscapes.

Биологическая активность является одним из важнейших показателей плодородия почвы. К широко используемым характеристикам биологической активности почв относится оценка скорости разложения клетчатки целлюлозоразрушающими микроорганизмами (целлюлозолитическая активность почв). Это один из немногих интегральных показателей интенсивности микробиологических процессов, определяемых непосредственно в природных условиях. Исследования биологической активности почвы дают возможность понимать взаимоотношение компонентов экосистемы и раскрывают её потенциальные возможности для восстановления нарушенного равновесия. Скорость разложения клетчатки в почве зависит от наличия в ней легкодоступного азота, поэтому определение целлюлозолитической активности почвы позволяет судить об энергии мобилизации почвенных процессов в целом. Плодородие почвы неразрывно связано с постоянно протекающими в ней микробиологическими процессами, которые обусловливают ее биологическую активность. Обеспечение растений питательными веществами в определенной мере зависит от направленности и интенсивности микробиологических процессов. Одна из важных задач сельского хозяйства состоит в максимальном использовании почвенных азотфиксирующих микроорганизмов [1]. Незначительные изменения температурного и водного режимов приводят к резким скачкам микробиологической активности почвы, что неминуемо влечет за собой изменение пищевого режима почв. Как следствие всего этого, происходит изменение продуктивности пашни [2, 3].

Сотрудниками Центра были проведены исследования по изучению целлюлозоразлагающей активности почвы в весенний период 2023 года на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область), на производственном участке с куполообразной формой рельефа с выраженной волнистостью площадью в 86 га. Почва опытного участка представлена черноземами типичными и выщелоченными различной степени смытости.

С целью изучения биологических свойств чернозема были выбраны 32 точки на северо-восточном, юго-восточном, юго-западном, северо-западном склонах. Определение целлюлозолитической активности почвы под посевами сои осуществлялось аппликационным методом. На базовых точках для определения интенсивности разложения целлюлозы были заложены льняные полотна в трехкратной повторности.

Максимальная биологическая активность почв в посевах сои наблюдалась на юго-восточном склоне и составила 57 %. При закладке полотен температура 0-20 см- слоя почвы составила 19 ºС, воздух прогрелся до 24 ºС. От мая к июню происходило повышение влажности почвы. В мае выпало 19 мм осадков, что составляет 34 % от нормы. Наиболее благоприятные погодно – климатические условия для активизации биологических процессов в почве сложились в июне.

Количество осадков составило 72 мм, выше нормы на 10 %. Температурное поле пахотных почв, формирующееся в комплексном почвенном покрове, изменялось в небольшой степени. От мая к июню температура почвы на глубине 0-20 см постепенно повышалась. Температура почвы и амплитуда температур между воздухом и почвой на определенных глубинах имеют влияние на разложение полотен. Дефицит атмосферных осадков в мае препятствовал интенсивному распаду льняного полотна, характеризующего микробиологическую активность почвы.

Таблица. Целлюлозоразлагающая активность почвы по экспозициям склонов

Экспозиция склона	Азимут	Уклон	S/S0	Разложение ткани, %
СВ	14	3,40	0,9474	17
СВ	19	2,30	0,9631	26
СВ	27	3,49	0,9402	46
СВ	31	0,96	0,9836	24
СВ	39	2,94	0,9477	20
СВ	41	1,38	0,9757	29
СВ	50	2,29	0,9594	46
СВ	86	0,99	0,9868	25
ЮВ	93	0,68	0,9920	33
ЮВ	99	1,53	0,9839	57
ЮВ	103	2,20	0,9790	23
ЮВ	119	1,77	0,9910	30
ЮВ	129	0,99	0,9980	55
ЮВ	145	0,56	1,0016	31
ЮВ	153	0,38	1,0020	35
ЮВ	153	1,02	1,0053	26
ЮЗ	193	1,03	1,0151	40
ЮЗ	203	3,54	1,0553	45
ЮЗ	207	2,46	1,0399	38
ЮЗ	238	2,42	1,0403	33
ЮЗ	242	3,54	1,0572	32
ЮЗ	252	1,17	1,0180	28
ЮЗ	265	3,42	1,0443	31
ЮЗ	269	2,26	1,0277	32
СЗ	281	1,67	1,0159	33
СЗ	300	0,31	1,0014	40
СЗ	306	3,30	1,0075	54
СЗ	307	3,45	1,0067	37
СЗ	308	2,31	1,0042	30
СЗ	310	4,66	1,0040	42
СЗ	324	5,26	0,9823	24
СЗ	327	4,22	0,9822	27

Представленные результаты свидетельствуют о том, что по совокупности исследованных показателей наилучшая биологическая активность,

выражающаяся высокой степенью разложения целлюлозы, наблюдается на юго-восточном склоне. Из всех исследованных экспозиций северо-восточный склон отличается наименьшей степенью целлюлозолитической активностью. Сложный неоднородный рельеф может влиять на разложение полотна из-за неравномерности распределения выпадающих осадков. Местоположение почв в рельефе также оказывает влияние на теплообеспеченность. Так, северные более увлажненные склоны получают меньше тепла, чем южные, отличающиеся повышенной испаряемостью влаги, особенно в летние месяцы. Активность почвенной микрофлоры, главным образом, зависит от наличия в почве органического вещества при благоприятном сочетании температуры, влажности и плотности. При благоприятных климатических условиях количество микроорганизмов и их активность возрастает. Влияние на биологическую активность почвы оказывают также возделываемые культуры и их предшественники. В особенности это касается тех растений, которые оставляют после себя большое количество корневых и пожнивных элементов. При достаточном количестве осадков обогащенная органическая субстанция почвы усиливает биологическую активность почвы.

Библиографический список

1. Зырянова К.И., Смирнова Ю.В. Эффективность применения Фито ОМУ в технологии выра- щивания картофеля сорта Аврора в условиях опытного поля Костромской ГСХА // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии: сборник трудов ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия. – Караево, 2015. – С. 15–21.
2. Панников В.Д. Почва, удобрения, климат, урожай / В.Д. Панников, В.Г. Миняев. – М.: Агропромиздат, 1983. – 325 с.
3. Глазунов Г.П. Изменение экологически значимых параметров чернозема типичного для озимой пшеницы в зависимости от экспозиции склона / Глазунов Г.П., Брескина Г.М., Панкова Т.И. // Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов. Курск, 10-12 сентября 2014 года. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Курск: Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 2014. – С. 64-67.

УДК 631.51.01

СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Демиденко Г.А.
ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ», г. Красноярск
E-mail: *demidenkoekos@mail.ru*

***Резюме**. В статье представлены результаты исследования структурно-агрегатного состава целинных и пахотных черноземов юго-восточной части Минусинской котловины. При длительной обработке почвы наблюдается уменьшение количества агрономически ценных микроагрегатов.*

***Summary**. The article presents the results of a study of the structural and aggregate composition of virgin and arable chernozems of the southeastern part of the Minusinsk basin. With prolonged tillage, there is a decrease in the number of agronomically valuable microaggregates.*

Наибольшее значение в земледелии Красноярского края имеет система Хакасско-Минусинских котловин, которые с запада окружены Кузнецким Алатау, а с юга и юго-востока – Западным Саяном. Землепользование в котловинах имеет общие черты развития в южных территориях Сибири [3].

Почвенный покров представлен черноземами (обыкновенными, выщелоченными, оподзоленными) и серыми лесными почвами [1, 2]. Разные подтипы черноземов значительно отличаются по структурному состоянию [4].

Структура почвы влияет на многие физико-химические свойства черноземов и является одним из основных факторов, определяющих их плодородие.

Структурное состояние оподзоленных черноземов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Структурное состояние черноземов оподзоленных

Угодье	Горизонт	Средняя глубина, см	Размер агрегатов, %					
			≥ 3 мм		≥1 мм		≥ 0.25 мм	
			Сух.	Мокр.	Сух.	Мокр.	Сух.	Мокр.
Чернозем оподзоленный среднемощный								
Пашня	Ап	0 - 20	36	6	58	19	80	44
	А	25 - 35	24	4	59	32	81	54
Целина	А	0 - 20	23	18	59	51	82	60
Чернозем оподзоленный мощный								
Пашня	Ап	0 - 20	29	8	52	23	76	42
	А	30 - 40	34	8	57	32	74	50
Целина	А	0 - 20	22	15	62	45	83	60

Разные подтипы черноземов значительно отличаются по структурному состоянию. Макроагрегатный состав изменяется в пределах профиля.

При вспашке чернозема оподзоленного (среднемощного) количество агрономически ценных агрегатов в пахотном слое уменьшается по сравнению с целиной и составляет 19 % (фракция ≥1), а в черноземе оподзоленном (мощном) – 23 % (фракция ≥1). Также в пахотном слое уменьшается количество агрономически ценных агрегатов (фракция ≥ 0.25 мм) и составляет: в черноземе оподзоленном (среднемощном) – 44 %, а в черноземе оподзоленном (мощном) – 42 %. В иллювиальных горизонтах почв количество структурных отдельностей выше, чем в гумусовых горизонтах этих почв, однако их структура менее водопрочная и при мокром просеивании выход агрономически ценных агрегатов (фракции ≥1 мм; ≥ 0.25 мм) в горизонтах В1 и В2 более низкий, чем в горизонте А.

Черноземы выщелоченные (маломощные и среднемощные), по сравнению с оподзоленными, в целинном состоянии хуже оструктурены. Хотя количество агрономически ценных агрегатов (фракции ≥1 мм; ≥ 0.25 мм) больше в горизонтах А и В1, но эта структура менее водопрочная. Поэтому сумма водопрочных агрегатов в среднем в 1.5 раза ниже, чем в оподзоленных черноземах. При вспашке чернозема оподзоленного сохраняется тенденция уменьшения количества агрономически ценных агрегатов по сравнению с целиной. Также уменьшается общее

количество водопрочных макроагрегатов в пахотном слое. При оценке «качества» структуры выщелоченных черноземов, следует учесть значительное количество и прочность макроагрегатов в пахотных горизонтах, что указывает на их благоприятный водно-воздушный режим. Черноземы обыкновенные по структурному состоянию близки к черноземам выщелоченным.

Микро-агрегатный состав черноземов (оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Микроагрегатный состав гумусово-аккумулятивных горизонтов черноземов

Угодья	Горизонт	Глубина, см	Микро-агрегационный состав, мм		Истинные микро-агрегаты (≥ 0.05), %	Коэффициент дисперсности
			≥ 0.05	≤ 0.001		
Чернозем оподзоленный мощный тучный						
Пашня	Ап	0-20	43.8	1.3	29.7	4.6
Целина	А	0-20	57.9	1.1	48.3	5.3
Чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный						
Пашня	Ап	0-20	48.6	0.9	29.93	3.9
Целина	А	0-20	50.9	0.8	32.6	4.4
Чернозем обыкновенный маломощный гумусовый						
Пашня	Ап	0-20	52.7	1.1	32.1	5.2

Анализ таблицы 2 показал, что вспашка уменьшает количество истинных микроагрегатов (≥ 0.05) в гумусово-аккумулятивных горизонтах подтипов черноземов.

Разное количество микроагрегатов в генетических горизонтах почв связано со степенью их гумусированности и иллювиирования, которые определяют микроагрегационную способность генетических горизонтов. В гор. А исследованных почв коэффициент дисперсности, как показатель агрегирующей способности почв [5], в пахотном слое равен 4.6 (оподзоленный чернозем); 3.9 (выщелоченный чернозем); 5.2 (обыкновенный чернозем), что ниже по сравнению с целиной.

Таким образом, при котловинном характере рельефа в юго-восточной части Минусинской котловины в пахотных черноземах ухудшается агрегирующая способность почв, что отрицательно повлияет на их водно-физические свойства и состояние почвенного плодородия.

Библиографический список

1. Бугаков П.С., Горбачева С.М., Чупрова В.В. Почвы Красноярского края. – Красноярск, 1981. – 129 с.
2. Бугаков П.С., Чупрова В.В. Агрохимическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского Края. – Красноярск: КрасГАУ, 1995. – 176.
3. Демиденко Г.А. Оценка сельскохозяйственного землепользования в Канско-Рыбинской котловине (ландшафтно-экологический подход) //Аграрная Россия. – 2022. – № 6. – С 3-7.
4. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л.: Колос, 1969. – 430 с.
5. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почв и методы его изучения. – М.: АН СССР, 1958. – 193 с.

УДК 546.47+546.56:633.16:546.47/49

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ЦИНКА И МЕДИ НА ПОСЛЕДСТВИЯ ТОКСИЧЕСКОГО СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО У ЯЧМЕНЯ КАДМИЕМ

Дикарев А.В., Дикарев Д.В., Крыленкин Д.В.
НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, г. Обнинск
E-mail: *ar.djuna@yandex.ru*

Резюме. *В вегетационном эксперименте на дерново-подзолистой супесчаной почве выращивали яровой двурядный ячмень сорта Зазерский 85. В почву вносился Cd^{2+} в двух концентрациях: только Cd^{2+} и Cd^{2+} в различных сочетаниях с Zn^{2+} или Cu^{2+}. Выясняли, как внесение микроэлементов модифицирует токсическое действие тяжелого металла – ксенобиотика.*

Summary. *Spring barley of the Zazerskii 85 cultivar was grown in the vegetative experiment, which was carried on the sandy-loamy soil. Cadmium was added in the soil at two concentrations – alone and with zinc or copper at different doses. The goal of this work was search of the answer on the question: how addition of the essential elements is changed cadmium influence on plants?*

Кадмий – один из наиболее опасных и распространенных тяжелых металлов (ТМ); он способен серьезно ограничивать продуктивность сельского хозяйства, что предопределяет необходимость исследования его воздействия на растительные организмы [1]. Медь и цинк также входят в группу ТМ, однако обладают важными физиологическими ролями, относясь к микроэлементам. Но при повышенном содержании в почве цинк и медь также оказывают токсическое воздействие на растения, вызывая эффекты, сходные с действием других ТМ [2]. Актуальность проблемы загрязнения агросферы ТМ предопределяет необходимость изучения механизмов их поступления из почвы в растения, транспорта, распределения и аккумуляции в разных органах и клеточных структурах, а также их влияния на продуктивность и качество урожая. Стоит заметить, что в реальных условиях редко отмечается ситуация, когда почва загрязнена только одним ТМ, чаще встречаются смеси из нескольких металлов. Поэтому представляет особенный интерес анализ комплексного воздействия нескольких ТМ на растения. В рамках этой проблематики становится актуальной работа, рассматривающая особенности синергического и антагонистического взаимодействия с одной стороны – кадмия, а с другой – меди и цинка.

Цель исследования – изучение ответа ярового ячменя на сочетанное воздействие токсического ТМ (кадмия) и различных концентраций двух ТМ – микроэлементов (медь и цинк) по морфометрическим, физиолого-биохимическим показателям и продуктивности.

Материалы и методы. Поведение Zn, Cu и Cd в системе почва – растение изучали в вегетационном опыте в теплице. Объект исследования – ячмень яровой двурядный (*Hordeum vulgare*. L.) сорта Зазерский 85, выращенный на дерново-подзолистой супесчаной почве. Вегетационный опыт закладывали по стандартной методике в 3 повторностях. Варианты опыта: Cd_{45}, $Cd_{25}Cu_{50}$, $Cd_{25}Cu_{100}$, $Cd_{25}Cu_{100}$, $Cd_{25}Cu_{200}$, $Cd_{45}Cu_{50}$, $Cd_{45}Cu_{100}$, $Cd_{45}Cu_{200}$, $Cd_{45}Zn_{50}$, $Cd_{45}Zn_{100}$, $Cd_{45}Zn_{150}$ (числа возле символа элемента указывают его дозу в мг/кг).

Физические и химические показатели почвы, концентрацию Zn, Cu и Cd в растениях, содержание подвижных форм и валовое количество элементов в почве определяли общепринятыми методами [3, 4]. Квазиравновесные почвенные растворы были получены в середине эксперимента с помощью центрифугирования. В почвенных растворах определяли pH, содержание Zn, Cd, микро- и макроэлементов. Концентрацию Zn и Cd в растворах определяли методом ICP-OES. Получены данные по содержанию малонового диальдегида (МДА) [5], низкомолекулярных антиоксидантов [6], сырого протеина [7]. Оценены морфометрические параметры растений на 30-й день эксперимента, в конце вегетации проанализирована структура урожая и содержание ТМ в надземной биомассе.

Результаты и обсуждение. В эксперименте было выявлено, что внесение в почву токсического ТМ (кадмий) приводило к развитию стресса и заметному угнетению процессов роста и развития растений ячменя. Если совместно с кадмием вносился другой ТМ, обладающий также свойствами микроэлемента (медь или цинк), то наблюдаемые эффекты в существенной мере изменялись. Конкретные особенности влияния смеси металлических ионов на растения зависели также от дозы поллютанта (кадмий) и микроэлемента (медь или цинк).

В целом добавление микроэлементов ослабляло токсический стресс. При малых дозах Zn^{2+} и Cu^{2+} стимуляция была выражена незначительно, а при высоких постепенно исчезала, заменяясь совместным токсическим действием обоих ТМ. Цинк, обладая относительно невысокой токсичностью, проявлял себя в основном как стимулятор, почти не обнаруживая токсического воздействия; в то время как медь при высокой дозе действовала как поллютант, и растения оказывались подавленными в большей степени, чем при внесении одного кадмия. Наиболее ярко описанные эффекты проявлялись при дозе кадмия 45 мг/кг, но куда слабее при 25 мг/кг.

Судя по внешнему виду и морфометрическим параметрам растений на 30-й день эксперимента, внесение цинка совместно с кадмием ослабляло токсическое воздействие последнего и способствовало восстановлению процессов роста и развития ячменя до уровней, близких к контрольным. Отмечалась стимуляция при максимальной (150 мг/кг) дозе цинка. Медь при внесении в почву 25 мг/кг кадмия, действовала похожим образом, но при дозе кадмия 45 мг/кг стимулирующий эффект меди отмечался лишь при низких ее дозах (50 мг/кг), в то время как при высоких проявлялось токсическое действие меди; при максимальной (200 мг/кг) наблюдалось полное подавление процессов роста и развития растений.

Оценив содержание элементов в почве, установили, что при высоких концентрациях меди (100 и 200 мг/кг), также как и при внесении в почву одного кадмия, отмечалось накопление в почвенном растворе марганца, стронция, кальция и калия. В случае если вместо меди вносился цинк, то концентрации этих металлов в почвенном растворе приближались к контрольным. Вероятной причиной наблюдаемых эффектов может быть то, что воздействие Cd^{2+} и Cu^{2+} в высокой дозе приводило к нарушению функций корня по поглощению

питательных ионов, которые, вымываясь из почвы, накапливались в почвенном растворе. Внесение цинка и меди в низкой концентрации способствовало восстановлению функций ризодермы корня по селективному поглощению ионов и эндодермы по их транспорту в стелу.

При внесении в почву одного кадмия заметного роста содержания МДА в тканях не наблюдалось. По мере увеличения дозы вносимого совместно с кадмием цинка происходил некоторый рост содержания МДА, что свидетельствовало об усиленной выработке активных форм кислорода (АФК). При относительно низкой (25 мг/кг) дозе кадмия внесение меди способствовало некоторому росту уровней содержания МДА; но по мере увеличения дозы меди отмечались разнонаправленные колебания этого показателя, и нельзя было говорить о развитии окислительного стресса. При более высокой дозе кадмия (45 мг/кг) и при максимальной концентрации меди (200 мг/кг) отмечался взрывной рост содержания МДА, но при более низких дозах меди значимых отличий от контроля не наблюдалось.

Наличие в почве ТМ действительно способствовало развитию окислительного стресса и связанного с ним процесса перекисного окисления липидов плазмалеммы, но эти эффекты приобретали яркую манифестацию лишь при дозах поллютантов, близких к летальным. При более низких концентрациях ТМ антиоксидантные системы организма, судя по всему, достаточно эффективно справлялись с детоксикацией АФК, потому роста содержания МДА не отмечалось.

Анализ содержания антиоксидантов позволил собрать следующие данные. Внесение кадмия в почву приводило к росту этого показателя, что говорило о накоплении АФК. Добавление цинка в почву практически не изменяло содержания антиоксидантов кроме наибольшей дозы цинка (150 мг/кг). В случае если медь вносилась вместе с невысокой (25 мг/кг) дозой кадмия, отмечалось постепенное усиление синтеза антиоксидантов, причем при максимальной дозе (200 мг/кг) меди этот показатель становился значимо выше такового при внесении одного кадмия. Сходная картина проявлялась еще более ярко в вариантах с более высокой (45 мг/кг) дозой кадмия.

Полученные данные, вместе с результатами анализа содержания МДА, свидетельствовали о том, что цинк достаточно ярко проявлял стимулирующее действие, позволяя растениям ячменя преодолевать последствия вызванного кадмием стресса, при этом даже при максимальной дозе токсическое действие цинка еще не проявлялось. С этим связан и некоторый спад накопления МДА и синтеза антиоксидантов при наибольшей дозе цинка. Медь более токсична, поэтому она в целом способствовала росту выхода АФК, на что организм реагировал усиленным синтезом антиоксидантов.

Содержание сырого протеина оказалось не слишком информативным показателем. Во всех рассмотренных вариантах данный показатель колебался на близких к контрольному уровнях. Однако в некоторых случаях все же отмечалось его некоторое возрастание, что могло быть связано с синтезом стрессовых белков. Рассмотренный показатель оказался слишком нечувствительным, не

позволяя четко отследить эффекты воздействия ТМ на синтез белков. Требуется оценить уровни экспрессии специфических белков.

Оценка структуры урожая позволила сделать следующие выводы. Воздействие кадмия приводило к существенному угнетению процессов роста и развития растений, особенно касающихся работы генеративных органов. Внесение цинка совместно с кадмием способствовало постепенному (по мере роста концентрации цинка) восстановлению нормальных функций организма, выраженному в увеличении зеленой массы, хотя при рассматриваемых дозах анализируемые показатели не возвращались к контрольному уровню. Стимулирующее действие цинка не затрагивало генеративные органы растений и отмечалось формирование большого количества пустых колосьев. Добавление меди отражалось на продуктивности сходным с цинком образом, но более ярко. Отчетливее всего это проявлялось при концентрации меди 100 мг/кг (в случае, если кадмий вносился в дозе 25 мг/кг) и 50 мг/кг (кадмий – 45 мг/кг). При этом масса зерна была выше таковой, чем при внесении цинка. Однако при увеличении дозы меди (кадмий – 45 мг/кг) стимулирующий эффект пропадал, сменяясь угнетением.

При внесении одного кадмия отмечалось высокое накопление данного ТМ в тканях растений ячменя, и в первую очередь – в соломе. Так, в соломе кадмия содержалось в 45 раз, а в зерне – в 25 больше, чем в контроле. Внесение ТМ-микроэлементов позволило уменьшить накопление кадмия. По сравнению с контрольным уровнем изменялось накопление кадмия в случае, если он в дозе 25 мг/кг вносился в почву совместно с медью. Отмечалось, что в соломе кадмий накапливался в меньшем количестве, чем в варианте с Cd_{45}, при том по мере роста дозы меди этот показатель поначалу снижался (в 21 раз выше контроля при 50 мг/кг меди, но в 12 раз выше контроля при 100 мг/кг меди). Впрочем, при дозе меди 200 мг/кг содержание кадмия в соломе возрастало до примерно такого же уровня, каковой отмечался в варианте $Cd_{45}Cu_{50}$, но был все же ниже, чем в Cd_{45} (в 28 раз выше контроля). Содержание кадмия в зерне было в вариантах $Cd_{25}Cu_{50}$ и $Cd_{25}Cu_{100}$ примерно таким же, как в Cd_{45} (в 14 раз выше контроля в обоих случаях), однако при максимальной дозе меди происходило неожиданное снижение накопления кадмия в зерне (в 7 раз выше контроля). Внесение совместно с кадмием цинка изменило накопление Cd^{2+} следующим образом. В варианте с минимальной дозой цинка $Cd_{45}Zn_{50}$ содержание кадмия в соломе резко возрастало, становясь гораздо выше, чем при внесении одного кадмия (в 58 раз выше контроля); при этом накопление в зерне, напротив, значительно падало (в 3 раза выше, чем в контроле). По мере роста дозы цинка содержание кадмия в соломе неуклонно снижалось, становясь в итоге ниже, чем при внесении одного кадмия (в 40 раз выше контроля при $Cd_{45}Zn_{100}$ и в 31 раз выше контроля в $Cd_{45}Zn_{150}$). Накопление кадмия в зерне увеличивалось, но было меньше, чем при внесении одного кадмия (в 18 и 14 раз выше контроля соответственно). Таким образом, медь способствовала снижению накопления кадмия и в соломе, и в зерне, а вот цинк, снижая накопление Cd^{2+} в зерне, стимулировал его переход в солому.

Медь накапливалась в надземной биомассе в количествах существенно меньших, чем кадмий. Ее накопление росло по мере возрастания дозы меди в почве, но она в малой степени переходила в зерно. В соломе цинк накапливался в большем количестве, чем медь во всех вариантах с ней. По мере увеличения дозы цинка его накопление в соломе росло, но не существенно. В зерне цинк накапливался в низкой концентрации. Следовательно, цинк демонстрировал тенденцию к накоплению в соломе, но не в зерне.

Выводы. В результате выполненного исследования удалось выяснить, что внесение в почву совместно с ТМ, обладающим главным образом токсическим действием, еще и ТМ – микроэлемента, существенно модифицировало наблюдаемый ответ растительного организма. Цинк, как менее токсичный элемент, в целом оказывал стимулирующее действие и позволял ослабить стрессовые эффекты. Медь, будучи более токсичной, проявляла стимулирующее действие лишь при небольших дозах (или когда поллютант – в данном случае кадмий – был внесен в меньшей концентрации), а при более высоких дозах меди она становилась синергистом кадмия, приводя к стойкому угнетению растений.

Библиографический список

1. Seregin I.V., Shpigun L.K., Ivaniov V.B. Distribution and toxic effects of cadmium and lead on maize roots // Russ. J. Plant Physiol. – 2004. – Vol.51. – P. 525–533.
2. Qin R., Wang C., Chen D., Bjorn L.O., Li S. Copper-induced root growth inhibition of *Allium cepa* var. *Agrogarum* L. involves disturbances in cell division and DNA damage // Environmental toxicology and chemistry. – 2015. – Vol. 34. – No5. – P. 1045-1055.
3. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. – М.: Наука, 1968. – 260 с.
4. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. – 656 с.
5. Heath R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 1968. – Vol. 125. – No 1. – P. 189-198.
6. Vijayalakshmi M., Ruckmani K. Ferric reducing anti-oxidant power assay in plant extract // Bangladesh J. Pharmacol. – 2016. – Vol. 11. – P. 570-572.
7. Lowry D.H., Rosebrough H.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folinphenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – No 1. – P. 265-275.

УДК 631(411.2:411.4:416.1)574

ДИНАМИКА ОБЩЕГО АЗОТА И УГЛЕРОДА В ЮЖНЫХ КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ КАЗАХСТАНА ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Жлоба Г. П., Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б.

ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», п. Научный, Республика Казахстан.

E-mail: *zhloba1@mail.ru*

Резюме. *Представлены данные наблюдений за сезонной динамикой содержания общего углерода и общего азота пахотного, целинного варианта южных карбонатных черноземов. Выявлено, что максимальные показатели запасов углерода характерны для начала вегетационного сезона, минимальные – для второй половины вегетационного сезона. Показатели общего азота незначительно варьируются в течение всего вегетационного периода,*

максимальные значения отмечены в фазе полной спелости. На целинном участке отмечены максимальные значения общего углерода и общего азота.
Summary. *The data of observations of the seasonal dynamics of the content of total carbon and total nitrogen of the arable, virgin variant of the southern carbonate chernozems are presented. It was revealed that the maximum indicators of carbon reserves are typical for the beginning of the growing season, the minimum - for the second half of the growing season. Indicators of total nitrogen vary slightly throughout the growing season, the maximum values were noted in the phase of full ripeness. In the virgin area, the maximum values of total carbon and total nitrogen were noted.*

Почва включает в себя большое количество химических элементов, которые представлены в виде разных соединений. Отличительной особенностью химического состава почвы считается высокое содержание азота и углерода. Отследить изменения химического состава почвы следует в верхнем горизонте, это связано с тем, что там сосредоточенна основная масса растительных остатков, в которых происходит накопление органогенных элементов [1].

Главным фактором почвенного плодородия может являться баланс содержания органического вещества, круговорот которого дает определение эффективного и потенциального плодородия почв. В качестве показателя в круговороте органического вещества стоит использовать цикл углерода в почве, который входит в основу органики в биосфере [2].

Углерод – это основание органических соединений, он находится в составе растительных и животных остатков, гумусовых веществ и углекислых солей. К основным функциям углерода в агрохимии относится активизация фотосинтеза, синтетических процессов в растении, уменьшения выхода из почвы парниковых газов в атмосферу, воспроизводству органического вещества почвы [3].

Азот, как и углерод, играет важную роль в биосфере. Он входит в состав органических остатков растений и животных, гумуса и накапливается в азотофиксирующих бактериях. При разложении в почве гумуса и остатков органического вещества образуются аммонийные и азотнокислые соли, служащие источником азотного питания растений [4]. Стоит выделить функцию углерода в трансформации азота в почве. Почвенное органическое вещество является главным природным источником обеспечения растений азотом. Поддержание определенного уровня обеспеченности почвы потенциально минерализуемым углеродом (органическим веществом) является важным условием включения содержащегося в почве минерального азота [5].

Отсутствие баланса азота и углерода в почве, нарушение оптимального сочетания элементов минерального питания для культуры в конкретных почвенно-климатических и агроэкологических условиях, в определенные фазы роста и развития растений впоследствии приводят к недобору урожаев, низкой стабильности продуктивности земледелия.

Требования к минимизации обработки почвы связанно с необходимостью накопления органического вещества. В настоящее время проводят много мероприятий по увеличению плодородия почвы, в том числе внедрение нулевой

технологии, которая получила широкое применение. Поэтому тема накопления углерода и общего азота, при применении разных технологий, в данной работе нулевой и традиционной актуальна на сегодняшнее время.

Задачей исследования являлось выявить влияние технологий возделывания на динамику общего азота и углерода в период вегетации.

Наблюдение за динамикой общего азота и углерода проводилось в 2022 году на полевых многолетних стационарах лаборатории Адаптивной и агроландшафтной технологии ТОО «НПЦЗХ имени А.И. Бараева», которые расположены в зоне южных карбонатных черноземов Северного Казахстана. Применены такие технологии возделывания, как нулевая и традиционная. Отбор почвенных образцов производился по фазам роста пшеницы (до посева, всходы, колошение, после уборки), в слое почвы 0-5, 5-10, 10-20 см. Схема опыта: целинный участок, бессменная пшеница традиционная технология, бессменная пшеница по нулевой технологии, пшеница по пару традиционная технология, пшеница по пару по нулевой технологии, пшеница по гороху традиционная технология, пшеница по гороху по нулевой технологии. Данные по показателям были получены в результате проведения агрохимического анализа общего углерода гумуса по методу Тюрина, общего азота по методу Кьельдаля на автоматической системе дистилляции UDK 139.

На всех участках в фазу полной спелости происходит увеличение общего азота в почве независимо от технологии возделывания. Прослеживается незначительное увеличение общего азота при нулевой технологии. Таким образом, в нашем исследовании минимальное значение общего азота составило 0,073 % в фазу колошения на пшенице по гороху по традиционной технологии в горизонте 10-20 см, максимальное значение 0,420 % в фазу полной спелости в пшенице после пара по нулевой технологии в горизонте 0-5 см. На целинном участке значения общего азота варьировались от 0,098 % до 0,420 % (Табл. 1).

Увеличение $C_{общ}$ происходит в фазу всходов независимо от технологии возделывания после идет понижение на стадии колошения и незначительное повышение на стадии полной спелости. Таким образом, в нашем исследовании минимальное значение углерода составило 1,34 % в фазу полной спелости на участке пшеница по гороху по нулевой технологи в горизонте 10-20 см, максимальное значение 2,34 % в фазу всходов на пшенице после пара по нулевой технологи в горизонте 0-5 см (Табл. 1). На целинном участке значения варьировались от 2,46 % и до 4,06 %.

C:N показывает обогащенность гумуса азотом. Стоит учитывать соотношение углерода к азоту, так как если общего углерода значительно больше общего азота, то процент развития бактерий и микроорганизмов будет ниже, время разложения органических веществ увеличится, так же, как и процесс

Таблица 1 – Динамика общего азота и общего углерода в почве, 2022 г.

Вариант	Слой почвы, см	$N_{общ}$, %					$C_{общ}$,%				
		До посева	Всходы	Колошение	Полной спелости	Среднее	До посева	Всходы	Колошение	Полной спелости	Среднее
Целина	0-5	0,412	0,213	0,140	0,378	0,286	4,01	3,23	3,72	4,06	3,76
	5-10	0,335	0,154	0,112	0,420	0,255	3,39	2,84	3,46	3,20	3,22
	10-20	0,271	0,126	0,098	0,392	0,222	2,72	2,55	2,46	2,71	2,61
Нулевая технология											
Бессменная пшеница	0-5	0,168	0,246	0,154	0,350	0,229	2,19	2,32	1,86	1,88	2,06
	5-10	0,176	0,193	0,104	0,308	0,195	1,66	2,03	1,73	1,64	1,77
	10-20	0,157	0,174	0,108	0,280	0,179	1,57	2,02	1,40	1,57	1,64
Пшеница по-сле пара	0-5	0,182	0,255	0,395	0,420	0,313	2,12	2,34	2,06	1,97	2,12
	5-10	0,157	0,213	0,213	0,280	0,216	2,01	2,08	1,64	1,48	1,80
	10-20	0,160	0,183	0,190	0,280	0,203	1,87	1,97	1,43	1,42	1,67
Пшеница по гороху	0-5	0,196	0,294	0,204	0,308	0,250	1,67	2,48	1,91	1,83	2,05
	5-10	0,174	0,224	0,227	0,280	0,226	1,97	2,18	1,81	1,62	1,85
	10-20	0,168	0,218	0,199	0,280	0,216	1,79	1,98	1,67	1,34	1,66
Традиционная технология											
Бессменная пшеница	0-5	0,182	0,249	0,146	0,280	0,214	2,21	2,19	1,89	1,89	2,05
	5-10	0,162	0,333	0,134	0,322	0,238	1,85	2,27	1,87	1,74	1,93
	10-20	0,131	0,232	0,134	0,392	0,222	1,93	2,09	1,60	1,66	1,82
Пшеница после пара	0-5	0,196	0,252	0,227	0,252	0,232	2,41	2,12	1,61	1,60	1,94
	5-10	0,174	0,238	0,367	0,294	0,268	1,65	2,13	1,92	1,66	1,84
	10-20	0,162	0,218	0,179	0,266	0,206	1,75	2,09	1,60	1,47	1,73
Пшеница по гороху	0-5	0,193	0,235	0,171	0,224	0,206	1,72	2,12	2,12	1,61	1,89
	5-10	0,185	0,252	0,123	0,266	0,207	1,85	2,15	1,70	1,66	1,84
	10-20	0,235	0,210	0,073	0,350	0,217	1,72	2,07	1,48	1,56	1,71

ферментации. Исходя из данных, значение показателя обогащенности гумуса азотом варьируется от среднего до низкого значения. Очень низкая обогащенность отмечается на целинном участке средние значения варьируются от 15,5 до 16,7. Это связано с отсутствием обработки почвы, с чем связана пониженная активность минерализации процессов. В фазе полной спелости на всех участках проявляется высокая обогащенность гумуса азотом. Средние значения варьируются от 7,3 до 10,5, то есть от высокой до средней обогащенности гумуса азотом (Таблица 2).

Таблица 2 – Соотношение общего углерода к общему азоту, 2022 г.

Вариант	Слой почвы, см	C:N				
		До посева	Всходы	Колошение	Полной спелости	Среднее значение
Целина	0-5	9,7	15,1	26,5	10,7	15,5
	5-10	10,1	18,4	30,8	7,6	16,7
	10-20	10,03	20,2	25,1	6,9	15,5
Нулевая технология						
Бессменная пшеница	0-5	13,0	9,4	12,1	5,3	9,9
	5-10	9,4	10,5	16,6	5,6	10,5
	10-20	10	11,6	12,9	5,6	10
Пшеница после пара	0-5	11,6	9,1	5,2	4,6	7,6
	5-10	12,8	9,7	7,1	5,2	8,7
	10-20	11,7	10,8	7,5	5,1	8,8
Пшеница по гороху	0-5	8,5	8,3	9,5	6,0	8,1
	5-10	11,3	9,7	7,97	5,8	8,7
	10-20	10,7	9,1	8,4	4,8	8,3
Традиционная технология						
Бессменная пшеница	0-5	12,1	8,8	12,9	6,75	10,1
	5-10	11,4	6,8	13,9	5,4	9,4
	10-20	14,7	9,0	11,9	4,2	9,9
Пшеница после пара	0-5	12,3	8,4	7,09	6,3	8,5
	5-10	9,5	8,9	5,2	5,6	7,3
	10-20	10,8	9,6	8,9	6,4	8,9
Пшеница по гороху	0-5	8,9	9	12,4	7,2	9,4
	5-10	10	8,5	13,8	6,2	9,6
	10-20	7,3	9,9	20,2	4,5	10,5

Установлено, что запасы углерода и общего азота на участке целина превышает значение по сравнению с остальными, это связано с постоянством процессов гумификации в почве. Выявлено, что пахотные почвы содержат незначительное количество углерода, его содержание и запасы варьируют не только по глубине почвенного профиля, но и в течение вегетационного сезона. Максимальные показатели запасов углерода характерны для начала вегетационного сезона, минимальные – для второй половины вегетационного сезона. Показатели общего азота незначительно варьируются в течение всего вегетационного периода, максимальные значения в фазе полной спелости. Несмотря на колебания запасов общего углерода, общего азота в течение вегетационного периода в начале и в конце сезонов исследования показатели значительно не изменялись, что может служить признаком стабильности всей системы почвенного органического вещества. Технологии не оказали влияние на обогащенность гумуса азотом.

Библиографический список

1. Ларионов Ю.С. Роль углерода и круговороты на его основе как предпосылки совершенствования системы мониторинга плодородия почв // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – № 2.

2. Щепащенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 123-132.

3. Кудеяров В.Н. Роль почв в круговороте углерода // Почвоведение. – 2005. – № 8. – С. 915-923.

4. А.С. Фатьянова, Почвоведение, Фатьянова, А.С; Тайчинова С.Н. [Текст] / – М.:Колос, -1972. – С. 32-33
5. Шихова, Л.Н. динамика содержания и запасов углерода гумуса в пахотных подзолистых почвах подзоны южной тайги Кировской области / Л.Н. Шихова, Е.М. Лисицын // Вестник Удмуртского университета. – 2014. – № 6. – С. 7-13.

УДК 631.45:631.874:574.2

СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗЕЛЕНЫХ УДОБРЕНИЙ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б., Филиппова Н.И., Жлоба Г.П.
ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», п. Научный, Республика Казахстан
E-mail: *zhloba1@mail.ru*

Резюме. *Запахивание в почву пластов многолетних трав, способствовало увеличению поступления органического вещества в виде растительных остатков, что позволило сохранить гумус и качество почвы. Наибольшую продуктивность надземной массы образовали эспарцет и донник, накопив наибольшее содержание азота, фосфора и калия. В среднем содержание гумуса в почве варьировало от низкого (2,90 %) к среднему (4,20 %), содержание лабильного углерода находилось в пределах от 0,38 до 0,87 % и различалось по годам.*
Summary. *Plowing into the soil layers of perennial grasses contributed to an increase in the flow of organic matter in the form of plant residues, which made it possible to preserve humus and soil quality. The highest productivity of the above-ground mass was formed by sainfoin and sweet clover, having accumulated the highest content of nitrogen, phosphorus and potassium. On average, the content of humus in the soil varied from low (2.90%) to medium (4.20%), the content of labile carbon ranged from 0.38 to 0.87% and varied over the years.*

Одной из составляющих экологического земледелия является замена техногенных факторов, биологическими с применением биоресурсов, таких как многолетние бобовые и злаковые травы в виде сидератов (зеленое удобрение), соломы, органических удобрений [1].

Использование многолетних трав в качестве предшественников под зерновые культуры – представляется одним из высокоэффективных приемов пополнения почв органическим веществом, повышение урожайности и качества продукции. Органическое земледелие приобретает интерес во всем мире в связи с низким воздействием на окружающую среду [2].

Применение зеленых удобрений повышает содержание органических веществ, а также дополняет запас питательных веществ в почве, что в итоге улучшает физические, химические и биологические свойства почвы, а также подавляет рост сорняков. Зеленое удобрение обеспечивает богатое питательными веществами органическое вещество для почвенных микроорганизмов, которые легко превращают органически связанные питательные вещества в растительных остатках в легкодоступную форму питательных веществ для сельскохозяйственных культур. Доля азота сидеральных удобрений, доступная последующей культуре, обычно составляет около 40-60 % от общего количества, содержащегося в бобовых культурах, и большое количество азота бобовых остается в почве преимущественно в органических формах. Однако благотворное

влияние сидератов на последующие культуры во многом зависит от количества и качества растительных остатков, типа почвы, ее плодородия, кислотности почвы, биологической активности, влажности почвы и температуры [3, 4].

В Акмолинской области Северного Казахстана почвы в большинстве своем имеют не высокое естественное плодородие, что характеризуется низким содержанием органического вещества и не высоким содержанием фосфора и азота. Получать хорошие урожаи зерновых культур на таких почвах сложно и возможно при условии поддержания и повышения плодородия почвы. Для положительного баланса органического вещества и питательных элементов в почве рекомендуется вносить удобрения, либо минеральные, либо органические. Вносить минеральные удобрения не всегда возможно из-за их высоких цен, органические из-за их отсутствия, так как животноводческих ферм почти нет, и поэтому актуальным является разработка и широкое внедрение в производство различных видов зеленых удобрений.

Запаханное в почву зеленное удобрение создает органическое вещество с запасным резервом всех необходимых растениям питательных веществ, которые в почве переходят в усвояемую форму, и постепенно, в течение всего вегетационного периода, обеспечивает непрерывный рост растений. Особенно ценным зеленным удобрением являются бобовые растения, у которых есть способность обогащать почву азотом благодаря использованию азота атмосферы. Использование многолетних трав в качестве предшественников под зерновые культуры – представляется одним из высокоэффективных приемов пополнения почв органическим веществом, повышения урожайности и качества продукции.

В ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева» с 2018 по 2020годы проводились исследования, целью которых было изучить влияние органических фонов с использованием многолетних трав и установить степень и характер изменения содержания гумуса и его лабильных форм при различных приемах биологизации.

Исследования проводились в зернопаровых трехпольных севооборотах лаборатории агрохимии, на поле № 9 ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Яровая пшеница и тритикале чередовались в севооборотах: пар-пшеница-пшеница и пар-тритикале-тритикале. Использовались сорта: яровая мягкая пшеница Шортандинская – 95 улучшенная, яровой тритикале Росинка. При органической системе, по пласту многолетних трав, варианты удобрений включают внесение в пар надземную биомассу бобовых трав: эспарцет – 47,1, люцерна – 43,2, донник – 47,1 ц/га и злаковых трав – кострец – 57,1, житняк – 48, 5 ц/га. Дозы органических удобрений рассчитаны с учетом обеспечения бездефицитного баланса элементов питания в почве. Отбор проб почвы проводился согласно стандарта ГОСТ 28168-89. Определение органического вещества почвы проводили по ГОСТу 26213-91, лабильного углерода по Кононовой-Бельчиковой.

Метеорологические условия в годы исследований, в целом, были благоприятными для роста и развития многолетних трав, пшеницы и ярового тритикале. Однако, в течение вегетационных периодов, температурный режим

характеризовался неустойчивостью, а выпавшие атмосферные осадки – неравномерностью распределения по месяцам и декадам. 2019 год можно охарактеризовать как более засушливым по сравнению с 2018 и 2020 годами, в 2019 году выпало 82,0 мм осадков, что на 54 мм ниже по сравнению со средними многолетними данными. В 2018 году выпало 202,6 мм, что на 65,9мм выше нормы, 2020 год выпало 124 мм, что на 12,3мм ниже нормы.

На изучаемых органических фонах максимальная биомасса житняка, костреца безостого сформировалась в период начала цветения, при этом продуктивность сухого вещества в среднем по годам составляла соответственно 123,6; 148,0 ц/га. Люцерна, эспарцет и донник наибольшую биомассу в среднем за годы исследований сформировали в фазу начала цветения, продуктивная надземная масса составила соответственно 126,7; 166,7 и 161,9 ц/га (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность надземной массы многолетних трав и содержание в ней элементов питания, 2018-2020 гг.

Культура	Продуктивность надземной массы (сухое вещество), ц/га	Содержание в сухом веществе, кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O
житняк	123,6	67,9	8,5	69,7
кострец	148,0	88,4	10,9	97,6
люцерна	126,7	99,6	11,4	77,7
эспарцет	166,7	128,4	13,6	120,4
донник	161,9	122,2	13,9	98,3

Наблюдениями за ростом и развитием трав установлено, что наибольшую продуктивность надземной массы образовали эспарцет и донник, поскольку у них более короткие межфазные периоды развития и эффективнее использовались осадки осенне-зимне-весеннего периода. Также, анализируя полученные данные, можно выделить такие культуры, как эспарцет и донник, в надземной массе которых накопилось наибольшее содержание азота, фосфора и калия. Содержание азота в сухом веществе эспарцета и донника в среднем составило 125,3 кг/га, что на 25,7кг/га больше, чем у житняка, 36,9 кг/га больше, чем у костреца, 25,7 кг/га больше, чем у люцерны. По фосфору и калию полученные значения у эспарцета и донника также выше, чем у житняка, костреца и люцерны.

На изучаемых вариантах в среднем за 2018-2020 годы содержание гумуса составило 3,34 %, что по градации Тюрина соответствует низкой обеспеченности почв гумусом. Учитывая климатические условия изучаемых лет, содержание гумуса в почве на разных культурах по разным предшественникам отличалось по годам. В среднем содержание гумуса варьировало от низкого (2,90 %) к среднему (4,20 %) (Табл. 2). Условия 2020 года повлияли на значительное накопление гумуса 4,15-4,20 % на посевах ярового тритикале по пласту донника и житняка, а также на яровой пшенице по пласту житняка на всех вариантах с многолетними травами.

Таблица 2 – Содержание органического вещества в почве, %, в слое 0-20 см

Культура	Яровая пшеница			Яровой тритикале		
	2018г.	2019г.	2020г.	2018г.	2019г.	2020г.
По пласту донника						
Эспарцет	3,56	3,21	3,47	3,78	2,92	4,02
Люцерна	3,34	3,33	3,27	3,60	3,22	4,08
Донник	3,29	3,46	3,10	3,52	2,99	4,53
Костер	3,03	3,53	2,91	3,68	2,90	3,94
Житняк	3,00	3,30	3,16	3,27	3,13	4,20
Среднее	*3,24*	*3,37*	*3,18*	*3,57*	*3,03*	*4,15*
По пласту житняка						
Эспарцет	3,63	3,17	4,63	3,29	2,90	4,16
Люцерна	3,59	2,69	4,08	3,51	2,73	3,96
Донник	3,48	2,96	3,73	3,42	3,04	4,19
Костер	3,17	3,04	3,91	3,66	2,77	4,31
Житняк	3,53	2,66	4,39	3,74	3,13	4,36
Среднее	*3,48*	*2,90*	*4,15*	*3,52*	*2,91*	*4,20*

Результаты проведенных 2018-2020 гг. исследованиях позволили установить, что содержание лабильного углерода в пахотном слое почвы под культурами севооборота зависело от приемов биологизации и климатических условий вегетационного периода (таблица 3). В среднем содержание лабильного углерода находилось в пределах от 0,38 до 0,87 % и различалось по годам. В засушливые условия 2019 года лабильный углерод и на яровой пшенице и тритикале образовывался менее активно и находился на уровне от 0,45 до 0,65 %. В более увлажненные 2018 г. и 2020 г. накопление лабильного углерода проходило интенсивнее и составило от 0,71 до 0,77 %, не зависимо от вида многолетних трав.

Таблица 3 – Содержание лабильного углерода в почве, %, в слое 0-20 см

Культура	Яровая пшеница			Яровой тритикале		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
По пласту донника						
Эспарцет	0,72	0,70	0,78	0,74	0,35	0,68
Люцерна	0,72	0,66	0,75	0,74	0,40	0,68
Донник	0,79	0,66	0,64	0,75	0,44	0,56
Костер	0,75	0,68	0,69	0,74	0,38	0,68
Житняк	0,73	0,71	0,69	0,71	0,42	0,65
Среднее	*0,74*	*0,68*	*0,71*	*0,74*	*0,40*	*0,65*
По пласту житняка						
Эспарцет	0,78	0,61	0,81	0,74	0,52	0,79
Люцерна	0,82	0,66	0,83	0,78	0,54	0,70
Донник	0,75	0,68	0,77	0,85	0,50	0,78
Костер	0,70	0,68	0,87	0,79	0,46	0,78
Житняк	0,75	0,63	0,79	0,83	0,51	0,73
Среднее	*0,76*	*0,65*	*0,81*	*0,80*	*0,51*	*0,76*

Анализируя полученные результаты исследований по использованию зеленых удобрений, можно отметить, что запахивание в почву пластов многолетних трав, способствовало увеличению поступления органического вещества в

виде растительных остатков, что позволило сохранить гумус и качество почвы. Такие культуры как эспарцет и донник образовали наибольшую продуктивную массу (164,3 ц/га) с наибольшим содержанием азота, фосфора, калия, что способствовало наибольшему образованию лабильного углерода и сохранению органического вещества без потерь.

В современных экономических условиях применение многолетних трав, способствует увеличению поступления органического вещества в почву в виде растительных остатков, что, свою очередь, позволит на фоне органических и минеральных удобрений решить проблему воспроизводства гумуса почв до его бездефицитного баланса, ведь гумусированные почвы отличаются лучшими физическими свойствами, благоприятными водно-воздушным, тепловым и фитосанитарным режимами, повышенной биологической активностью.

Библиографический список

1. Борисова Е.Е. Применение сидератов в мире // Вестник НГИЭИ. – 2015. – №6 (49). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sideratov-v-mire (дата обращения: 04.09.2023).
2. Сатаров Г.А. Эффективное плодородие почв и применение зеленых удобрений для его улучшения// Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – №1. – С. 148-154
3. Дедов А.В., Несмеянова М.А. Лабильное органическое вещество почв и приёмы его регулирования // Известия ОГАУ, – 2017. – №5 (67). – С. 8-10
4. Дедов А. В., Несмеянова М. А. Влияние многолетних трав на плодородие почв // Агрохимический вестник. – 2012. – №4. – С. 7-9

УДК 631.465: 631.445.25

АКТИВНОСТЬ ОКСИРЕДУКТАЗ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ МНОГОЛЕТНЕГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА

Зинченко М.К., Автономова И.Н.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *popel62@yandex.ru*

***Резюме**. Активности оксиредуктаз, направленная на дипонирование гумуса, формируется в серой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом. Преимущество при этом принадлежит органоминеральным фонам интенсификации.*
***Summary**. The activity of oxyreductases aimed at the diposition of humus is formed in gray forest soil with a second humus horizon. The advantage in this case belongs to the organomineral backgrounds of intensification.*

Биологическая активность почвы обусловлена суммарным содержанием в почве определенного запаса ферментов, как выделенных в процессе жизнедеятельности растений и микроорганизмов, так и аккумулированных почвой после разрушения отмерших клеток [1, 2]. Плодородие почвы тесно связано с ферментативной активностью. Ферментативная активность может существенно изменяться в зависимости от вида возделываемой культуры, способа обработки почвы и степени ее удобренности [3-5]. Уровень активность окислительно-восстановительных ферментов связывают с характеристикой интенсивности биогенеза гумуса, что представляют большой интерес с точки зрения

плодородия почвы и экологической устойчивости агроландшафтов. Для оценки этих процессов в почве агроландшафтов мы использовали активность ферментов: каталазы, полифенолоксидазы и пероксидазы.

Целью исследований было оценить активность окислительно-восстановительных ферментов в почвенных разностях серой лесной почвы на базе стационарного опыта по усовершенствованию АЛСЗ.

С учетом почвенной карты опытного участка микробиологические исследования в 2022 г. проводились на двух почвенных разностях – серой лесной почве (СЛ) и серой лесной почве с вторым гумусовым горизонтом (СЛ ВГГ). Для изучения выбраны контрастные фоны интенсификации на ярусе энергосберегающей плоскорезной обработки на глубину 10-12 см (табл. 1).

Образцы почвы для микробиологического анализа отбирались по вариантам опытов из слоя 0-20 и 20-40 см. Отборы образцов проведены 31 мая, 24 июля и 5 сентября 2022 года.

В свежевысушенных почвенных образцах учитывалась активность следующих ферментов: каталазы – газометрический метод А.Ш. Галстяна; полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПД) – метод К.А. Козлова [6].

Таблица 1 – Изучаемые фоны интенсификации

Н	И	ИМ	ВИМ	ИОМ	ВИОМ
Мн. травы 1г.	Мн. травы 1г.	Мн. травы 1г.	Мн. травы 1г.	Ячмень + мн. травы NPK- 60	Ячмень + мн. травы NPK- 90
Количество удобрений за ротацию севооборота					
Навоз 40т/га	Навоз 40т/га+ N100P80 K160	N350P220 K390	N480P280 K575	Навоз 60т/га+ N310P150 K310	Навоз 80т/га+ N430P160 K360

Примечание: *Н- нулевой фон; И- интенсивный фон; ИМ- интенсивный минеральный фон; ВИМ-высокоинтенсивный минеральный фон; ИОМ-интенсивный органоминеральный фон; ВИОМ - высокоинтенсивный органоминеральный фон.

Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (p=0,05) с вычислением значений средних, отклонения от среднего, коэффициента вариации, НСР и использованием критерия Фишера для оценки существенности разности между средними, построение графиков с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Каталаза – это фермент, участвующий в биогенезе гумусовых соединений, по активности которого судят о насыщенности слоев почвы микроорганизмами при катализе реакции разложения перекиси водорода, как продукта их жизнедеятельности.

Выявленные биохимическим методом различия в каталазной активности серой лесной почвы по фонам интенсификации статистически недостоверны ($F_э < F_т$). Однако прослеживаются определенные закономерности (табл. 2). Самые низкие показатели каталазной активности зафиксированы в слое 0-20 см на нулевом фоне – 1,62 мл O_2/1г почвы в мин. Такой уровень активности каталазы характерен для двух почвенных разностей. Аналогичная тенденция

сохраняется и в слое 20-40 на нулевом фоне интенсификации. Это может быть следствием снижения общей численности и метаболической активности основных экологических групп микрофлоры, так как активность каталазы хорошо коррелирует с интенсивностью почвенного дыхания и общей численностью микроорганизмов. На фонах с использованием минерального и органоминерального комплекса активность каталазы более стабильна и определяется средними значениями более 2 мл O_2/1г почвы в мин.

Таблица 2 – Активность каталазы в почвенных разностях серой лесной почвы агроландшафтов, среднее за сезон

Фон интенсификации	Глубина, см	мл O_2/1г почвы в минуту			
		СЛ		СЛ ВГГ	
		XS± S(X)	V, %	XS± S(X)	V, %
Нулевой	0-20 20-40	1,62±0,22 0,74±0,34	13,6 45,3	1,62±0,20 1,08±0,43	12,1 39,6
Интенсивный	0-20 20-40	1,98±0,19 1,11±0,40	9,4 35,5	2,22±0,32 1,41±0,20	14,5 14,4
Интенсивный минеральный	0-20 20-40	1,98±0,24 1,45± 0,35	11,9 24,4	2,35±0,34 1,08±0,37	14,3 34,2
Высокоинтенсивный минеральный	0-20 20-40	2,02±0,34 1,10±0,48	17,0 43,5	2,27±0,33 1,43±0,17	14,8 11,5
Интенсивный органоминеральный	0-20 20-40	1,91±0,42 0,94±0,44	21,8 46,8	2,06±0,47 1,49±0,14	22,9 9,3
Высокоинтенсивный органоминеральный	0-20 20-40	2,02±0,44 1,19±0,47	22,0 39,5	2,21±0,27 1,49±0,45	12,2 30,4
Среднее по почвенной разности	0-20 20-40	1,92±0,32 1,09±0,42	-	2,12±0,33 1,33 ± 0,32	-

Серая лесная почва со ВГГ характеризуется более высокими значениями активности каталазы. Подобный тренд сохраняется во всех слоях почвы. Особенно это характерно для второго гумусового горизонта, где средние показатели по почвенной разности на 19 % выше, чем в серой лесной почве. Если рассматривать активность фермента в слое 0-40см, то она также выше в серой лесной почве со ВГГ в среднем на 17 % относительно генетического аналога – серой лесной почвы (рис. 1).

Активность каталазы возрастает ко времени репродуктивного периода развития сельскохозяйственных культур (июль) в изучаемых почвенных разностях. Это подтверждается и в исследованиях предыдущих лет [7, 8].

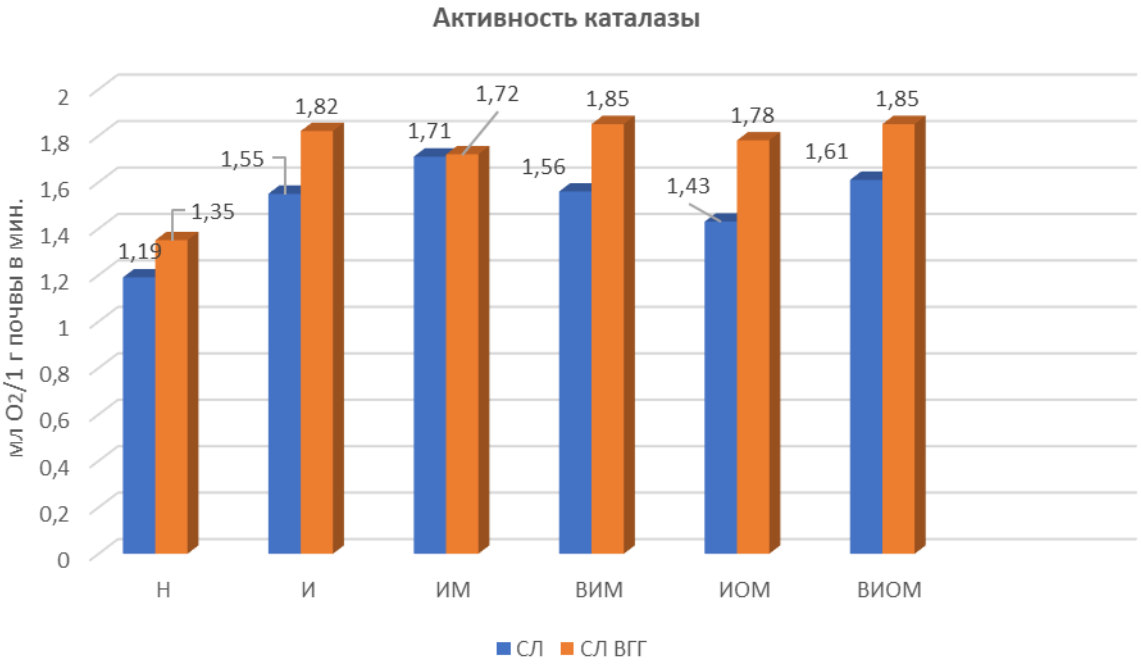


Рисунок 1 – Активность каталазы в слое почвы 0-40 см

Интенсивность и характер процессов трансформации органического вещества почвы оценивали по активности окислительно-восстановительных редокс-ферментов – полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПД). Пероксидаза катализирует окисление фенолов за счет кислорода перекиси водорода и участвует в процессе минерализации гумусовых веществ.

Самые высокие значения активности пероксидазы зафиксированы в серой лесной почве на ВИМФ – 0,79 мл 0,01н I_2/1г почвы. Увеличение активности ПД на этом фоне указывает на нежелательные процессы в почве, то есть возможную интенсификацию ферментативного распада высокомолекулярных гумусовых соединений. Выявлен тренд более высокой активности фермента во втором гумусовом горизонте (слой 20-40см) серой лесной почвы. Полученные закономерности указывают, что ВГГ характеризуется более интенсивной активностью биохимических процессов, специализированных на трансформации гумусовых веществ.

Полифенолоксидаза (ПФО) осуществляет окисление фенолов за счет кислорода воздуха до хинонов, которые способны к быстрой полимеризации, конденсации и образованию гумусоподобных веществ. То есть, участвует в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса. Наиболее интенсивно синтез гумусовых соединений, обусловленный активностью ПФО, проходил в слое 0-20 см серой лесной почвы со ВГГ. В среднем по почвенной разности активность фермента составила 0,37 мл I_2/1 г почвы. Аналогичные значения получены и в слое 20-40см – 0,33 мл I_2/1 г. То есть окислительно-восстановительные процессы синтеза гумусовых соединений проходят с одинаковой степенью активации и во ВГГ.

В серой лесной почве в большей степени наблюдается аккумуляция ПФО в пахотном слое (0-20см). Активность фермента здесь на 31 % выше, чем в слое

20-40 см. Средняя активность ПФО во втором гумусовом горизонте (слое 20-40 см) на 46 % выше, чем на аналогичной глубине в серой лесной почве. На рисунке 2 визуально видно, что полифенолоксидазная активность в слое 0-40 см серой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом выше в 1,5-2 раза, чем в серой лесной почве. Исключение составил нулевой фон (рис.2).

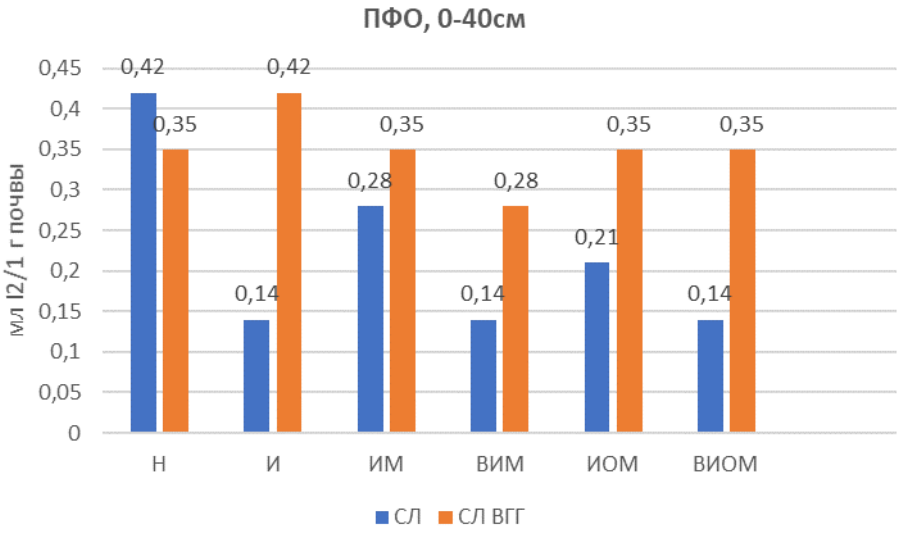


Рисунок 2 – Активность ПФО в зависимости
от фона интенсификации и почвенной разности

Самые низкие значения изучаемого фермента зафиксированы в серой лесной почве высокоинтенсивного минерального фона. Длительное применение высоких доз удобрений снизило ферментативную активность ПФО по сравнению с вариантами, где насыщенность минеральными удобрениями отсутствовала или была средней.

Минимальные значения коэффициента гумусонакопления отмечены в серой лесной почве высокоинтенсивного минерального фона. Это указывает, что трансформация органического вещества почвы, обусловленная активностью пероксидазы и полифенолоксидазы, на этих фонах активно смещалась к интенсивной минерализации гумуса (рис. 3). Аналогичная тенденция отмечается на этом фоне и в серой лесной почве со ВГГ при более высоких значениях (Кг – 0,47). Это связано, в первую очередь, со снижением активности ПФО на высокоинтенсивном минеральном фоне и активизацией пероксидазной активности, особенно в серой лесной почве. То есть использование только минеральной системы удобрений на высокоинтенсивном минеральном фоне может провоцировать биохимические процессы, снижающие гумусонакопление.

В серой лесной почве со ВГГ при использовании комплекса органоминеральных удобрений формируется биохимический потенциал, направленный на снижение активной минерализации составляющих высокомолекулярных гумусовых соединений, что определяет относительно стабильный уровень ее экологической устойчивости.

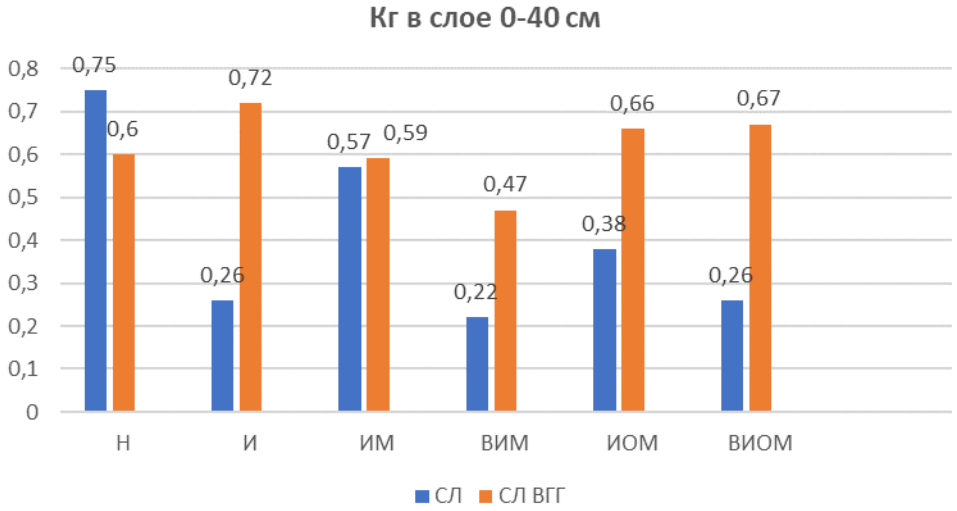


Рисунок 3 – Коэффициенты гумусонакопления в зависимости от фонов интенсификации и почвенных разностей

Полученные результаты ферментативного анализа оксиредуктаз мы сопоставили с данными определения органического углерода в изучаемых почвенных разностях. Содержание гумуса и запасы органического вещества являются традиционными показателями плодородия и экологической устойчивости почвы. Максимальные значения накопления гумуса (4,86 %) отмечаются на интенсивном фоне в серой лесной почве со ВГГ, где применялся навоз 40 т/га и ежегодно средние дозы удобрений (NPK30-60).

Преимуществом в накоплении органического вещества обладают серые лесные почвы со ВГГ, что связано с особенностями их генезиса и спецификой биохимических процессов, направленных на иммобилизацию органического вещества и депонирование гумусовых соединений в изучаемом профиле почвы.

Резюмируя результаты исследований по активности оксиредуктаз, можно заключить, что более благоприятные эколого-биохимические условия для протекания окислительно-восстановительных процессов, направленных на дипонирование гумуса, складывались в серой лесной почве со ВГГ, Преимущество при этом принадлежит органоминеральным фонам интенсификации.

Таким образом, полученная с помощью биологической диагностики информация об активности окислительно-восстановительных ферментов, позволила оценить направленность и интенсивность трансформации органического вещества в почвенных разностях, и представленные результаты сопоставимы с данными содержания органического углерода.

Библиографический список

1. Тихонович И.А., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Почвоведение. – 2006. – №5 (32). – С. 9-12.
2. Нечаева Е.Х., Марковская Г.К., Мельникова Н.А. Параметры оценки биологической активности почвы // Эпоха науки. – 2015. – №4. – С.495-498.
3. Кудеяров В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т.85. – №9. – С. 771-775.
4. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев и др. // Почвоведение. – 2014. –

№6. – С. 724-733.
5. Кожевников Н.В., Заушинцева А.В., Романов В.Н. Влияние ресурсосберегающих технологий основной обработки на ферментативную активность чернозема обыкновенного Красноярской лесостепи / /Самарский научный вестник. – 2018. – Т 7. – №4 (25). – С.49-56.
6. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
7. Зинченко М.К. Ферментативные процессы в серых лесных почвах Верхневолжья: монография. – ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». – Иваново: ПреССто, 2019. – 140с.
8. Зинченко М.К. Мониторинг активности каталазы в серой лесной почве Верхневолжья // Владимирский земледелец. – 2021. – №1. – С. 7-11.

УДК 631.51.01:631.439

ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ОВСОМ ЯРОВЫМ С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Зинченко С.И., Рыжова Л.Е., Князева И.В.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Владимирская обл., п. Новый
E-mail: *zinchenkosergei@mail.ru*

***Резюме**. В Опольной зоне Владимирской области изучено влияние приемов основной обработки под овес с подсевом многолетних трав на плотность сложения серой лесной почвы. Выявлены оптимальные показатели (плотность сложения, общая скважность, капиллярная и некапиллярные скважности) для возделывания овса с подсевом многолетних трав.*
***Summary**. In the Opole zone of the Vladimir region, the influence of methods of basic processing for oats with the sowing of perennial grasses on the density of gray forest soil was studied. Optimal indicators (addition density, total borehole, capillary and non-capillary boreholes) for cultivation of oats with sowing of perennial grasses have been identified.*

Обоснование эффективности применения в агроэкосистемах приемов основной обработки серой лесной почвы под овес с подсевом многолетних трав (клевер+тимофеевка) базируется на результатах изучения динамики изменения плотности сложения в 2015, 2016, 2021 гг. пахотного слоя (0-30 см), где обычно в серых лесных почвах Ополья располагается основная масса активных корней большинства сельскохозяйственных культур [1]. У овса от 36,7 до 46,8 % [2].

В период основной обработки и после обработки под овес с подсевом многолетних трав после ячменя ярового (сентябрь-октябрь) атмосферных осадков выпало от многолетней нормы соответственно 44,5 и 68,0 %.

Основную обработку проводили (сентябрь) при влажности на уровне наименьшей влагоемкости (НВ) (21,9 %) – 21,3-26,6 %. Она в целом была оптимальной для крошения почвы, в период основной обработки (22 %). Более высокая влажность почвы в этот период отмечалась на вариантах с ежегодной обработкой на 20-22 см и разноглубинных обработках, и составляла 23,1-26,6 % ($НСР_{05}$=3,1 %).

После проведения основной обработки влажность в изучаемом слое почвы за счет выпавших атмосферных осадков и понижении температуры воздуха по опыту выравнивались, и была на уровне – 24,3-27,1 % ($НСР_{05}$=2,9 %). По вариантам опыта она была на одном уровне.

В период посева овса с подсевом многолетних трав (клевер+тимофеевка) в мае месяце запасы влаги были выше уровня наименьшей влагоемкости (21,9 %) и составляли – 25,9-27,4 % ($НСР_{05}$=3,7 %). Их уровень был благоприятный для возделывания культуры.

После посева запасы влаги в слое почвы 0-30 см снижаются на 4,1-6,4 %, вероятно за счет активного испарения с открытой поверхности почвы, но оставались на уровне 19,5-23,0 % ($НСР_{05}$=3,1 %), то есть практически на уровне наименьшей влагоемкости – 21,9 % [3].

К выметыванию запасы влаги в почве продолжали уменьшаться за счет испарения и их использования растениями. И несмотря на то, что атмосферных осадков выпало на 41,1 % больше многолетней нормы, по вариантам они выравнивались и были на уровне 17,5-19,0 % ($НСР_{05}$ = 2,9 %). К созреванию (август) атмосферные осадки, превышающие норму на 71,2 %, но за счет испарения и использования растениями ее на формирование биомассы запасы продуктивной влаги снижались, но оставались на одном уровне – 14,4-16,7 % ($НСР_{05}$ = 3,1 %).

В целом, влажность почвы под овсом с подсевом многолетних трав в слое 0-30 см между вариантами опыта в периоды наблюдений была на одном уровне. Ее уровень зависел от суммы выпадающих атмосферных осадков и фазы развития культуры.

За величину равновесной плотности сложения для серой лесной среднесуглинистой почвы мы приняли величину плотности сложения на участке пятидесятилетней залежи, расположенной у полевого опыта.

После уборки предшествующей культуры (ячмень) плотность сложения в слое 0-30 см по вариантам опыта была на уровне 1,43-1,47 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,08 г/см^3) и приближалась к равновесным показателям плотности. В среднем за годы исследований на залежи он соответствовал соответственно – 1,48 г/см^3.

Осеннюю обработку проводили при влажности почвы в пределах оптимального для крошения почвы – 21,3-26,6 %. Проведение основной обработки приводило к снижению плотности в зависимости от глубины и приема обработки до 1,13-1,43 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,10 г/см^3).

На вариантах с ежегодным рыхлением на 6-8 см и периодическим рыхлением на 6-8 см в чередовании с ярусной вспашкой на 28-30 см наблюдается, более повышенная плотность сложения – 1,31 и 1,43 г/см^3. Вероятно, в варианте с ежегодным рыхлением под предшествующие культуры и овес в севообороте на 6-8 см, после ярусной вспашки на 28-30 см под озимую рожь не сохраняется последействие глубокой обработки.

К посеву на вариантах с рыхлением на 20-22 см за счет естественных процессов почва уплотнялась на 0,10-0,16 г/см^3, а на вариантах с рыхлением под овес на 6-8 см происходило разуплотнение на 0,01-0,08 г/см^3. Уровень плотности сложения почвы выравнивался и достигал оптимального диапазона для возделывания зерновых культур. По вариантам опыта она была на одном уровне 1,29-1,35 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,08 г/см^3). На залежи в этот период равновесная плотность сложения составила 1,48 г/см^3.

После посева за счет сил гравитации, давления сельскохозяйственной техники и орудий в слое 0-30 см происходило уплотнение почвы до 1,35-1,41 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,11 г/см^3).

К фазе вымётывание овса почва продолжала уплотняться, не зависимо от приёма и глубины обработки – 1,41-1,48 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,10 г/см^3). На вариантах с периодическим рыхлением на 6-8 см в чередовании с ярусной вспашкой на 28-30 см плотность сложения достигала равновесной –1,48 г/см^3.

К уборке плотность почвы в слое 0-30 см продолжала увеличиваться, не зависимо от приема и глубины основной обработки и стремится к своему равновесному сложению, достигая величин – 1,38-1,49 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,13 г/см^3). В период уборки (август) наиболее близко к равновесной плотности сложения приближается плотность на вариантах с рыхлением на 6-8 см – 1,48-1,49 г/см^3.

Рыхление серой лесной почвы за счет приемов основной обработки снижает ее плотность сложения за счет изменения скважности почвы. Скважность почвы в первую очередь представляет общую скважность, представленную порами различных размеров.

Наблюдения за показателями общей скважности показывают, что до проведения основной обработки на вариантах опыта (после уборки предшествующей культуры – ячменя) она была на уровне 43,4-44,3 %, на участке залежи – 43,4 %. То есть общая скважность в агроэкосистемах в этот период не превышала равновесную общую скважность на участке залежи и была на ее уровне.

После проведения основной обработки почвы, за счет ее рыхления общая скважность на изучаемых вариантах увеличивалась на 1,6-12,5 %. Наибольший объем скважности отмечается на вариантах с рыхлением на глубину 20-22 см. После посева за счет увеличения плотности сложения общая скважность снижается на 3,8-8,6 %. Наибольшее снижение объема общей скважности происходит на вариантах с рыхлением на глубину 20-22 см.

К колошению и уборке с уменьшением влажности почвы до 14,4-16,6 % и продолжающемся увеличением плотности сложения объем общей скважности уменьшается и к уборке достигает уровня периода «до обработки» – 42,4-44,5 %.

Общая скважность представляет сумму объемов капиллярной и некапиллярной скважности. Капиллярная скважность определяет возможность почвы задерживать в этих порах воду для использования растениями или способствует перемещению по ним к месту ее потребления.

Перед обработкой объем капиллярных пор в слое почвы 0-30 см на изучаемых вариантах был на уровне залежи и соответствовал 30,0-40,6 %.

В весенний период после посева в результате увеличения на всех вариантах плотности сложения объем капиллярной скважности увеличивается, на вариантах с рыхлением на глубину 20-22 см на 1,3-3,4 %. Приближаясь к уровню капиллярной скважности на участке залежи – 39,2 %. При рыхлении на 6-8 см объем капиллярных пор, как и в период после основной обработки был на уровне 39,3-39,7 % и соответствовал уровню некапиллярной скважности участка залежи.

После основной обработки капиллярная скважность формируется на

уровне 36,9-39,7 %.

В последующие фазы развития овса с подсевом многолетних трав с увеличением плотности сложения объем капиллярных пор снижается и к уборке достигает уровня 39,4-42,4 % от общей скважности.

Составной частью общей скважности является некапиллярная скважность. Которая влияет на газообмен почвы и атмосферы, интенсивность впитывания выпадающих осадков в почву. Перед проведением основной обработки под овес объем некапиллярных пор по вариантам опыта находился на уровне 3,6-5,7 %.

На варианте залежи он соответствовал – 2,7 % от объема общей скважности. Объем некапиллярной скважности на изучаемых вариантах превышал объем некапиллярной скважности на участке залежи на 0,9-3,0 %, вероятно, на уровень некапиллярной скважности на изучаемых вариантах оказало влияние последействие предыдущих основных обработок в зернотравяном севообороте.

После рыхления в агроэкосистемах наибольший объем некапиллярных пор формируется на вариантах с обработкой на глубину 20-22 см и особенно с предыдущими – на 28-30 см. Если при ежегодном рыхлении на 6-8 см объем некапиллярных пор увеличивается на 6,1 %, то при рыхлении на 20-22 см на 6,8-15,0 %. В экосистеме он оставался на прежнем уровне и составил 2,7 % от общей скважности.

Однако после проведения посева в весенний период с увеличением плотности сложения по вариантам опыта объем некапиллярных пор резко снижается, на вариантах с рыхлением на глубину 20-22 см на 4,2-11,6 %. На варианте с рыхлением на 6-8 см с предыдущей обработкой под озимую рожь на 28-30 см некапиллярная скважность от периода «до обработки» и к периоду «после посева» оставалась практически на одном уровне. Вероятно, здесь наблюдаем последействие ярусной вспашки на 28-30 см. На варианте с рыхлением на 6-8 см она формировалась на уровне 5,9 % от общей скважности.

В последующие фазы развития овса с подсевом многолетних трав объем некапиллярных пор на вариантах опыта с увеличением плотности сложения уменьшался и к уборке практически достигал уровня объема некапиллярных пор в период «перед обработкой» и соответствовал – 2,4-6,1 % от уровня общей скважности. Но ее объем был выше уровня некапиллярной скважности в этот период на участке залежи – 1,3 %.

Анализируя полученный урожай и сформированную плотность сложения в изучаемых вариантах основной обработки в зернотравяном севообороте под овес с подсевом многолетних трав, можно отметить, что урожайность овса была на уровне 2,93-3,07 т/га ($НСР_{05}$=0,26 т/га).

Тенденция к снижению уровня урожайности в сравнении с ежегодными обработками на 20-22 см или их чередования с ярусной вспашкой отмечается на ежегодном рыхлении на 6-8 см – 2,93 т/га. На остальных вариантах урожайность овса была на одном уровне – 3,01-3,07 т/га.

Однако существенной разницы между изучаемыми вариантами в урожайности не наблюдается. А в связи с тем, что урожайность овса на изучаемых

вариантах формировалась при плотности сложения серой лесной почвы в слое 0-30 см в интервале от 1,35 до 1,49 г/см^3, общей скважности – 42,1-48,5 %, капиллярной скважности – 39,4-42,5 % и некапиллярной скважности – 1,6-8,1 % этот интервал этих показателей, вероятно, являются оптимальными для формирования урожая овса с подсевом многолетних трав.

Равновесная плотность сложения в этот период на залежи составила – 1,42-1,49 г/см^3, общая скважность – 40,6-44,2 %, капиллярная скважность – 39,0-41,0 % и некапиллярная скважность – 2,0-2,7 %.

Библиографический список

1. Красильников П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений. – Л.: Наука, 1983. – С. 127-132.
2.Зинченко С.И. Особенности развития корневой системы зерновых культур // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 32-35.
3. Зинченко С.И. Характеристики отдельных физических и почвенно-гидрологических свойств метрового профиля серой лесной почвы // Владимирский земледелец. – 2018. – № 1(83). – С.2-5.

УДК 528.854.2

СПОСОБЫ БЫСТРОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Золотухин А.Н.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *alipijj@rambler.ru*

Резюме. *В статье рассмотрены варианты, быстрой классификации данных дистанционного зондирования земли (ДДЗЗ) по видам землепользования.*
Ключевые слова: *дистанционное зондирование земли, дешифрирование, классификация земель.*
Summary*. The article considers options for a quick classification of earth remote sensing (ERS) data by types of land use.*
Key words: *remote sensing of the earth, interpretation, classification of lands.*

Введение. В настоящее время ДДЗЗ активно используются в различных хозяйственных сферах: планирование землепользования, гидрологическое моделировании, мониторинг состояния и структуры посевных площадей [1], анализ временных изменений территорий и других. К числу основных преимуществ использования современных дистанционных методов относятся: постоянная актуализация информации, высокая детализация получаемых снимков, строго определенные сроки получения данных, общедоступность материалов.

Зачастую в задачах распознавания (дешифрирования) приходится выделять несколько групп объектов определенного типа. В этом случае необходимо использование признаков, позволяющих отличить каждую группу от всех остальных. Такие группы в распознавании принято именовать классами. В принципе, задача может состоять в выделении только одного класса (целевого), а все остальное можно рассматривать как класс «прочее». Поэтому в любом случае распознавание можно рассматривать как задачу классификации

множества образов [2]. При всем обилии алгоритмов классификации и схем их обучения, подбор подходящих для решения конкретных задач параметров представляет собой достаточно сложный предмет. Применение для решения подобных задач инструментов интегрируемым с ГИС имеет ряд преимуществ перед использованием самостоятельных приложений: наличие удобных инструментов подготовки и редактирования тренировочных наборов данных, а также широкие возможности постобработки.

Материалы и методы. Использованы следующие инструменты получения классификаций:

1. Данные открытого сервиса Esri Sentinel-2 Land Cover (https://livingatlas.arcgis.com/landcover). Слой отображает глобальную карту землепользования (почвенного покрова), полученную из изображений ESA Sentinel-2 с разрешением 10 м за 2017–2022 годы. Карта создается с помощью модели глубокого обучения «Impact Observatory», обученной с использованием более пяти миллиардов пикселей Sentinel-2 с ручной маркировкой, отобранных из более чем 20 000 мест, распределенных по всем основным биомам мира [3]. Для создания годовой карты модель запускается для нескольких дат снимков в течение года в шести спектральных диапазонах, а выходные данные объединяются в окончательную репрезентативную карту. Выходной слой содержит 9 классов в числе которых: акватории, лесная растительность, затопляемая территория, сельскохозяйственные культуры, селитебные земли (искусственные сооружения), голая поверхность, снег/лед, пастбищные угодья. Материалы ресурса использованы в качестве референса для полученных слоев детализированной классификации.

2. Dzetsaka: Classification tool (https://github.com/nkarasiak/dzetsaka). Плагин для полуавтоматической классификации QGIS с классификаторами Gaussian Mixture Model, Random Forest, SVM (Support Vector Machines) и KNN (K-Nearest Neighbors). Полуавтоматическая классификация подразумевает обучение модели методом указания в искомой пространственной области групп пикселей (сигнатур), с типичными для выделенного класса спектральными характеристиками. Простой и мощный инструмент был разработан во время работы в Амазонском парке Гвианы для классификации различных видов растительности, автором является Nicolas Karasiak.

Деревья решений (Random Forest) являются одним из наиболее эффективных инструментов интеллектуального анализа данных и предсказательной аналитики, которые позволяют решать задачи классификации и регрессии. *Случайный лес* – модель, состоящая из множества деревьев решений. Вместо того, чтобы просто усреднять прогнозы разных деревьев («лес»), эта модель использует две ключевые концепции, которые и делают этот лес случайным: а) случайная выборка образцов из набора данных при построении деревьев, б) при разделении узлов выбираются случайные наборы параметров [4]. Для применения классификатора «Случайный лес» необходимо наличие установленной библиотеки машинного обучения Scikit-Learn.

3. Плагин полуавтоматической классификации (Semi-Automatic

Classification Plugin – SCP https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html). Модуль позволяет осуществлять контролируемую классификацию изображений дистанционного зондирования, предоставляя инструменты для загрузки, пред- и постобработки изображений. Поиск и загрузка доступны для изображений: ASTER, GOES, Landsat, MODIS, Sentinel-1, Sentinel-2 и Sentinel-3. Существует возможность классификации тремя методами: а) по минимуму расстояния (Minimum Distance) – в качестве критерия классификации используется евклидово расстояние классифицируемой точки в признаковом пространстве до центров кластеров. (простейшее из параметрических правил); б) по методу максимального правдоподобия (Maximum Likelihood) или решающего правила Байеса, где применяется вероятность появления каждого класса для точки с данным набором значений признака; в) Spectral Angle Mapper (SAM) – физически обоснованная спектральная классификация, которая использует угол n-D для сопоставления пикселей с эталонными спектрами [5].

Использован предобработанный с использованием Orfeo ToolBox (модуль QGIS) методом паншарпенинга (процесс слияния изображений в пространственной области с целью передачи высокочастотного содержания изображения с высоким разрешением (панхроматического) изображению с низким разрешением (мультиспектральному) [6]) фрагмент снимка (тестовый участок) Landsat-8 Collection 2 Level 1 – данные включают улучшения геометрических и радиометрических характеристик (в т. ч. устранение влияния помех теплового инфракрасного датчика (TIRS) от 22.05.2022 с разрешением 15 м/пкс. Для анализа различных методов классификации земель по видам землепользования выбран участок площадью 16226,4 га на территории Курского и Медвенского районов Курской области и включающий основные для Центрально-Черноземного района типы почвенного покрова (водная поверхность, деревья, пахотные участки, искусственные сооружения, и сенокосы/пастбищные угодья) (рис. 1). Для полуавтоматической классификации применены методы Random Forest в модуле dzetsaka и Minimum Distance для SCP, оба модуля тестировались на одинаковом наборе обучающих сигнатур.

Рисунок 1 – Фрагмент космоснимка Landsat-8 – комбинация каналов 7, 6, 4 (цвета близкие к естественным)

Результаты. Необходимость проведения атмосферной коррекции (устранение эффектов процессов рассеяния и поглощения) спутниковых снимков зависит от поставленных задач и не требуется для тематической классификации одной сцены и подготовки данных к объектно-ориентированной классификации [7].

Подготовка статистических классификаторов заключалась в создании представительных выборок по выделяемым классам (эталонов). Анализ необходим для выбора наилучшего, с точки зрения точности классификации, правила принятия решения (рис. 2). При классификации мультиспектральных снимков эталоны классов формируются непосредственно по тестовым участкам изображения.

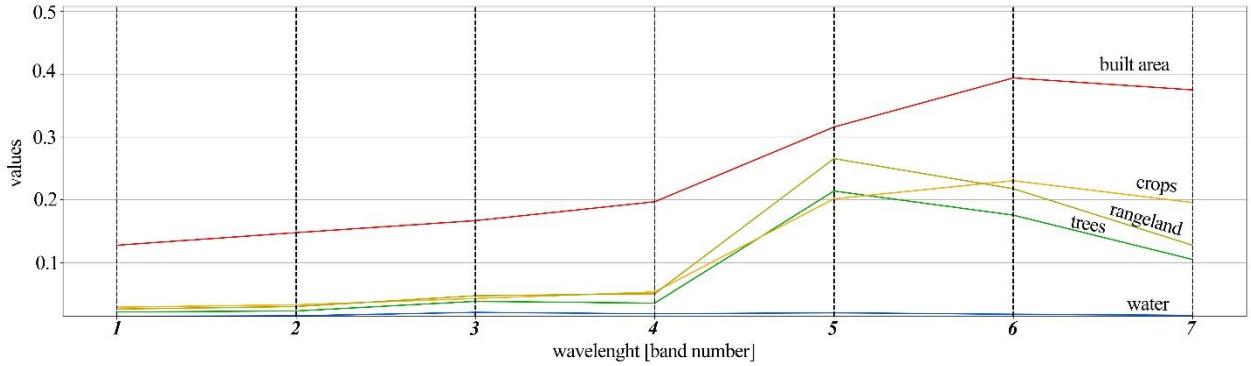


Рисунок 2 – Спектральные характеристики объединенных сигнатур классов

По характеру полученных классифицированных растров (рис. 3) можно сделать предварительную визуальную оценку качества и полноты обучающих данных. Отсутствие «серых» пикселей (неклассифицированных данных) говорит о качественном выборе эталонов (при известных типах землепользования). Наличие шумовых эффектов обусловлено прежде всего качеством исходного снимка: на ДДЗЗ влияют различные атмосферные явления (облачность, дым, дымка).

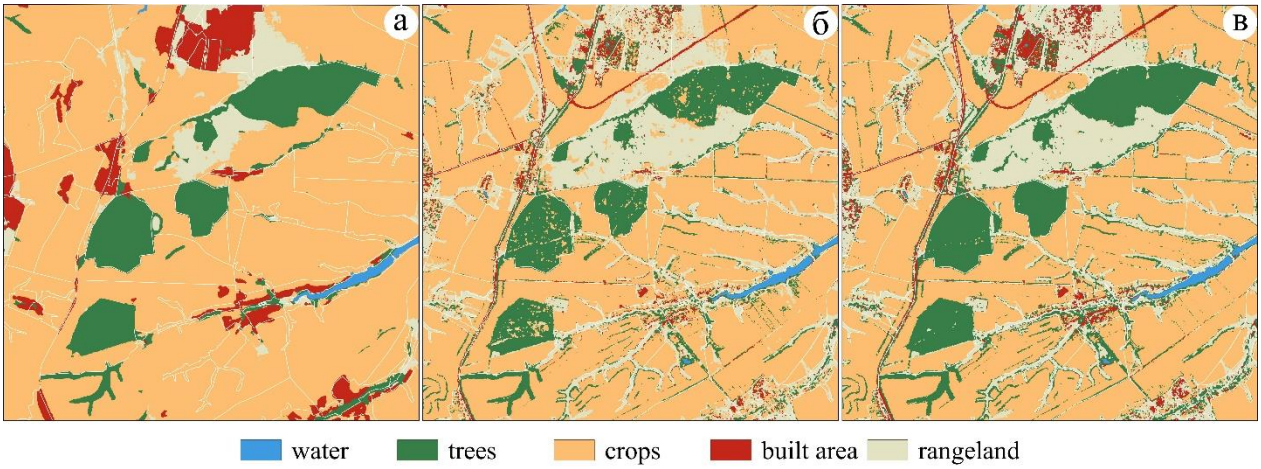


Рисунок 3 – Классификация выделенной территории: а) Esri Land Cover, б) SCP (Minimum Distance), в) Dzetsaka (Random Forest)

Незначительные шумовые пиксели («пограничные эффекты») концентрируются в основном на границах между объектами различных классов, а присутствие их в границах одного пространственно-однородного объекта класса

(например, вкрапления пашни в лесных массивах рис. 3б) обусловлено широкими спектральными характеристиками пахотных участков с различным состоянием на момент съемки (осенняя/весенняя обработка, озимые) и пересечением части спектра с диапазоном леса. Эта проблема практически не проявилась в результате работы модели Random Forest (рис. 3в), когда отдельные классифицированные пиксели объединяются с соседними по условию пространственной связности.

Соотношение площадей классов, выделенных разными методами полуавтоматической классификации исследуемой территории, говорит о достаточно высоком уровне сопоставимости результатов (таблица). Наибольшая разница составила 4,5 % и 3 % для посевных и лесных территорий соответственно, по указанным выше причинам. Большие различия долей классов полученных результатов по сравнению с объединенным растром Esri Land Cover объясняется высокой степенью его генерализации (садово-огородные участки селитебной территории объединены с застройкой, а склоны и днища балок со степной и луговой растительностью распознаны как пашня).

Таблица – Соотношение площадей, выделенных классов исследуемой территории

Класс	Метод					
	Esri LC		SCP (MD)		Dzetsaka (RF)	
	га	%	га	%	га	%
water	90.3	0.6	82.9	0.5	81.5	0.5
trees	1863.7	11.5	2253.9	13.9	2779.4	17.1
crops	12295.2	75.8	10380.6	64.0	9648.6	59.5
built area	1066.3	6.6	472.9	2.9	631.1	3.9
rangeland	911.0	5.6	3036.1	18.7	3086.0	19.0
	16226.4	100.0	16226.4	100.0	16226.4	100.0

Таким образом, для успешной классификации необходимо иметь подробную информацию о спутниковом изображении, а также при дешифровании разновременных снимков учитывать, что спектральные свойства объектов изменяются с течением времени. К преимуществам сервиса Esri Land Cover относятся: скорость и легкость получения информации, использование «годовой карты» для формирования итогового слоя; к недостаткам: ограничение в контроле полученных классов и их свойств, а также значительная генерализация изображений. Модули полуавтоматической классификации лишены вышеуказанных недостатков, однако, предъявляют высокие требования к качеству спутникового изображения. В результате, использование модулей QGIS Semi-Automatic Classification Plugin и Dzetsaka: Classification tool позволяет быстро и эффективно провести мультиклассовую сегментацию необходимый территории по ДДЗЗ, а использование модели Random Forest значительно повышает точность классификации.

Библиографический список

1. Паштецкий В.С., Попович В.Ф., Дунаева Е.А. Использование данных дистанционного зондирования земли для контроля посевов монокультур в Крыму // Земледелие. 2016. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli-dlya-kontrolya-posevov-monokultur-v-krymu (дата обращения: 16.08.2023).

2. Чабан, Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: учебное пособие. - М.: МИИГАиК, 2016. - 94 с.
3. Karra, Krishna & Kontgis, Caitlin & Statman-Weil, Zoe & Mazzariello, Joseph & Mathis, Mark & Brumby, Steven. (2021). Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. 4704-4707. 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499.
4. Kruse, F.A., Boardman, J.W., Lefkoff, A.B., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J., Goetz, A.F.H., 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) – interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. Remote Sens. Environ. 44, 145–163.
5. Шовергердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений - М.: Техносфера, 2010. - 560 с. - ISBN: 978-5-94836-244-1
6. Breiman, L. (1984). Classification and Regression Trees (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.1201/9781315139470
7. Шестаков Н. А., Давидович Ю. С., Казяк Е. В. Анализ методов атмосферной коррекции ДДЗ (на примере снимков Landsat-8) для получения наиболее репрезентативных данных о спектрально-отражательных свойствах растительного покрова //ГИС-технологии в науках о Земле. – 2021. – С. 212-220.

УДК 631.4:63:551.5

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ ШИРОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Ильинская И.Н.
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр», п. Рассвет
E-mail: *izidaar@mail.ru*

Резюме. *Цель исследований – сравнительная пространственно-временная оценка агроэкологических показателей почв южной части Ростовской области. Оценка почв по величине почвенно-экологического индекса за последние 50 лет показала, что в приазовской и южной сельскохозяйственных зонах плодородие снизилось соответственно на 9,1 и 26,1 %, в то время как в восточной зоне произошло незначительное повышение до 7,1 %, что связано с большей интенсификацией землепользования на чернозёмных почвах.*
Ключевые слова*: агроэкологическая оценка, метеорологические показатели, почвы, Ростовская область.*
Summary. *The purpose of the research is a comparative spatial and temporal assessment of agroecological indicators of soils in the southern part of the Rostov region. The assessment of soils by the value of the soil-ecological index over the past 50 years has shown that in the Azov and southern agricultural zones, fertility decreased by 9.1 and 26.1%, respectively, while in the eastern zone there was a slight increase to 7.1%, which is associated with a greater intensification of land use on chernozem soils.*
Key words: *agroecological assessment, meteorological indicators, soils, Rostov region.*

Введение. В ряде районов области снижение уровня почвенного плодородия усиливается действием водной и ветровой эрозии, которые значительно ухудшают водный режим пахотных земель. Эрозионные процессы, негативно сказываясь на почвенном плодородии, существенно снижают производство земледельческой продукции.

Анализ изменений, происходящих в атмосфере, свидетельствует об климатической аномалии, определяющей направления стратегии развития сельского хозяйства. Изменение климата в значительной степени влияет на почвенные процессы и функционирование агроэкосистем, сохраняется тенденция к

ухудшению состояния земель и почв [1].

Основными неблагоприятными явлениями, которые прогрессируют при интенсивном землепользовании и приводят к снижению плодородия почвы, являются: эрозия и дефляция почв, подъём уровня грунтовых вод и связанное с ним вторичное засоление, уплотнение и слитизация, дегумификация, а также опустынивание [2]. В этой связи поддержание и восстановление земельных ресурсов в условиях изменения климата является важнейшим способом сохранения и поддержания экологического баланса в агроэкосистемах.

Устойчивое экологически обоснованное землепользование и сохранение земельных ресурсов имеют особое значение для повышения продуктивности сельского хозяйства с целью обеспечения продовольственной безопасности страны. Поэтому для реализации экологически обоснованных систем земледелия и оптимизации сельскохозяйственного производства особую актуальность приобретают вопросы агроэкологической оценки почв и земель на основе почвенно-климатических показателей [3, 4].

Ряд учёных предлагают различные методические подходы к экологической оценке состояния почв и земель, в том числе мелиорированных [5-7]. Однако природные условия территории Ростовской области отличаются большой неравномерностью распределения влаги и сильной её изменчивостью по годам. В связи с этим в основу положен почвенно-экологический индекс, включающий влажностный, теплоэнергетический и почвенный факторы [8].

Регион исследований включает две почвенные зоны – степную зону обыкновенных чернозёмов (метеостанции Ростов-на-Дону и Зерноград) и сухостепную зону – каштановых почв (метеостанция Ремонтное). Среднегодовое количество осадков в первых двух зонах составляет 440-470 мм, их количество уменьшается в направлении с запада на восток. Сумма активных температур 3200-3400 ºС, продолжительность безморозного периода 175-185 дней. Зима малоснежная, умеренно холодная, лето – жаркое. С апреля по октябрь бывает 90-100 дней с суховеями. Сухостепная зона, расположенная в восточной части области, отличается очень засушливым и жарким климатом. Осадков здесь выпадает 320-350 мм в год. Годовой гидротермический коэффициент составляет 0,70 против 0,83-0,87 в чернозёмной зоне [9]

Цель исследований – сравнительная пространственно-временная оценка агроэкологических показателей почв южной части Ростовской области.

Объекты и методы. Объект исследования – почвенный покров юга Ростовской области. Методы исследования: анализ современных и ретроспективных данных по общепринятым методикам, с использованием расчётных агроклиматических и агроэкологических показателей за вегетационный период, дифференцированных с учётом преобладающих в почвенном покрове типов почв и степени природной увлажнённости территории [8-11].

Результаты и обсуждение. Принимая во внимание комплекс показателей, влияющих на уровень агроэкологического состояния почв и земель, для сравнительного анализа нами принят почвенно-экологический индекс, разработанный И.И. Кармановым. Он отражает в относительных величинах комплекс

агроэкологических условий для возделывания сельскохозяйственных культур.

В расчёте величины почвенно-экологического индекса ($ПЭ_и$) использовали ряд параметров, учитывающих дополнительные факторы, влияющие на состояние почвенного покрова: сумму активных температур, сумму атмосферных осадков, испаряемость, коэффициент увлажнения, коэффициент континентальности, плотность сложения почвы [8, 10], а также данные сайта RP5 за 2018-2022 гг.

Сравнение осреднённых агрометеорологических показателей за вегетационный период 2018-2022 гг. на территории юга Ростовской области при движении с запада на восток показало повышение среднемесячной температуры на 0,3 ºС, суммы температур воздуха на 41-45 °С, снижение суммы атмосферных осадков на 18-33 мм и относительной влажности воздуха на 15 % (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение агрометеорологических показателей территории за вегетационный период по репрезентативным метеостанциям, соответствующим сельскохозяйственным зонам юга Ростовской области

Показатель	Метеорологические станции		
	1	2	3
Среднемесячная температура за сезон, Т, °С	19,8 / 17,8	19,8 / 17,7	20,1 / 17,9
Среднемесячная температура января, Т, °С	- 0,7 / - 5,7	- 0,6 / -5,5	- 1,4 / - 6,6
Сумма температур, > 10 °С	3635 / 3262	3631 / 3244	3676 / 3275
Сумма осадков, Р, мм	235 / 259	202 / 262	217 / 191
Относительная влажность, r, %	53,8 / 60,8	53,7 / 60,3	52,2 / 58,5
ГТК	0,64 / 0,79	0,56 / 0,81	0,59 / 0,58
Испаряемость E_0, мм	1037 / 799	1048 / 804	1119 / 849
Коэффициент увлажнения, $К_у$ по Н. Иванову	0,22 / 0,32	0,19 / 0,33	0.19 / 0,22
Дефицит увлажнения, D_y, мм	802 / 540	846 / 542	902 / 658
Почвенно-экологический индекс ПЭи	26,9 / 30,4	24,4 / 33,0	19,5 / 18,3

Примечание. 1. Наименования метеорологических станций: 1 – Ростов-на-Дону, 2 – Зерноград, 3 – Ремонтное. 2. Над чертой показаны осреднённые данные за 2018-2022 гг., под чертой – среднемноголетние данные за 1940-1970 гг.)

При этом отмечено увеличение испаряемости на 6,8-7,9 % и снижение гидротермического коэффициента и коэффициента увлажнения на 7,8-12,5 и 13,6 % соответственно. Расчётный почвенно-экологический индекс ПЭи в степной зоне чернозёмов обыкновенных изменился незначительно (26,87-24,4), в то время как в сухостепной зоне, с усилением континентальности климата, он снизился до 19,6 или на 19,7-27,1 % относительно такового на чернозёмах.

Анализ агрометеорологических показателей во временном аспекте

позволил выявить следующие изменения. В среднем за последние 5 лет, в сравнении с данными полувековой давности, отмечено повышение среднемесячной температуры в пределах 2,0-2,2 °С, суммы температур воздуха в пределах 11,4-12,2 %, с большими значениями в сухостепной зоне каштановых почв. Усиление аридности климата более наглядно видно при анализе среднемесячной температуры воздуха в январе, которая повысилась в 5-9 раз, и более всего в степной зоне, сохраняя минимум в сухостепной зоне.

Сумма атмосферных осадков за этот же период в приазовской зоне снизилась на 24 мм, в южной – на 60 мм, а в восточной зоне возросла на 26 мм, при этом относительная влажность воздуха везде снизилась на 6,3-7,0 абсолютных процента. Гидротермический коэффициент, как и коэффициент увлажнения Ку, в восточной зоне изменился мало, в то время как в приазовской зоне он снизился на 15,1 %, а в южной почти на 30,8 %. Испаряемость во всех зонах возросла примерно одинаково, на 29,8-31,8 %, больше на востоке области.

Величина Ку свидетельствует, что все указанные природно-сельскохозяйственные зоны области характеризуются недостаточным увлажнением, то есть испаряемость превышает сумму атмосферных осадков.

Степень засушливости более всего проявилась в южной зоне, где более всего увеличился дефицит увлажнения (на 56,1 %), в то время как в приазовской зоне он возрос на 48,5 %, а в восточной – на 37,1 %.

Почвенно-экологический индекс в различных природно-сельскохозяйственных зонах изменяется от 26,87 в приазовской до 24,4 в южной и до 19,6 в восточной зоне. Оценка почв по величине почвенно-экологического индекса показала, что в приазовской и южной сельскохозяйственных зонах плодородие снизилось в сравнении с предыдущим периодом соответственно на 9,1 и 26,1 %, в то время как в восточной зоне произошло незначительное повышение до 7,1 %, что связано с более интенсивным использованием чернозёмных почв на пахотных землях (рис.1).

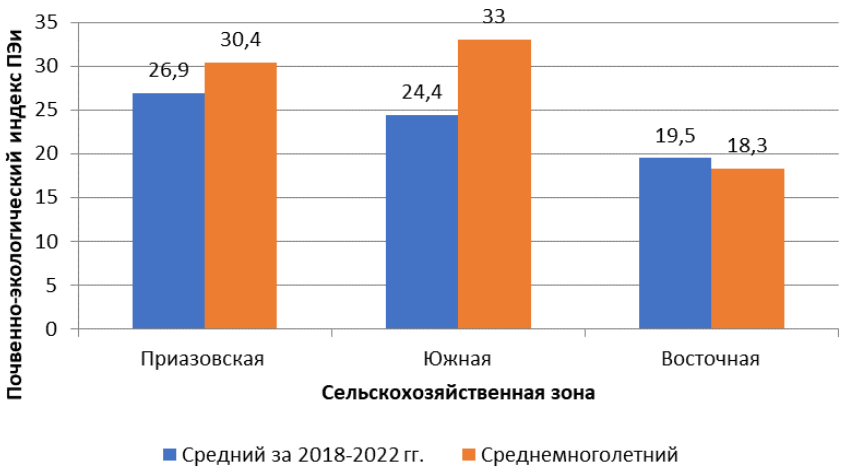


Рисунок 1 – Пространственно-временная динамика почвенно-экологического индекса на юге Ростовской области

Выводы. Мониторинг состояния почв на основе почвенно-экологических индексов даёт возможность провести количественную оценку почвенно-экологических условий территорий для разработки мероприятий по сохранению и восстановлению почвенного плодородия и предотвращению деградационных

процессов на пахотных землях.

Результаты сравнительной оценки агроэкологических показателей южной части Ростовской области констатируют общую тенденцию нарастания дефицита увлажнения территории и снижения плодородия почв, что диктует необходимость разработки специальных организационно-хозяйственных мероприятий по повышению эффективности использования земельных ресурсов на основе дифференцированной оценки земель.

Библиографический список

1. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)». Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Том 2. Раздел 4.1.2. М.: «Издательство МБА», 2019. С. 208-217.
2. Безуглова О.С., Назаренко О.Г., Ильинская И.Н. Динамика деградации земель в Ростовской области // Аридные экосистемы. 2020. Том 26, № 2 (83). С. 10–15. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10090.
3. Лопырев М.И. Экологизация земледелия на ландшафтной основе: науч.-практич. пособие. Воронеж: Полиарт, 2004. 128 с.
4. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методич. рук-во / под ред В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
5. Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества // Почвоведение № 8. 2009. С. 984-995.
6. Докучаева Л.М. Природно-экологические показатели эффективности использования мелиорируемых земель // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: Сб. науч. тр./ ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: ООО «Геликон», 2003. С. 170-180.
7. Методические рекомендации по оценке качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (со справочными материалами) / А.К. Оглезнев, Т.А. Куприян, Т.Е. Норкина и др. М.: ВИСХАГИ, 2003. 28 с.
8. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. М.: ВАСХНИЛ, 1990. 114 с.
9. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 251 с.
10. Ильинская И.Н. Агроэкологическая оценка потенциала почвенных и земельных ресурсов приазовской зоны Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург: Изд. Центр ОГАУ, 2013. – № 4(42). – С. 40-43.
11. Иванов Н.Н. Об определении величин испаряемости // Изв. ВГО. Л.: Гидрометеоиздат, 1954. Т. 86. № 2. С. 189-196.

УДК 631.11

ВЛИЯНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Караулова Л.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
Курск, Россия
karaulovaln@gmail.com

Резюме. *В статье приведены результатов полевых опытов, проводившихся на черноземе типичном тяжелосуглинистом, расположенных в производственных посевах озимой пшеницы на территории землепользования ФГБНУ «Курский ФАНЦ», в Медвенском районе Курской области. В ходе исследований было установлено, что наибольший урожай формировался на варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{100}P_{100}K_{100}$, что позволило получить урожайность зерна до 78,8 ц/га, в этом же варианте отмечено и*

наибольшее содержание сырой клейковины до 46 %.
Ключевые слова: *озимая пшеницы, минеральные удобрения, чернозем типичный, клейковина.*

Растения зерновой группы – это наиболее распространённые и востребованные человечеством сельскохозяйственные культуры в мире. среди которых пшеница наиболее распространённая зерновая культура в мировом сообществе. Так по данным Росстата в 2022 году в Российской Федерации более 19% всей посевной площади было занято озимой пшеницей, в Курской области этот показатель составляет более 25%. Озимая пшеница - зерновая культура России, которая считается стратегической продовольственной и для большей части человечества является основной в пищевом плане.

По своей природе пшеница пластичная культура, что позволяет производителю выращивать её во многих регионах России, независимо от их почвенно-климатических показателей. Это приводит к тому, что абиотические факторы окружающей среды по многим параметрам воздействуют на рост и развитие пшеницы, урожайность и качественные показатели зерна. Производители в свою очередь контролируют все негативные явления, применяя различные технологические приёмы, которые сглаживают или совсем убирают это воздействие. Для более полной реализации биологического потенциала, заложенного как в культуре, так и непосредственно в каждом сорте в используемой агротехнологии, применяют отдельные элементы, способствующие более эффективному развитию растений. В настоящее время активно используются в сельскохозяйственной практике микроэлементные препараты, а также идет курс на рациональное внесение минеральных удобрений [1, 2].

Свет, вода, защита и питание, сбалансированное по макро- и микроэлементам позволяют современным сортам и гибридам успешно развиваться, реализовывая заложенный генетический потенциал урожайности и качества.

В статье приведены результаты полевых опытов, проводившихся на черноземе типичном тяжелосуглинистом, расположенных в производственных посевах озимой пшеницы на территории землепользования ФГБНУ «Курский ФАНЦ», в Медвенском районе Курской области. Схема опыта по эффективности минеральных удобрений содержащих базовые и повышенные дозы макроэлементов приведена в таблице 1. Технология выращивания культуры – зональная, сорт озимой пшеницы – Алексеич.

Таблица 1 –Схема полевого опыта по эффективности удобрений

Вариант	Доза мин.уд., кг/га д.в.
1	Контроль
2	N50P50K50
3	N100P100K100

Результаты и их обсуждение. В годы исследований погодные условия за период вегетации можно охарактеризовать как удовлетворительные.

Внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу положительно влияло на урожайность зерна. Согласно результатам исследований в полевом опыте эффективность систем удобрения зависела от доз внесения (таблица 2).

Влияние удобрений на величину урожайности озимой пшеницы несколько отличается по годам проведения исследований.

Таблица 2 – Урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Клейкови-на. %	Выравнен-ность, %	Крупность, %
2020г.						
Контроль	43,1	40,5	755	29,87	83,4	86,0
$N_{50}P_{50}K_{50}$	43,9	41,4	764	28,81	82,8	84,4
$N_{100}P_{100}K_{100}$	50,8	41,3	775	32,49	83,4	85,1
$НСР_{0,5}$	8,1	1,4	12,9	2,3	1,4	1,2
2021г.						
Контроль	47,59	37,1	762,5	41,4	80,88	80,4
$N_{50}P_{50}K_{50}$	54,89	35,7	780,5	45,9	84,75	79,2
$N_{100}P_{100}K_{100}$	56,06	35,3	753,0	46,5	94,19	75,8
$НСР_{0,5}$	6,4	1,5	12,3	3,4	1,5	2,3
2022г.						
Контроль	65,01	39,5	802,4	25,5	90,55	74,74
$N_{50}P_{50}K_{50}$	75,15	39,9	789,1	25,0	90,91	74,07
$N_{100}P_{100}K_{100}$	78,84	38,4	787,3	24,7	87,85	66,54
$НСР_{0,5}$	9,70	1,5	7,7	4,0	1,50	3,40

Минеральная система удобрения, при умеренных дозах их внесения (вариант 2), по действию на урожайность культуры уступала повышенной дозе (вариант 3). Прибавки урожая от использования минеральной системы удобрения в умеренных дозах при возделывании озимой пшеницы в 2020 году были примерно равны урожайности без использования минеральной системы удобрения, а в 2021 и 2022 гг. превышали контрольный вариант на 7-10ц/га.

При использовании удобрений в повышенных дозах эффективность минеральной систем удобрения на озимой пшенице была практически одинаковой. В среднем за 3 года урожайность при внесении минеральных удобрений в дозе N100P100K100 составила 61,9 ц/га, что на 10 ц/га выше чем за тот же период в контрольных вариантах и на 7 ц/га, чем в вариантах с умеренными дозами их внесения.

Однако разница между урожайностью в вариантах с одинарной и двойной дозами полного удобрения не достоверна.

В понятие «качество пшеницы» входит более двух десятков признаков, которые характеризуют состав зерна, а также хлебопекарные свойства муки. Среди них содержание в зерне клейковины – признак наследственный и в большей степени зависит от сорта, но под воздействием агротехнических приемов колебания могут достигать 8 % и более [3, 4].

Период 2020-2022 гг. характеризовался благоприятными условиями увлажнения и температурным режимом, что положительно сказалось на

качестве зерна озимой пшеницы. В 2021 г. содержание клейковины в зерне озимой пшеницы было самым высоким из трех лет исследований и составляло более 45%. Погодные условия 2020 и 2022 гг. в период формирования качества зерна были менее благоприятными, повышенный температурный режим и недостаток влаги привели к недобору белка в зерне. Содержание клейковины колебалось от 25 до 30%. На контроле, где удобрение не вносят с 25 % до 41 % содержание клейковины в зерне озимой пшеницы составило в среднем за три года исследований 32%. Внесение минеральных удобрений оказало слабо заметное влияние на накопление клейковины в зерне озимой пшеницы. Внесение дозы минерального удобрения $N_{50}P_{50}K_{50}$ практически не повлияло на содержание белка в зерне, в среднем за 3 года оно изменялось с 25 до 45 %. Внесение N100P100K100 повысило содержание белка в зерне до 46 %.

Математическая обработка показателей содержания сырой клейковины свидетельствует о наличии корреляционной зависимости (r = 0,5-0,7) изучаемого фактора от доз минеральных удобрений.

Выводы. При возделывании озимой пшеницы на черноземе типичном большое значение в формировании урожая имеют минеральные удобрения. Наилучшим вариантом их применения следует считать внесение $N_{100}P_{100}K_{100}$, что позволяет получить урожайность зерна до 78,8 ц/га.

Первостепенное значение в накоплении клейковины в зерне принадлежит минеральным удобрениям. Наибольшее накопление клейковины отмечено в вариантах с внесением $N_{100}P_{100}K_{100}$, что позволило получить зерно с содержанием клейковины до 46 %.

Библилграфический список

1. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Козлова А.В., Макшакова О.В. и др. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия.- 2012.- № 2.- С. 37-46.
2. Лукин С.М., Мерзлая Г.Е. Сравнительная эффективность различных систем удобрений при длительном их применении в севооборотах // Плодородие. 2016. №5 (92). С. 42-46.
3. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Гузик В.В. Оценка действия минеральной системы удобрения озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном западного Предкавказья // Научный журнал КубГАУ. 2019. №149. С. 1-6.
4. Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Пастарнак Я.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой после подсолнечника // Плодородие. 2015. №1 (82). С. 4-7

УДК 631:528.932

ВЫЯВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Кемеров А.А.
ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск
E-mail: *vistery96@gmail.com*

Резюме. *Исследованиями, проведенными в Саргатском районе Омской области, на примере залежного массива «Кувыршиной гривы» установлено, что применение метода кластеризации на основе спутниковых данных высокого разрешения позволяет выявить степень комплексности почвенного покрова данного участка, и в дальнейшем может быть использовано при повторном введении его в сельскохозяйственный оборот.*

Summary. *Studies conducted in the Sargatsky district of the Omsk region on the example of the*

Kuvyrshina Griva fallow massif have established that the use of the clustering method based on high-resolution satellite data makes it possible to identify the degree of complexity of the soil cover of this area, and in the future can be used when it is re-introduced into agricultural circulation.

Решение проблемы мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения в современных условиях возможно на основе использования дистанционного зондирования Земли, проводимого с искусственных спутников (ИСЗ) [1].

Неодинаковые по составу почвенные комплексы по-разному отображаются на космических снимках, так как они характеризуются различной отражательной способностью. Для дешифрирования почвенного покрова отбираются те космические снимки, на которых наблюдается максимальная неоднородность цветопередачи массивов (элементарных участков землепользования) в виде пятнистостей. При этом различия между разными биогеоценозами при определенных вариантах синтезирования могут нивелироваться, например, при традиционных каналах синтезирования (40/40/40), в основном проявляются различия групп культур по полям севооборотов [2].

Лишь при специфическом подборе вариантов синтезирования каналов, сделанных в различных диапазонах съемки, удается вычленить компоненты и структуру почвенного покрова [3].

Для безошибочного решения задач по мониторингу почвенного покрова необходима предварительная оценка качества любого массива.

Практическим решением вопроса может стать целевое дешифрирование материалов, получаемых мультиспектральных космических снимков [4].

В разных регионах и на разных почвах изучаемая методами космической съемки отражательная способность биогеоценозов определяется агротехнологией использования земель, разнообразием возделываемых культур и спектра отражения растительности, а также динамичностью соотношения гумусовых соединений в почве, вследствие процессов их синтеза и минерализации в течение вегетационного периода, не говоря о необходимости совершенствования классификации почв, почвенных комплексов и залежных земель [5].

Исследование особенности формирования почвенного покрова на основе данных спутника поверхности Земли КА Planet Scope (рис. 3) изучаемой территории Саргатского района Омской области на примере залежного массива «Кувыршинной гривы» проводились в несколько этапов В начале работы был создан векторный слой на основе устаревшей почвенной карты 1985 года (рис. 1)

По данным рисунка 1 видно, что на момент обследования территория была полностью занята черноземами обыкновенными маломощными малогумусовыми среднесуглинистыми. При планировании почвенного обследования данной территории было сделано предположение о несоответствии почвенной карты 1985 года с действительной на данный момент времени картиной почвенного покрова.

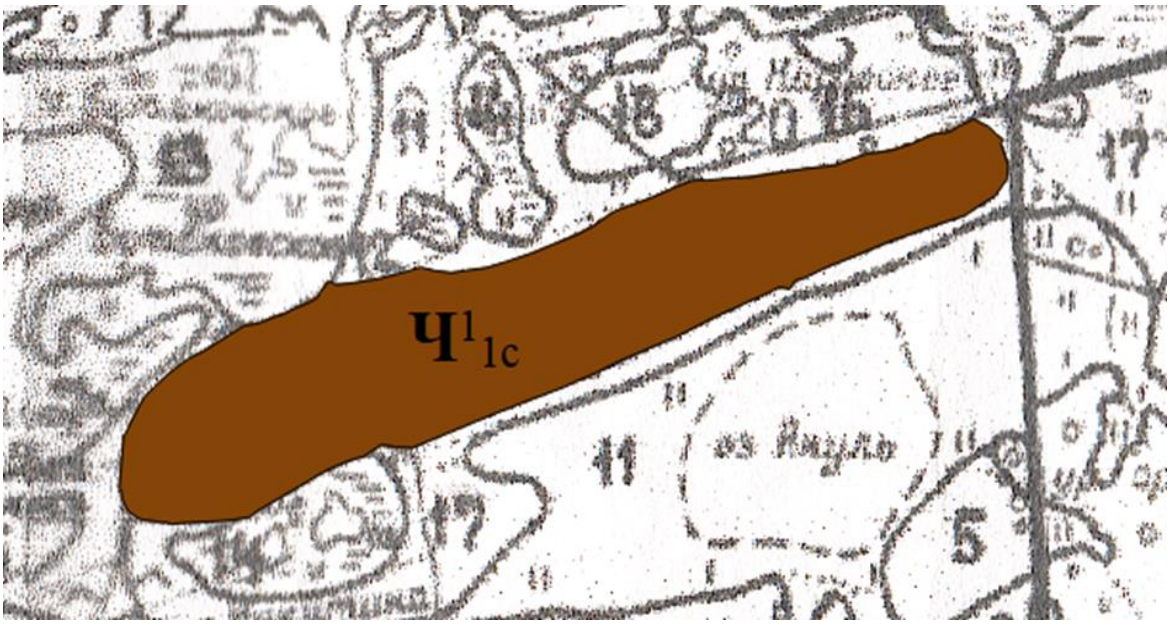


Рисунок 1 – Почвенная карта 1985 года изучаемой территории

При анализе мультиспектрального изображения высокого пространственного разрешения методом кластеризации, было установлено, что территория «Кувыршиной гривы» (рис. 2) имеет 5 классов объектов, отличающихся друг от друга по спектральным характеристикам. При проведении почвенного обследования в центре каждого кластера были заложены разрезы для определения типовой принадлежности почв (рис. 3).

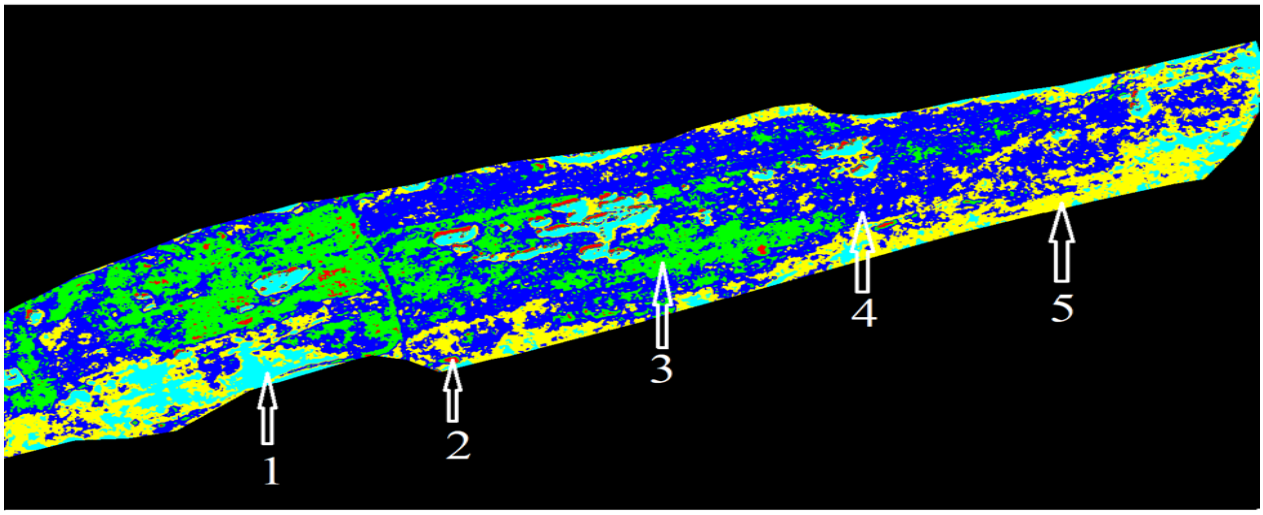


Рисунок 2 – Выявление комплексности почвенного покрова «Кувыршиной гривы» на основе метода кластеризации в программном комплексе ENVI 5.0

Стрелками отмечены кластеры характеризующие определенные почвы:
1 – Голубой (лесные околки и территории с повышенным увлажнением)
2 – Красный (Ошибка из-за растительности)
3 – Зеленый (Черноземные почвы)
4 – Синий (Серые лесные почв)
5 – Желтый (Лугово-черноземные почвы)

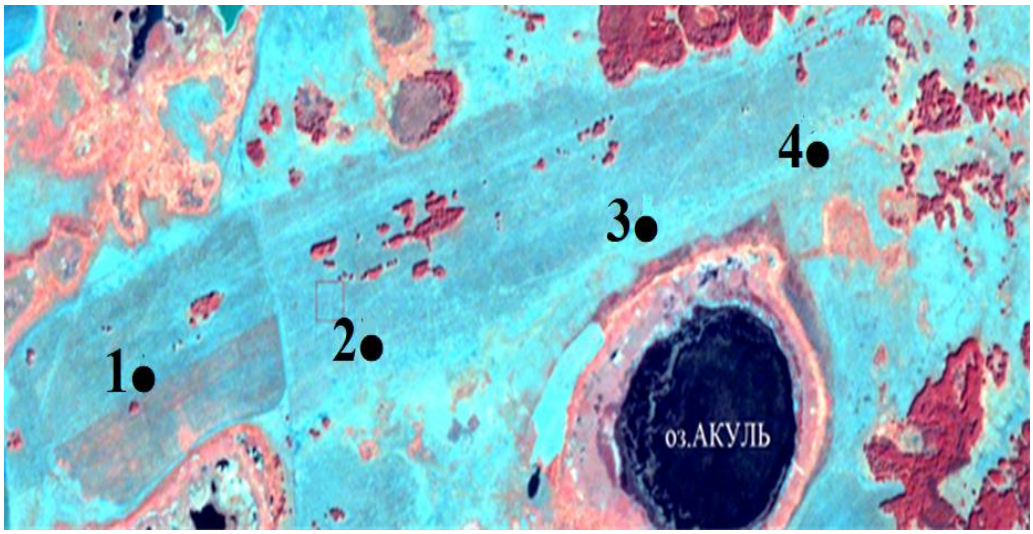


Рисунок 3 – Мультиспектральное изображение КА Planet Scope изучаемой территории «Кувыршина грива» (вариант синтеза NIR-edge-RED-GREEN)

Номерами указаны места закладки разреза:

1 – Чернозем обыкновенный маломощный малогумусовый среднесуглинистый;

2 – Серая лесная среднемощная глееватая;

3 – Лугово-черноземная маломощная среднегумусовая среднесуглинистая;

4 – Лугово-черноземная маломощная среднегумусовая среднесуглинистая.

При проведении почвенного обследования территории было установлено, что картографический материал 1985 года в настоящее время не актуален. Экспериментально и практически доказано, что применение метода кластеризации на основе спутниковых данных высокого разрешения позволяет выявлять степень комплексности почвенного покрова залежного типа при использовании синтеза длинно и коротковолновой части спектра солнечной радиации и в дальнейшем может быть использовано при повторном введении его в сельскохозяйственный оборот.

Библиографический список

1. Гаджиев И.М., Сеньков А.А., Смоленцев Б.А. Мониторинг состояния почвенного покрова на Ноябрьском экологическом полигоне: Тезисы и докл. Всеросс. конф. Т.1. – Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1998. – С. 159-160.

2. Красницкий В.М. Новый способ почвенно-агрохимического обследования земель равнинных регионов // Плодородие. – 2016. – № 1 (88). – С. 24-30.

3. Кемеров А.А. Изучение особенностей формирования почвенного покрова на гривных формах рельефа Саргатского района Омской области: Дипломная работа: 35,03,03 Агрохимия и агропочвоведение / ОмГАУ им П.А. Столыпина. Омск 2018. – 76 с

4. Сергеева, О.С. Мониторинг почвенного покрова Западной Сибири по данным дистанционного зондирования / Плодородие. – 2010. – № 1(52). – С. 7-8.

5. Шаяхметов М.Р. Использование материалов ДЗЗ для оценки потенциально плодородных залежных земель лесостепной зоны Западной Сибири / Сб. научных тр. ГНУ СНИИЖК, Ставрополь, 2014. – Т.2. – вып. 7. – С. 464-467.

УДК 631.4

ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В РИЗОСФЕРЕ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНОКУЛЯЦИИ

Киселёва А.А., Шулико Н.Н.
ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск
E-mail: *veybender@anc55.ru*

***Резюме**. Представлены результаты исследований проведенных в 2021-2022 годах по численности агрономически значимых групп микроорганизмов (почвенные грибы, нитрификаторы, целлюлозоразрушающие микроорганизмы) ризосферы мягкой яровой пшеницы при применении бактеризации семян. Наибольшее стимулирующее влияние на активность ризосферной биоты мягкой пшеницы сорта Омская 42 оказало применение инокуляции биопрепаратом Флавобактерином, увеличение у отдельных эколого-трофических групп составило до 179 %.*

***Summary**. The results of studies conducted in 2021-2022 on the number of agronomically significant groups of microorganisms (soil fungi, nitrifiers, cellulose-destroying microorganisms) of the rhizosphere of soft spring wheat with the use of seed bacterization are presented. The greatest stimulating effect on the activity of rhizospheric biota of soft wheat of the Omsk 42 variety was exerted by the use of inoculation with Flavobacterin, an increase in individual ecological and trophic groups was up to 179 %.*

Введение. Основная задача зернопроизводителей – получение высокой и стабильной урожайности. Однако в условиях Сибири в течение вегетационного периода часто проявляются засухи различного вида, которые вносят существенные коррективы в производство зерна пшеницы. Наблюдаются как почвенные, так и воздушные типы засухи с преобладанием почвенных, а в отдельные годы возможны оба вида засухи. При этом они чаще бывают в первой половине вегетации. Одним из методов увеличения урожайности, является применение биологических препаратов [1].

Для повышения продуктивности зерновых и зернобобовых культур важную роль играют биопрепараты на основе активных штаммов азотфиксирующих микроорганизмов. Применение биологических препаратов повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам за счет усиления ростовых процессов, фотосинтезирующей и азотфиксирующей активности, защищает растения от фитопатогенов за счет выработки антибиотиков микроорганизмами, что, в конечном счете, сказывается на урожайности [2, 3].

Объекты и методы. Полевой опыт был заложен в условиях южной лесостепи западной Сибири на полях отдела семеноводства Омского аграрного научного центра в 2021-2022 гг. Вегетационные периоды характеризовались засушливыми и слабо-засушливыми условиями, ГТК составил 0,70-0,89 ед. В качестве объекта исследования был взят сорт мягкой яровой пшеницы – Омская 42. Инокуляцию проводили в день посева биопрепаратами Мизорин и Флавобактерин (*производство ВНИСХМ, г. Санкт-Петербург, Пушкин).* Отбор проб почвы ризосферы проводили в фазы развития растений: кущение (июнь), колошение (июль), налив зерна (август).

Количественный учет почвенных микроскопических грибов,

нитрификаторов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов осуществляли в свежих образцах, на плотных питательных средах согласно общепринятым методикам [4, 5].

Результаты исследований. На урожайность сельскохозяйственных культур оказывают влияние: климатические условия, генотип сорта, применение удобрений и др. Численность исследуемых групп микроорганизмов в 2022 году была в 2-3 раза выше относительно предыдущего, что может быть связано с разными условиями вегетации, т.к. 2022 год был более благоприятным.

В первый год проведения исследований численность почвенных грибов варьировала от 69,4 до 75,0 тыс КОЕ/г (табл.). В 2022 г. их численность значительно снизилась относительно контрольного варианта так как, входящие в состав препарата бактерии, относятся к роду *Flavobacterium* и продуцируют высокоактивный антибиотик «флавоцин» с широким спектром действия на фитопатогенные грибы [6].

Таблица – Численность микроорганизмов в ризосфере мягкой яровой пшеницы при применении биопрепаратов, тыс КОЕ/г, 2021-2022 г. (n=6)

Вариант	Микрогрибы		Нитрифицирующие бактерии		Целлюлозоразрушающие микроорганизмы	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	69,4	165,3	0,83	2,27	38,3	123,2
Мизорин	62,7	96,5	1,00	2,20	57,0	135,5
Флавобактерин	75,0	103,5	0,7	2,7	68,8	156,0

Численность нитрификаторов отличалась по вариантам применения биопрепаратов, так в 2021 г. отмечено их увеличение при применении Мизорина на 83 %, а в 2022 г. – при инокуляции Флавобактерином. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы в наибольшей степени были отзывчивы на инокуляцию Флавобактерином, увеличение по отношению к контролю в течение лет исследований составило 179-126 %.

Выводы. Наибольшее стимулирующее влияние на активность ризосферной биоты мягкой пшеницы сорта Омская 42 оказало применение инокуляции биопрепаратом Флавобактерином, увеличение у отдельных эколого-трофических групп составило до 179 %.

Библиографический список

1. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. № 5. – С. 515-522. – DOI: 10.18699/VJ17.23-o. – EDN ZHGISF.

2. Шулико Н.Н., Вейнбендер А.А. Микрофлора ризосферы озимой пшеницы при применении удобрений // Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, "цифра", окружающая среда (AgroProd 2021): матер. междунар. научно-практ. конф., Омск, 28 июля 2021 года. – Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 111-115. – EDN GSBEWV.

3. Вейнбендер А.А., Шулико Н.Н. Почвенная микрофлора и продуктивность зерна сои при применении биопрепаратов // Инновационные тенденции развития российской науки: матер. XVI Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых, Красноярск, 29–31 марта 2023 года. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 14-16. – EDN AHWSFZ.
4. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии 4-е изд., перераб. и доп. // М.: Колос, 1993. – 175 с.
5. Тихонович И.Т., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Плодородие. – 2001. – № 5 (32). – С. 9-12.
6. Эндофитные бактерии в микробных препаратах, улучшающих развитие растений (обзор) / В.К. Чеботарь, Н.В. Мальфанова, А.В. Щербаков [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2015. – Т. 51. – № 3. – С. 283. – DOI 10.7868/S0555109915030058. – EDN LTYVNB.

УДК 631.87: 633.11 «321» (571.1)

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА НА ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЕЙ ЯРОВОЙ

Корчагина И.А.
ФГБНУ «Омский агарный научный центр», г. Омск
E-mail: *korchagina@anc55.ru*

Резюме. *В исследованиях на лугово-черноземной почве Омской области установлено, что обработка посевов биологическим препаратом способствовала прибавке до 2 т/га зерна. Увеличение роста затрат на создание 1 т зерна фосфора – 9,5, калия – 50,1 кг и снижении выноса азота на 5,7 кг относительно контрольного варианта.*

Summary. *In studies on the meadow-chernozem soil of the Omsk region, it was found that the treatment of crops with a biological preparation contributed to an increase of up to 2 t/ha of grain. An increase in the growth of costs for the creation of 1 ton of grain of phosphorus – 9.5, potassium - 50.1 kg and a decrease in nitrogen removal by 5.7 kg relative to the control variant.*

Пшеница – высокоценная культура, продукты переработки которой используются в хлебопечении и в кондитерском производстве. В рационе хлебные изделия могут обеспечивать 40 % калорийности, от 40 до 50 % суточной потребности человека в белках и углеводах и почти 100 % незаменимых аминокислот. Незаменимые аминокислоты играют важную роль не только в питании человека, но и в рационе животных. Поступают в организм животных они только с кормами, а их недостаток ведет к перерасходу кормов и удорожанию продукции. Зерно пшеницы входит в состав комбикорма для крупного рогатого скота, свиней, птицы. Многочисленными опытами установлено, что химический состав и технологические качества хлебных злаков зависят не только от сорта, почвенно-климатических условий, но и от приемов возделывания культур, в частности, от условий минерального питания. Для получения стабильных урожаев пшенице необходимо постоянное наличие в почве соединений азота, фосфора и калия в доступной для поглощения форме, поэтому эта культура очень отзывчива на внесение минеральных и органических удобрений [1, 2].

В растениеводстве в результате дефицита элементов питания и постоянном их отчуждение с урожаем, при недостаточном применении минеральных

и органических удобрений возникает необходимость поиска альтернативных средств и приёмов увеличения плодородия. Культурные растения в процессе роста усваивают разное количество элементов питания, зависящее от биологии культуры, сорта, метеорологических условий, уровня почвенного плодородия, особенностей технологии возделывания и др. Химический состав растений и вынос элементов питания зависит во многом от условий питания. Затраты элементов питания на создание 1 т зерна с учетом побочной продукции – важный показатель для планирования выноса будущим урожаем [3].

Цель исследований – оценить эффективность применения биопрепарата для увеличения урожайности пшеницы яровой и его влияние на вынос элементов питания.

Методика, объекты и методы. Исследования проведены в лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий Омского АНЦ в зернопаровом севообороте (пшеница по пшенице). Сорт Омская 36 – среднеранней группы спелости. Почва – лугово-черноземная тяжелосуглинистая. Агротехника общепринятая для зоны исследований. Объект наблюдений – биологический препарат Псевдобактерин-3 – обработка посевов в период вегетации растений. Химический состав определяли общепринятыми методами.

Результаты исследований. Установлено, что обработка посевов пшеницы яровой по вегетации растений биологическим препаратом Псевдобактерин 3, что способствовало формированию 2,55 т/га зерна, в сравнении с контрольным вариантом прибавка составила 2 т/га. Также биопрепарат повлиял на размер выноса основных элементов питания (табл.).

Таблица – Вынос элементов питания пшеницей яровой при применении биопрепарата

Вариант	Вынос, кг/га						Вынос единицей продукции, кг/т		
	зерно			солома					
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	15,3	4,3	13,7	3,7	0,9	9,9	34,5	9,4	42,8
Биопрепарат	52,3	21,9	52,4	21,2	2,3	68,3	28,8	9,5	50,1

Вынос макроэлементов зерном выше, чем соломой. В варианте с биопрепаратом вынос калия зерном ниже (на 15,9 кг/га или 30 %), чем соломой. Применение биологического препарата привело к росту затрат фосфора и калия на создание 1 тонны зерна с учетом соответствующего количества соломы: P_2O_5 – 9,5 и K_2O – 50,1 кг. Обработка посевов позволила снизить вынос азота на 5,7 кг (19,8 %) относительно контрольного варианта.

Таким образом, обработка посевов пшеницы яровой биологическим препаратом в течении вегетации растений способствовала прибавке 2 т/га. Увеличение роста затрат на создание 1 т зерна фосфора – 9,5, калия – 50,1 кг и снижении выноса азота на 5,7 кг относительно контрольного варианта.

Библиографический список

1. Корчагина И.А., Юшкевич Л.В. Сорта пшеницы в интенсивном земледелии Омского Прииртышья. – Омск: ФГБНУ "Омский аграрный научный центр", 2023. – 172 с. – ISBN 978-5-98559-039-5.
2. Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л. Эффективность различных фонов питания при возделывании зерновых культур // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 1(155). – С. 21-25.
3. Влияние биологических удобрений и стимуляторов роста на вынос элементов питания яровой пшеницей / И.А. Бобренко, Е.П. Болдышева, В.И. Попова [и др.] // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. ст. по матер. Всеросс. (национальной) научно-практ. конф. – Курган, 20 января 2022 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2022. – С. 27-31.

УДК 631.45: (661.847+661.848+661.873)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ CD, CO, ZN И СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ CS И K В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ НА УЧАСТКЕ «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ» ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.В. АЛЕХИНА

Крыленкин Д.В.[1]*, Анисимов В. С.[1],*, Анисимова Л. Н.[1], Санжаров А. И.[1], Фесенко С.В.[1], Глазунов Г.П.[2], Коровин С. В.[1], Корнеев Ю.Н.[1], Новикова Н. В.[1], Мезина М.В.[1], Дикарев А.В. [1]*

[a]Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии, Киевское ш., 109-й км, Калужская область, Обнинск

[2]ВФГБНУ «Курский ФАНЦ», ул. Карла Маркса 70-б., Курск

[*]E-mail: *cornblum@mail.ru, vsanisimov@list.ru*

Резюме *В работе представлены данные о валовом содержании Cd, Co, Zn, Cs и K в почве и различных луговых растениях. Закономерности миграции этих элементов представлены через расчет и анализ коэффициентов накопления и коэффициентов перехода. Дана всеобъемлющая характеристика почвы с химической, физической и минералогической точек зрения.*

Ключевые слова: *Тяжелые металлы, миграция, почва, луговые травы, валовое содержание*

Summary *The article presents data on the total content of Cd, Co, Zn, Cs и K in the soil and various meadow plants. The migration patterns of these elements are presented through the calculation and analysis of their concentration factors and concentration ratios. A comprehensive description of the soil properties from the chemical physical and mineralogical points of view is given,*

Key words*: heavy metal, migration, soil, meadow grasses, total content.*

Введение. Загрязнение тяжелыми металлами почв с дальнейшим их переходом в продукты питания является актуальной проблемой [1] и дальнейшее нарастание нагрузки биосферы тяжелыми металлами неизбежно особенно в процессе трансформации энергии невозобновляемых энергоносителей [2] В свете этого изучение миграции тяжелых металлов в естественных условиях на почвах пока еще не подвергшихся серьезному антропогенному загрязнению представляет дополнительную ценность.

Материалы и методы. Ключевой участок находился в пределах

ландшафтного элемента – полого-холмистой равнины, пределах границ Центрально-Черноземного заповедника им. В.В. Алехина (участок «Стрелецкая степь»).

Выбор учетной площадки для отбора сопряженных проб почвы и растений (по видам) осуществлялся в соответствии с методическими рекомендациями МАГАТЭ [3]. Отбор почвы по слоям 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 см производился специально разработанным для послойного отбора проб почвы буром-пробоотборником (рис. 1), разработанным в Курском ФАНЦ (патент № 2657555). Диаметр рабочей части бура с контейнером для отбираемой пробы составляет 100 мм. Особенностью данного бура, помимо количественного отбора почвенного материала из определенного слоя почвы, является возможность оценки плотности сложения почвы в соответствующем слое. Послойный отбор проб почвы производился методам квадрата в 5-ти точках (по углам и в центре пробной площадки 10×10 м^2). Далее, отобранные из каждого слоя почвы образцы объединялись. Сопряженные пробы растений отбирались с площадок площадью 1 м^2. Далее они рассортировывались по видам растений, объединенные пробы которых высушивались и далее поступали на гамма-спектрометрию и элементный анализ.

Рисунок 1 – Использование специального бура для послойного отбора почвенных образцов

Физические и химические показатели почв (табл. 1) определяли общепринятыми методами: pH_{KCl} (pH_{H2O}) – потенциометрическим, в суспензии почвы в 1 М растворе KCl (дистиллированной воде) при соотношении твердой и жидкой фаз (т : ж) 1 : 2.5, гранулометрический состав почв – седиментационным методом на приборе марки SediGraph III 5120 (Particle Size Analysis System). Предварительно образец подвергался диспергированию ультразвуковым диспергатором мощностью 120 Вт в 50 мл диспергирующей жидкости (1%-м растворе пирофосфата натрия $Na_4P_2O_7$) на протяжении 10 минут в содержание органического углерода – по методу Тюрина, гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму поглощенных оснований – по Каппену–Гильковицу, содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O – по методу Чирикова (экстракция 0.5 М CH_3COOH)в модификации ЦИНАО (т : ж

= 1 : 25). Обменные формы кальция и магния извлекали из почв с помощью 1 MKCl (т : ж = 1 : 2.5, pH 6.9-7.0) [4].

Исследован минералогический состав изучаемых почв методом рентген-дифрактометрии для образцов почв, насыщенных Mg, Co и Zn соответственно (таблица 3).

Минералогический анализ выполнялся на образцах почвы, отобранных на пробной площадке ранее в 2010 г., на кафедре химии почв факультета почвоведения МГУ Т.А. Соколовой и И.И. Толпештой методом рентген-дифрактомтерии на приборе ДРОН-3, количественное определение содержания иллита, каолинита в сумме с хлоритом и лабильных минералов (в процентах от суммы этих трех компонентов) проводили по модифицированной методике Э.А. Корнблюма [5] в трех повторностях. Режимы съемки были следующими: режим трубки БСВ-29 (Cu) 20mA 35kV, фильтр – Ni; щели: верт. 1.00 гориз. 8.00 Соллер; детектор – сцинтилляционный. НП – 200.0, ВП – 2500.0, KU – 4.0, Uп–720. Щели: верт. 2.00 гориз. 16.00 Соллер. Метод съемки: порошок – w/2t; комбинированный t=3.000c, V=4.0 гр/мин.

Элементный анализ образцов почв и растений выполнялся масс-спектрометрическим методом с использованием ИСП-МС спектрометра “SUPEC 7000” (Китай) после микроволнового разложения образцов почв и растений с помощью концентрированной HNO_3.

Результаты и их обсуждение. Основные физико-химические показатели в образцах почвы определялись послойно до глубины 20 см с шагом 5 см, Обращает на себя внимание слабокислая реакция водной и солевой вытяжек из почв и снижение ацидификации почвы с ростом глубины На процесс ацидификации поверхностных слоев почвы, по-видимому, существенное влияние оказывает такой антропогенный фактор, как выпадениекислотных атмосферных осадков повышенной кислотности в результате деятельности промышленных предприятий, в том числе и в результате трансграничного переноса (таблица 1).

Таблица 1 –Химические характеристики образцов типичного чернозема, отобранных послойно из корнеобитаемого слоя на пробной площадке

Слой почвы, см	$C_{орг}$, %	$pH_{водный}$	$pH_{солевой}$	Сумма поглощённых оснований, м-экв/100 г	Нг, м-экв/100 г	P_2O_5 подвижный, мг/кг	K_2O подвижный, мг/кг
0-5	5.35±0.11	6.28±0.06	5.35±0.04	41.4±0.8	6.52±0.01	91.9±4.4	222±18
5-10	5.18±0.05	6.21±0.02	5.36±0.01	41.7±0.4	6.52±0.00	86.3±1.8	110±1
10-15	4.73±0.13	6.28±0.01	5.39±0.00	41.6±0.3	6.57±0.03	70.0±3.5	89±0
15-20	4.26±0.08	6.39±0.07	5.50±0.09	41.0±0.8	6.60±0.03	66.3±0.0	71±10

Гранулометрический состав относит исследованную почву к тяжелым суглинкам, характеризующимся повышенным содержанием глинистых минералов. (таблица 2).

Таблица 2 – Физические характеристики образцов типичного чернозема, отобранных послойно из корнеобитаемого слоя на пробной площадке

Почва	Слой (глубина), см	Плотность сложения почвы, г/см^3	Содержание фракций (мкм),%					
			<1	1-5	5-10	10-50	50-250	>250
Чернозем типичный (Курск, ЦЧЗ)	0-5	0,79±0,01	37,5±1,5	12,7±1,6	9,9±0,5	36,8±4,1	3,2±2,9	-
	5-10	0,86±0,01	36,4±2,5	11,3±2,8	9,8±0,2	40,1±0,5	2,5±0,8	-
	10-15	0,91±0,01	38,0±2,1	11,4±2,1	9,7±0,2	38,0±0,5	2,8±0,3	-
	15-20	1,02±0,03	39,0±0,5	10,7±0,9	9,5±0,3	39,0±0,5	1,8±0,5	-

Преобладающими компонентами илистой фракции чернозема типичного являются диоктаэдрические иллиты (32-43 %), каолинит (34-38 %) и лабильные минералы (19-31 %), представленные смектитом и вермикулитом. Присутствуют смешанослойные минералы с хлоритовыми пакетами. Есть кварц и полевые шпаты (таблица 3).

Таблица 3 – Обобщенные результаты полуколичественного фазового (минералогического) анализа илистых фракций типичного чернозема

№	Описание образца	% от суммы трех компонентов			Полуколичественная оценка*)				
		Иллит	Каолинит + хлорит	Лабильные минералы	Хлорит	Почв. хлорит	Кварц	Полевые шпаты	См. сл. с хлорит. пакетами
Чернозем									
10	-Ч-Mg	43	38	19(с)	-	-	+	+	+
14	-Ч-Co	37	34	29	-	-	+	+	+
18	-Ч-Zn	32	36	32	?	-	+	+	+

Примечание. Минералогический состав илистых фракций: *) - минерал отсутствует, + – мало, ++ – средне, +++ – много, ? – присутствие минерала возможно, но однозначно не диагностируется
**) (с) – преобладает смектит;

Сравнительную оценку миграционной способности стабильных изотопов ^{133}Cs, и ^{39}K и тяжелых металлов Cd, Co, Zn в системе почва-растение проводили с использованием типичных видов луговой растительности: ковыля перистого (*Stippa pennata* L.), вейника наземного (*Calamagrostisepigejos* L.), подмаренника мягкого (*Galium mollugo* L.), бодяка полевого (*Cirsium arvense* L. Scop.), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.) и крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), доминирующих на данном участке фитоценоза. Для этого были определены концентрации ^{133}Cs, Cd, Co, Zn в вегетативной массе растений, а также массовая и объемная активности/концентрации соответствующих стабильных изотопов и тяжелых металлов по 5-ти см слоям почвы до глубины 20 см [3, 6].

Были установлены коэффициенты накопления тяжелых металлов (^{133}Cs, Cd, Co, Cs, Zn,) и элемента питания – калия (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание ТМ в корнеобитаемом слое типичного чернозема (0-20 см), в растенияхи КН в растенияхв пределах пробной площадки

Химические элементы	^{133}Cs	Zn	Co	Cd	K
Массовая доля элементов в почве, мг/кг:					
Валовое содержание	2.5	55	15.2	0.30	-
Кислорастворимая формы, извлекаемые 7МHNO_3	1.54±0.06	48.1±2.2	8.2±0.2	0.28±0.01	10100±300
Массовая доля элементов в растениях:	***мг/кг***	***мг/кг***	***мг/кг***	***мкг/кг***	***мг/кг***
Ковыль перистый (*Stippapennata* L.)	0.137±0.010	26.1±0.5	0.096±0.006	67±5	14950
Вейник наземный (*Calamagrostisepigejos*)	0.950±0.020	56.4±2.7	0.074±0.005	121±10	10600
Подмаренник мягкий (*Galiummollugo* L.)	0.371±0.024	27.2±1.6	0.089±0.010	105±20	14010
Бодякполевой (*Cirsium arvense* L. Scop.)	1.208±0.039	55.8±1.3	0.243±0.013	151±10	12890
Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*)	0.230±0.013	36.5±2.3	0.066±0.010	416±30	19330
Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)	0.162±0.020	19.0±0.8	0.071±0.007	44±7	17170
КН в растениях*:	***мг/кг***	***мг/кг***	***мг/кг***	***мг/кг***	***мг/кг***
Ковыль перистый (*Stippapennata* L.)	0.09±0.01	0.54±0.03	0.012±0.0007	0.24±0.10	1.48
Вейник наземный (*Calamagrostisepigejos*)	0.62±0.03	1.17±0.08	0.009±0.0005	0.44±0.18	1.05
Подмаренник мягкий (*Galiummollugo* L.)	0.24±0.02	0.57±0.04	0.011±0.0012	0.38±0.16	1.39
Бодяк полевой (*Cirsium arvense* L. Scop.)	0.78±0.04	1.16±0.06	0.030±0.0017	0.54±0.23	1.28
Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*.)	0.15±0.01	0.76±0.06	0.008±0.0002	1.50±0.63	1.91
Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)	0.11±0.01	0.40±0.02	0.009±0.0009	0.16±0.07	1.70

* в пересчете на кислорастворимую форму нахождения элементов в почве (извлекаемую 7 М HNO_3)

Заключение Максимальные значения коэффициентов накопления в вегетативной массе исследованных растений наблюдались для K и Zn, которые считаются, соответственно, необходимым элементом питания и микроэлементом, минимальные – для Co, являющегося фитотоксичным для растений даже в незначительных концентрациях и образующим в почве труднорастворимые соединения (оксиды, фосфаты).

Неожиданно высокие значения коэффициентов накопления Cd для всех исследованных видов растений (КН=0.25÷1.5) свидетельствуют о чрезвычайно высокой миграционной способности этого токсиканта в системе почва-растение и, соответственно, высокой вероятности накопления его в продукции растениеводства и животноводства в опасных концентрациях при загрязнении им исследуемой почвы. Связано это с тем, что благодаря близости химических свойств механизмы корневого поглощения кадмия аналогичны механизмам поглощения цинка.

Библиографический список

1. Rehman M.Z.U., Zafar M., Waris A.A. et al. Residual effects of frequently available organic amendments on cadmium bioavailability and accumulation in wheat. – Chemosphere, 2020. – 244. – 125548.
2. Плеханова В. А. Характер сопряжения накоплений цинка и кадмия растениями в условиях фитоценоза и агрокультуры: диссертация на на соискание степени кандидата биологических наук 3.00.12/Плеханова В.А. Уфа- 2007 – 143 с.
3. Dercon, G., LeeZhiYi, A., Fesenko, S. &Heng, L. 2022. Sampling of agricultural soils and plants for radioactivity analysis. Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Vienna, Austria. https://doi.org/10.4060/cb9304en
4. Практикум по агрохимии: Учебное пособие. – 2-е издание, перераб. и доп./ под.ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
5. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые материалы в почвах: Учебное пособие. – Тула: Гриф и К,2005.-336 с., ил.

6. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа

УДК 631.45: (661,832+661.836)

МИГРАЦИЯ ^{137}CS И ^{40}K В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ НА УЧАСТКЕ «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ» ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.В. АЛЕХИНА

Крыленкин Д.В. [1*], Анисимов В.С. [1,*], Анисимова Л.Н. [1], Санжаров А.И. [1], Фесенко С.В. [1], Глазунов Г.П. [2], Коровин С.В. [1], Корнеев Ю.Н. [1], Новикова Н.В. [1], Мезина М.В. [1] Дикарев А.В. [1*]

[1]Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии, Киевское ш., 109-й км, Калужская область, Обнинск

[2]ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», ул. Карла Маркса 70-б., Курск

[*]E-mail: *cornblum@mail.ru, vsanisimov@list.ru*

Резюме *Выявлено вертикальное распределение ^{137}Cs и ^{40}K в слоях почвы 0-20 см, их содержание в различных видах растений. Отмечены особенности вертикального распределения ^{137}Cs в профиле почвы. Определено значение миграционного коэффициента и КП ^{137}Cs в типичном черноземе. Проведен сравнительный анализ биодоступности Cs и K при корневом поглощении.*

Ключевые слова*: удельная активность, плотность, вертикальное распределение, миграция, луговые травы, валовое количество.*

Summary *The vertical distribution of ^{137}Cs and ^{40}K in 0-20 soil layers and their content in various plants species are revealed. The specifics of the ^{137}Cs vertical distribution in the soil profile were recorded. The values of migration coefficient and concentration factor in typical chernozem are determined. A comparative analysis of the bioavailability of Cs and K during root uptake was carried out.*

Key words: *specific activity, density, vertical distribution, migration, meadow grasses, total content.*

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году оставила значительный радиационный след на Европейской территории России [1]. Главным загрязняющим радионуклидом (РН) является долгоживущий ^{137}Cs ($T_{1/2}$= 30.08 лет, [2]). Даже в таких радиологически чистых регионах, как Курская область, вклад «чернобыльского» компонента значительно выше глобального фонового загрязнения. Спустя более 35 лет после Чернобыльской аварии, радиоэкологическая обстановка и ландшафт на территории России существенно изменились, сельскохозяйственные угодья и залежи подверглись значительному антропогенному воздействию, нарушившему сложения верхнего корнеобитаемого слоя, что значительно повысило ценность информации из анализа радиоэкологической обстановки в антропогенно-ненарушенных ландшафтах - биосферных заповедниках.

Элементом-аналогом Cs в биогеохимических процессах традиционно считается К, представленный в природе 2-мя стабильными изотопами: ^{39}K (93.2%) и ^{41}K (6.7%), и радиоактивным изотопом (РИ) ^{40}K (0.0117%). В данном

исследовании приведено сравнение биодоступности РИ ^{137}Cs (представленного главным образом чернобыльскими выпадениями) и природного РН ^{40}K, для различных видов естественно-луговой растительности.

Материалы и методы Ключевой участок находился в пределах ландшафтного элемента – полого-холмистой равнины в Центрально-Черноземном заповеднике им. В.В. Алехина (участок «Стрелецкая степь»).

Учетная площадка для отбора сопряженных проб почвы и растений была выбрана на основе методических рекомендаций МАГАТЭ [3]. Отбор почвы по слоям 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 см производился специально разработанным для послойного отбора проб почвы буром-пробоотборником, разработанным в Курском ФАНЦ (патент № 2657555). Послойный отбор проб почвы производился методам квадрата в 5-ти точках (10×10 м^2). Сопряженные пробы растений отбирались с площадок площадью 1 м^2. Далее они рассортировывались по видам растений, объединенные пробы которых высушивались и поступали на гамма-спектрометрию и элементный анализ.

Для определения удельной активности РН в растительном материале высушенные снопы растений (по видам) резали на куски длиной 4-5 см, переносили в камеру-циклон и удаляли частицы пыли при помощи обработки сжатым воздухом. Далее растительный материал измельчали на мельнице и помещали в сосуды Маринелли для γ-спектрометрии с помощью спектрометра Гамма–1П с полупроводниковым детектором из особо чистого германия с относительной эффективностью регистрации 35%.

Физические и химические показатели почв (табл. 1) определяли стандартными методами [4]. гранулометрический состав почв – седиментационным методом на приборе марки SediGraph III 5120 (Particle Size Analysis System). Минералогический состав изучаемых почв методом рентген-дифрактометрии для образцов почв, насыщенных Mg, Co и Zn соответственно (таблица 3).

Минералогический анализ выполнялся на образцах почвы, отобранных на пробной площадке ранее в 2010 г., на кафедре химии почв факультета почвоведения МГУ Т.А. Соколовой и И.И. Толпештой методом рентген-дифрактометрии на приборе ДРОН-3[5], количественное определение содержания иллита, каолинита в сумме с хлоритом и лабильных минералов (в процентах от суммы этих трех компонентов) проводили по модифицированной методике Э.А. Корнблюма [5]в трех повторностях. Режимы съемки были следующими: режим трубки БСВ-29 (Cu) 20mA 35kV, фильтр – Ni; щели: верт. 1.00 гориз. 8.00 Соллер; детектор – сцинтилляционный. НП - 200.0, ВП - 2500.0, KU - 4.0, Uп – 720. Щели: верт. 2.00 гориз. 16.00 Соллер. Метод съемки: порошок – w/2t; комбинированный t=3.000с, V=4.0гр/мин.

Элементный анализ образцов почв и растений выполнялся масс-спектрометрическим методом с использованием ИСП-МС спектрометра“SUPEC 7000” (Китай) после микроволнового разложения образцов почв и растений с помощью концентрированной HNO_3. [6].

Результаты и обсуждение. Основные физико-химические показатели определенные послойно до глубины 20 см с шагом 5 представлены в таблице

1. Обращает на себя внимание слабокислая реакция водной и солевой вытяжек из почв и снижение ацидификации почвы с ростом глубины (табл. 1). На процесс ацидификации поверхностных слоев почвы, по-видимому, существенное влияние оказывает выпадение кислотных атмосферных осадков повышенной кислотности в результате деятельности промышленных предприятий, в том числе и в результате трансграничного переноса.

Таблица 1 – Химические характеристики образцов типичного чернозема, отобранных послойно из корнеобитаемого слоя на пробной площадке

Слой почвы, см	$C_{орг}$, %	$pH_{водный}$	$pH_{солевой}$	Сумма поглощённых оснований, м-экв/100 г	Нг, м-экв/100 г	P_2O_5 подвижный, мг/кг	K_2O подвижный, мг/кг
0-5	5.35±0.11	6.28±0.06	5.35±0.04	41.4±0.8	6.52±0.01	91.9±4.4	222±18
5-10	5.18±0.05	6.21±0.02	5.36±0.01	41.7±0.4	6.52±0.00	86.3±1.8	110±1
10-15	4.73±0.13	6.28±0.01	5.39±0.00	41.6±0.3	6.57±0.03	70.0±3.5	89±0
15-20	4.26±0.08	6.39±0.07	5.50±0.09	41.0±0.8	6.60±0.03	66.3±0.0	71±10

Гранулометрический состав соответствует тяжелому суглинку (Табл. 2).

Таблица 2 – Физические характеристики образцов типичного чернозема, отобранных послойно из корнеобитаемого слоя на пробной площадке

Почва	Слой (глубина), см	Плотность сложения почвы, г/см^3	Содержание фракций (мкм),%					
			<1	1-5	5-10	10-50	50-250	>250
Чернозем типичный (Курск, ЦЧЗ)	0-5	0,79±0,01	37,5±1,5	12,7±1,6	9,9±0,5	36,8±4,1	3,2±2,9	-
	5-10	0,86±0,01	36,4±2,5	11,3±2,8	9,8±0,2	40,1±0,5	2,5±0,8	-
	10-15	0,91±0,01	38,0±2,1	11,4±2,1	9,7±0,2	38,0±0,5	2,8±0,3	-
	15-20	1,02±0,03	39,0±0,5	10,7±0,9	9,5±0,3	39,0±0,5	1,8±0,5	-

Минералогический анализ показал, что преобладающими компонентами илистой фракции чернозема типичного являются диоктаэдрические иллиты (32-43%), каолинит (34-38%) и лабильные минералы (19-31%), представленные смектитом и вермикулитом. Присутствуют смешанослойные минералы с хлоритовыми пакетами. Есть кварц и полевые шпаты.

Таблица 3 – Обобщенные результаты полуколичественного фазового (минералогического) анализа илистых фракций типичного чернозема

№	Описание образца	% от суммы трех компонентов			Полуколичественная оценка*)				
		Иллит	Каолинит + хлорит	Лабильные минералы	Хлорит	Почв. хлорит	Кварц	Полевые шпаты	См. сл. с хлорит. пакетами
Чернозем									
10	-Ч-Mg	43	38	19(с)	-	-	+	+	+
14	-Ч-Co	37	34	29	-	-	+	+	+
18	-Ч-Zn	32	36	32	?	-	+	+	+

Минералогический состав илистых фракций: *) - минерал отсутствует, + – мало, ++ – средне, +++ – много, ? – присутствие минерала возможно, но однозначно не диагностируется **) (с) – преобладает смектит;

Сравнительную оценку миграционной способности изотопов ^{137}Cs, и РИ – неизотопного носителя Cs – ^{40}K в системе почва-растение проводили с использованием типичных видов луговой растительности: ковыля перистого (*Stippa pennata* L.), вейника наземного (*Calamagro stisepigejos* L.), подмаренника мягкого (*Galium mollugo* L.), бодяка полевого (*Cirsium arvense* L. Scop.), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.) и крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), доминирующих на данном участке фитоценоза. Для этого была определена удельная активность ^{40}K и ^{137}Cs в вегетативной массе растений, а также массовая и объемная активности/концентрации соответствующих изотопов по 5-ти см слоям почвы до глубины 20 см (т.е., на глубину расчетного корнеобитаемого слоя, принятую в радиологических исследованиях [3,7]). Кроме того, подавляющая часть поступившего на поверхность почвы ^{137}Cs находится в этом слое.

На основании имеющихся данных по плотности сложения почв в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-20 см была рассчитана объемная концентрация исследуемых РИ ^{137}Cs и ^{40}K и в каждом слое, а также рассчитаны плотности загрязнения (Бк(мг)/м^2) ими расчетного слоя почвы 0-20 см (таблица 4).

Таблица 4 – Послойное распределение РН ^{137}Cs, ^{40}K в корнеобитаемом слое типичного чернозема в пределах пробной площадки

Почва	Слой (глубина), см	Удельная активность,Бк/кг		Объемная активность,Бк/кг		Плотность загрязнения, кБк/м^2	
		^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
Чернозем типичный (Курск, ЦЧЗ)	0-5	36,6±7,8	608±14	28,8±6,4	478±8	1.44±0.32	23.9±0.4
	5-10	54,7±2,7	572±12	47,1±2,8	492±8	2,37±0.14	24.6±0.4
	10-15	24,8±1,1	583±30	22,5±1,1	528±27	1.13±0.05	26.4±1.4
	15-20	9,7±1,5	582±40	9,9±1,6	594±36	0.50±0.08	29.7±1.8

Установлено, что КП ^{137}Cs варьировали в диапазоне (0.87÷6.65) × 10^{-4} м^2/кг; КП ^{40}K: (20.9÷62.5) × 10^{-4} м^2/кг. (таблица 5).

Таблица 5 – Удельная активность и коэффициенты перехода РН ^{137}Cs, ^{40}K в различные виды исследованной естественно-луговой растительности.

Растение (вид)	Удельная активность, Бк/кг сухой массы		КП, м^2/кг	
	^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs(n×10^{-4})	^{40}K(n×10^{-4})
Ковыль перистый (*Stippa pennata* L.)	1.33±0.52	572±11	2.46±0.98	54.7±1.1
Вейник наземный (*Calamagro stisepigejos* L.)	0.47±0.21	219±37	0.87±0.39	20.9±3.5
Подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.)	1.38±1.10	474±25	2.55±2.04	45.3±2.4
Бодяк полевой (*Cirsium arvense* L. Scop.)	3.60±1.56	430±21	6.65±2.93	41.1±2.0
Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.)	2.20±1.62	654±84	4.06±3.01	62.5±8.0
Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.)	1.52±1.50	520±42	2.81±2.78	49.7±4.0

Поскольку изотопы ^{133}Cs и ^{40}K равномерно распределены в слое почвы 0-20 см, для них были рассчитаны значения коэффициентов накопления (КН) ^{133}Cs и ^{40}K. КН ^{133}Cs = 6.1×10^{-3}, КН ^{40}K = 0.98. Таким образом, коэффициент дискриминации КД = КН ^{133}Cs/ КН ^{40}K = 6.27×10^{-3}.

Заключение. Миграционная способность в системе почва-растение

радиоизотопа ^{40}K на порядок превышает миграционную способность ^{137}Cs. А с учетом того, что значительная часть ^{40}K входит в состав матрицы первичных почвенных минералов и недоступна растениям, реальное различие в доступности растениям ^{40}K и ^{137}Cs еще больше. Отмечены особенности вертикального распределения ^{137}Cs в профиле почвы, заключающиеся в смещении максимума с глубины 0-5 см до 5-10 см

Биологическое поглощение K (накопление его в вегетативной массе) корнями злака - ковыля перистого из чернозема типичного в 160 раз превышает аналогичный показатель для ^{133}Cs. Это свидетельствует о малой значимости катионов Cs в физиологических процессах, обеспечивающих функционирование растительного организма. Следует отметить, что в обоих случаях рассматривалось валовое содержание ^{40}K и ^{133}Cs в почве.

Библиографический список

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Белоруси (АСПА Россия-Белорусь)/под ред. Ю.А. Израэля, И.М. Богдевича.-Москва: Фонд «Инфосфера»-НИА-Природа; Минск: Белкартография, 2009. – 140 с.:
2. ENDF Radioactive Decay Data /MF8.MT457/by V. Zerkin, IAEA-NDS, 2020-2022, ver.2022-08-29/. Available online: https://www-nds.iaea.org/exfor/servlet/E4sShowDecayData?db=e4&op=showDecayData&req=6284&Sect=8933000,914608 4,14656612&plus=3 (accessed on 18June 2023).
3. Dercon, G., LeeZhiYi, A., Fesenko, S. &Heng, L. 2022. Sampling of agricultural soils and plants for radioactivity analysis. Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Vienna, Austria. https://doi.org/10.4060/cb9304en
4. Практикум по агрохимии: Учебное пособие. – 2-е издание, перераб. и доп./ под.ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
5. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые материалы в почвах: Учебное пособие. – Тула: Гриф и К,2005.-336 с., ил.
6. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях/А.И. Обухов. И.О. Плеханова. – Москва: Изд-во МГУ, 1991. – 183 с.: ил ISBN 5-211-01677-7.
7. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа

УДК 631.417.2:631.46

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ

Кузнецов А.В.[1], Припутнева М.А.[2]

[1,2] ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: [1]*kuzneczov.1983@mail.ru;* [2]*priputneva.maya@yandex.ru*

***Резюме**. Установлено, что в пахотном слое чернозёма типичного при применении агробиотехнологий отмечается стойкая тенденция к повышению содержания подвижных гумусовых веществ и улучшения их качественного состава как осенью после уборки урожая, так и через полтора месяца после заделки измельчённой побочной продукции сельскохозяйственной культуры. Заделка её в почву с аммиачной селитрой через два года приводит к заметному снижению содержания подвижных гумусовых веществ и ухудшению их качественного состава.*

Ключевые слова: *углерод, подвижные гумусовые вещества, подвижные гуминовые кислоты, подвижные фульвокислоты, агробиотехнология, биопрепараты, имуназот, грибофит, растительные остатки, сельскохозяйственные культуры, аммиачная селитра.*

В последнее время в земледелии все чаще для сохранения почвенного плодородия в качестве органического удобрения применяют заделку в почву измельченной побочной продукции культуры, обработанной для ускорения процессов её трансформации (минерализации и гумификации) биопрепаратами на основе бактерий и грибов [1, 2, 3].

Однако в настоящее время недостаточно изучено влияние агробиотехнологий – комплексного применения биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур (обработка семян, почвы, посевов, растительных остатков биопрепаратами) на содержание и состав органического вещества черноземных почв. Хотя именно от содержания подвижных гумусовых веществ – наиболее трансформируемой и обогащенной азотом и питательными минеральными элементами части гумусовых веществ во многом зависит почвенное плодородие [4, 5, 6].

Объекты и методы. Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район, с. Панино) на склоне северной экспозиции крутизной до 3° в научно-производственном опыте в зернопаропропашном севообороте (подсолнечник–ячмень–соя–гречиха). Технология возделывания подсолнечника, ячменя, сои и гречихи была общепринятой в регионе. Предшественником данных культур являлась озимая пшеница, размещаемая по чистому пару.

Опыт заложен в трехкратной повторности в соответствие с общепринятыми методиками [7], площадь делянки 240 м^2 (40 м х 6 м). Схема опыта включает следующие варианты: **Вариант 1** – контроль – измельченные растительные остатки сельскохозяйственной культуры без обработки биопрепаратами. **Вариант 2** – измельченные растительные остатки побочной продукции сельскохозяйственной культуры + N_{10} кг д.в. на 1 т. **Вариант** 3 – обработка биопрепаратами семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза в течение вегетации, после уборки урожая побочной продукции измельченных растительных остатков сельскохозяйственной культуры Грибофитом (5 л/га) и Имуназотом (3 л/га) (**агробиотехнология-1**). Без фунгицидов. **Вариант 4** – **агробиотехнология-1** + N_{10} кг д.в. на 1 т измельченных растительных остатков (**агробиотехнология-2**). Без фунгицидов.

Заделку растительных остатков в почву проводили дисковыми боронами на глубину 10-12 см (биологически активный слой почвы). Обработку биопрепаратами почвы перед посевом, посевов и измельченных растительных остатков проводили опрыскивателем ОП-2000/24, предпосевную обработку семян - ранцевым опрыскивателем, затем семена, перемешивая, просушивали в тени. Аммиачную селитру вносили навесным разбрасывателем РН-0,8.

Биопрепараты, исследуемые в опыте: 1. Грибофит – это экологически безопасный биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор. Препарат содержит споры и мицелий гриба Trichoderma, а также, продуцируемые грибом

в процессе производственного культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны); 2. Имуназот – биологический фунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор контактного и системного действия, на основе ризосферных бактерий Pseudomonas. Антифунгальная (противогрибковая) и бактерицидная (уничтожение колоний патогенных бактерий) активность бактерий обусловлена синтезированием антибиотиков – производных феназина и пирролнитрина.

Объект исследования – чернозём типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый.

Отбор смешанных почвенных образцов проводили по диагонали делянок из 5 точек буром в 0-20 см слое почвы в следующие сроки: после уборки урожая сельскохозяйственной культуры (перед заделкой растительных остатков (РО)) и через 1,5 месяца после заделки растительных остатков сельскохозяйственной культуры в почву.

Количественный и качественный состав подвижных гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. раствором NaOH из недекальцинированных почв черноземного типа, определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Почвенного института им. В.В. Докучаева [6].

Исследования, проведенные в 2018 году, показали (рис. 1), что в 0-20 см слое чернозёма типичного после уборки подсолнечника масленичного максимальное содержание углерода подвижных гумусовых веществ ($С_{ПГВ}$) было на варианте 3 (агробиотехнология-1). Увеличение содержания $С_{ПГВ}$ произошло главным образом за счёт углерода подвижных фульвокислот ($С_{ПФК}$).

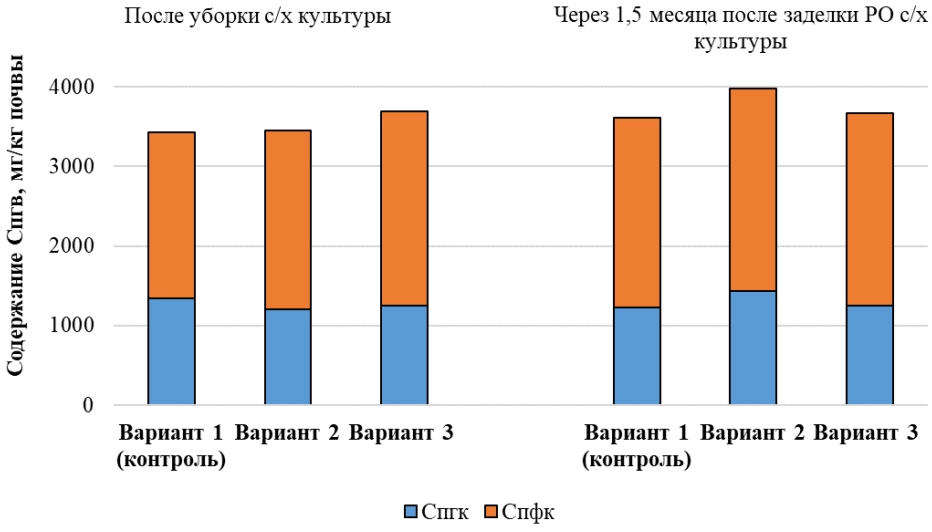


Рисунок 1 – Содержание углерода подвижных гумусовых веществ и их состав в слое 0-20 см чернозема типичного после уборки подсолнечника (22.08.2018) и через 1,5 месяца после заделки измельчённых растительных остатков подсолнечника

(Варианты см. в рис. 2)

Через 1,5 месяца после заделки измельчённых растительных остатков подсолнечника в 0-20 см слое чернозёма типичного на варианте 2 наблюдается

значительное увеличение содержания $С_{ПГВ}$. Вероятно, это объясняется активирующим влиянием на почвенные микроорганизмы азотных удобрений и ускорением процессов трансформации органического вещества почвы.

В 2019 году в слое 0-20 см чернозёма типичного после уборки ячменя ярового (сорт Суздалец) (рис. 2) максимальное содержание $С_{ПГВ}$ отмечалось на вариантах 3 и 4 с биопрепаратами, которое практически на 400 мг С/кг почвы было больше, чем на контроле (вариант 1). Причём это увеличение произошло за счет роста содержания $С_{ПФК}$ и углерода подвижных гуминовых кислот ($С_{ПГК}$). Однако минимальное содержание углерода микробной биомассы в пахотном слое почвы установлено на варианте 2 с N_{10} кг д.в. на 1 т растительных остатков.

Через 1,5 месяца после заделки соломы ячменя (рис. 2) в слое 0-20 см чернозёма типичного на всех вариантах отмечается практически одинаковый уровень содержания $С_{ПГВ}$. Однако на вариантах с применением биопрепаратов (вариант 3 и вариант 4) наблюдается тенденция повышения содержания $С_{ПГВ}$ и $С_{ПГК}$. Накопление подвижных гуминовых кислот свидетельствует об улучшении качественного состава подвижных гумусовых веществ.

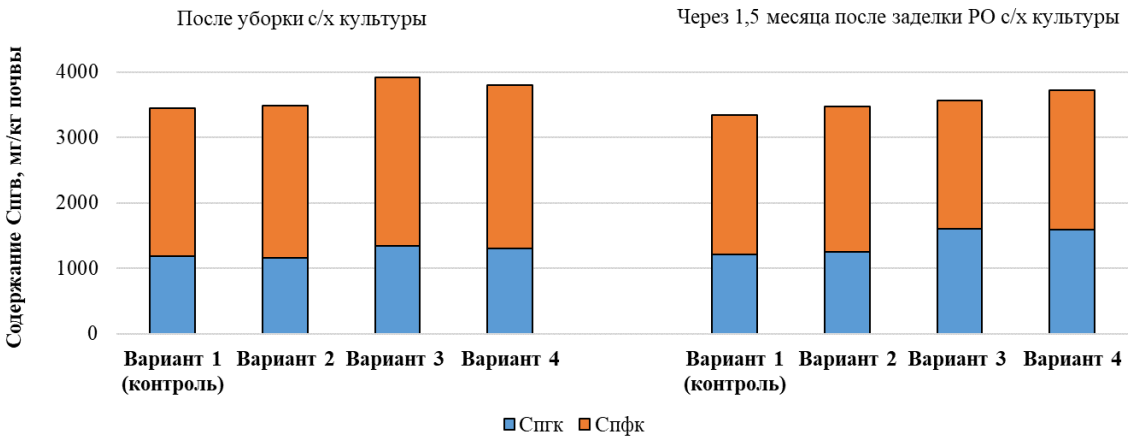


Рисунок 2 – Содержание углерода подвижных гумусовых веществ и их состав в слое 0-20 см чернозема типичного после уборки ячменя (15.08.2019) и через 1,5 месяца после заделки соломы ячменя

(Вариант 1 – контроль – измельченная побочная продукция сельскохозяйственной культуры без обработки биопрепаратами (ПП). Вариант 2 – ПП + N_{10} кг д.в. на 1 т ПП. Вариант 3 – обработка биопрепаратами семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза в течение вегетации, после уборки урожая ПП (Грибофитом (5 л/га) и Имуназотом (3 л/га) (агробиотехнология-1). Вариант 4 – агробиотехнология-1 + N_{10} кг д.в. на 1 т ПП (агробиотехнология-2).

В ходе исследований, проведенных в 2020 году (рис. 3), было установлено, что в пахотном слое чернозёма типичного после уборки сои максимальное содержание Смб отмечалось на варианте 3 и варианте 4 с биопрепаратами, а минимальное на варианте 2 с азотными удобрениями. При этом по сравнению с 2019 годом отмечается тенденция увеличения общего уровня содержания $С_{ПГВ}$ в пахотном слое почвы на всех рассматриваемых вариантах.

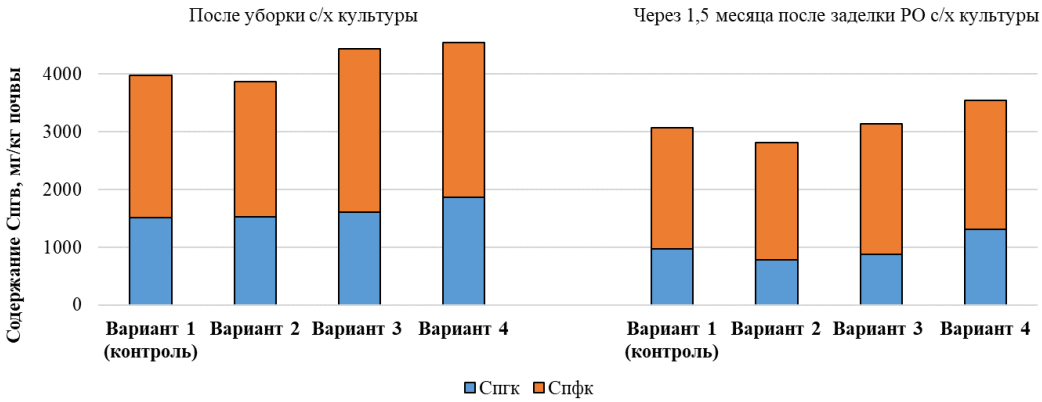


Рисунок 3 – Содержание углерода подвижных гумусовых веществ и их состав в слое 0-20 см чернозема типичного после уборки сои (7.09.2020) и через 1,5 месяца после заделки соломы сои

(Варианты см. в рис.2)

Через 1,5 месяца после заделки соломы сои (рис. 3) в пахотном слое почвы на всех изучаемых вариантах уровень содержания $С_{ПГВ}$ заметно снизился. При этом в пахотном слое почвы на вариантах с биопрепаратами содержание $С_{ПГВ}$ было несколько выше, чем на остальных вариантах.

В 2021 году в слое 0-20 см чернозёма типичного (рис. 4) после уборки гречихи уровень содержания $С_{ПГВ}$ был практически одинаковый, только на варианте 2 (N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков) отмечается незначительная тенденция к снижению содержания $С_{ПГВ}$. При этом на вариантах с применением агробиотехнологий общее содержание $С_{ПГВ}$ (за счет более высокого содержания $С_{ПГК}$ и $С_{ПФК}$) несколько выше, чем на варианте 1 (контроль).

Через 1,5 месяца после заделки соломы гречихи (рис. 4) в слое 0-20 см чернозёма типичного слабоэродированного на варианте 4 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т растительных остатков) наблюдается заметное увеличение содержания $С_{ПГВ}$ даже по сравнению с послеуборочным.

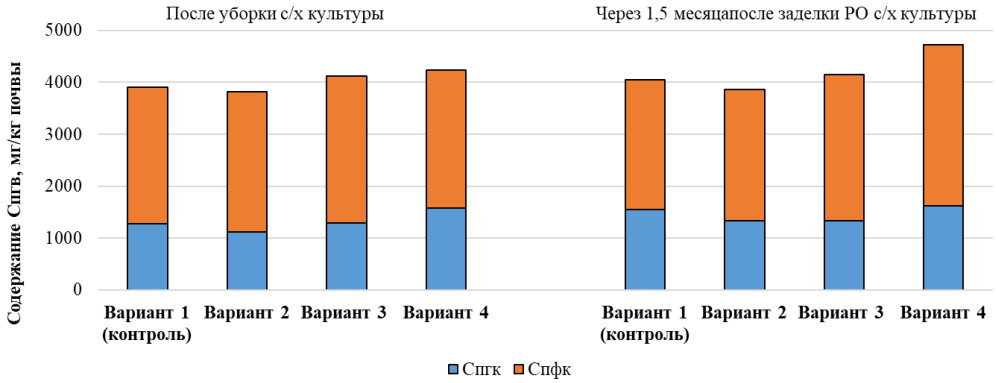


Рисунок 4 – Содержание углерода подвижных гумусовых веществ и их состав в слое 0-20 см чернозема типичного после уборки гречихи (9.09.2021) и через 1,5 месяца после заделки соломы гречихи

(Варианты см. в рис.2)

Таким образом применение в 2018-2021 гг. агробиотехнологий по сравнению с контролем (вариант 1-ПП) и вариантом 2 (ПП+аммиачная селитра)

приводит к стойкой тенденции к повышению содержания в слое почвы 0-20 см углерода подвижных гумусовых веществ как осенью после уборки урожая, так и через 1,5 месяца после заделки измельчённых остатков побочной продукции сельскохозяйственной культуры. При этом происходит увеличение содержания углерода подвижных гуминовых кислот, что говорит об улучшение качественного состава подвижных гумусовых веществ и усилении интенсивности процессов гумификации растительных остатков. Применение азотных удобрений при заделке измельченных растительных остатков побочной продукции через 2 года приводит к снижению содержания $С_{ПГВ}$.

Библиографический список

1. Русакова И.В. Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016 - № 3 (Часть 1). – С. 107-111.
2. Русакова, И.В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах / И.В. Русакова // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 4-9.
3. Тарасов, С.А. Использование микробиологических препаратов для ускорения деструкции соломы / С.А. Тарасов, О.М. Шершнева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 6. – С. 41-45.
4. Лыков, А.М. Оценка гумуса почв по характеристике его лабильной части / А.М. Лыков, В.А. Черников, Б.П. Боинчан // Известия ТСХА. – 1981. – Выпуск 5. – С. 65-70.
5. Дедов А.В. Трансформация послеуборочных остатков и содержание в почве подвижных гумусовых веществ / А.В. Дедов, Н.И. Придворев, Е.В. Морозова // Агрохимия. – 2001. – №11. – С. 26-33.
6. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв: Методические рекомендации / Сост. К.В. Дьяконова. – М.: ВАСХНИЛ. Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1984. – 96 с.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.46:631.432.24

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОПРЕПАРАТАМИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ОВСА НА ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Масютенко М.Н.
Курский федеральный аграрный научный центр, г. Курск
E-mail: *mas_521@mail.ru*

Резюме. *В полевом стационарном опыте изучены изменения в водоустойчивости чернозема типичного слабоэродированного до и после обработки биопрепаратами измельченной побочной продукции овса и заделки её в почву на полтора месяца.*
Ключевые слова: *биопрепараты, побочная продукция, овес, чернозем типичный слабоэродированный, водоустойчивость, агрегаты.*
Summary. *In a stationary field experiment, changes in the waterproofness of typical slightly eroded chernozem were studied before and after processing with biological preparations of crushed oat by-products and embedding it in the soil for a month and a half.*
Key words: *biological products, by-products, oats, typical slightly eroded chernozem, waterproofness, aggregates.*

Водоустойчивость агрегатов является важнейшей характеристикой плодородия и качества почвы. Водоустойчивость агрегата, а также его механическая прочность определяют воздушный, тепловой, водный режимы в почве и влияют на мобилизацию и иммобилизацию питательных элементов Почвы, не имеющие водопрочной структуры, быстро заплывают, становятся непроницаемыми для воды и воздуха, а при высыхании растрескиваются на крупные глыбы [1-4].

Черноземы отличаются хорошей и отличной структурой, однако в связи с усиливающейся механической обработки, увеличением доли пропашных, технических культур, а также снижения в севообороте доли многолетних трав и бобовых культур, сокращения поступления в почву органических удобрений наблюдается ухудшение структуры черноземов, уменьшение её устойчивости и др. [5].

Целью данной работы было изучение влияния обработки биопрепаратами побочной продукции овса на водоустойчивость агрегатов чернозёма типичного.

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино Медвенского р-на Курской обл.) в стационарном полевом опыте с биопрепаратами в черноземе типичном слабоэродированном при возделывании овса. В опыте в качестве биопрепаратов использовали микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж. Трихоплант, СК содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6) и продукты его жизнедеятельности, он снижает фитотоксичность и повышает агрохимические характеристики любого типа почв, стимулирует рост и повышает иммунитет растений, участвует активно в разложении органики. Комплексный препарат «Биогор» – (Ж) серии «КМ» создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum 34, Lactobacillus fermentum 27, Lactobacillus lactis. subsp. lactis AMS, Saccharomycescerevisiae (cartsbergebsis), Azotobacter chroococcum A-41, Bacillus megaterium Ф-3*, генетически не модифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями, участвует активно в разложении органики, выделяет биологически активные вещества.

В качестве азотных минеральных удобрений использовали аммиачную селитру. В 2022 году на поле возделывали овес яровой сорта «Борец» *Avena sativa L.* (предшественник – гречиха). Общая площадь опыта – 1,5 га. Размер делянки – 240 м^2 (40 х 6), учетная площадь – 152 м^2 (4х38), повторность – 3-кратная. Варианты опыта, на которых проводились исследования, представлены в рисунке и таблице. Технологии возделывания овса общепринятые для региона, за исключением изучаемых факторов – внесения биопрепаратов.

Почва в опыте – чернозем типичный тяжелосуглинистый малогумусный на лессовидном карбонатном суглинке. В слое 0-20 см почвы содержится: гумуса – 5,08-5,64%; щелочногидролизуемого азота – 14,75-17,06 мг/100 г почвы;

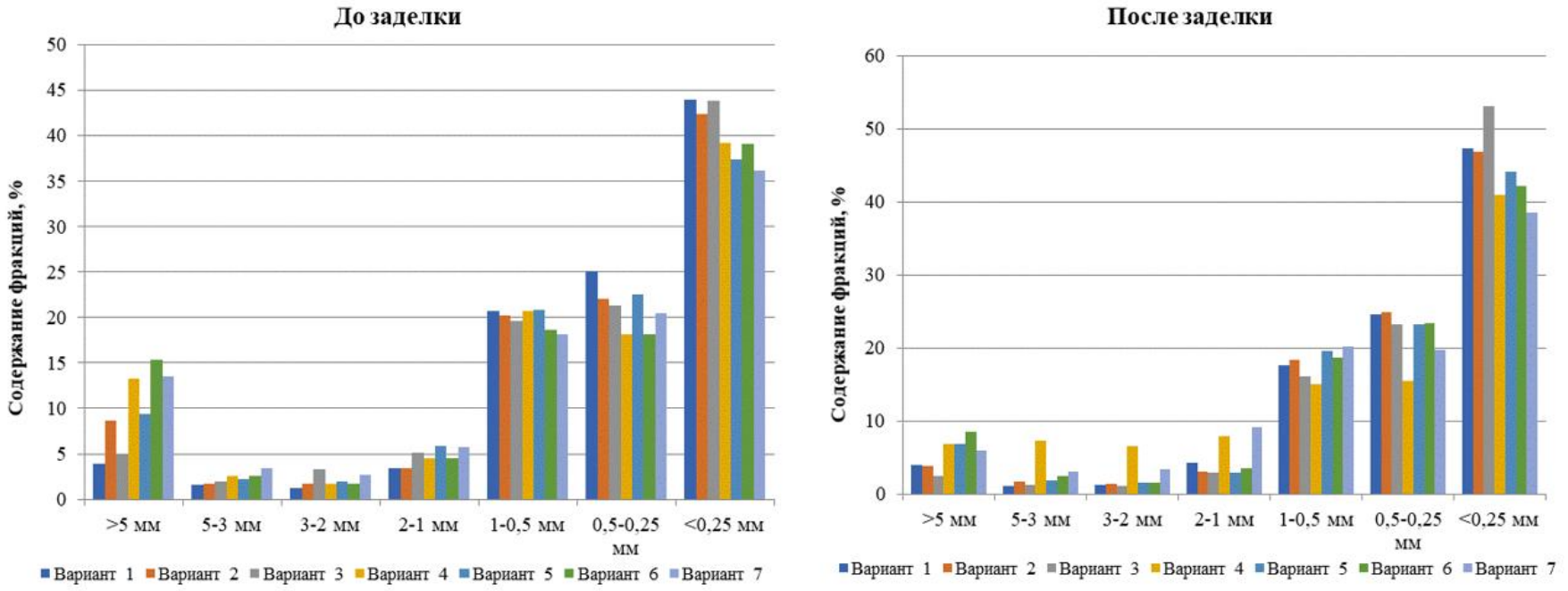


Рисунок – Усредненное значение процентного содержания водопрочных и неводопрочных фракций чернозема типичного слабосмытого по фракциям на опыте с биопрепаратами до внесения в почву и после разложения внесенных в почву измельченной надземной части растений подсолнечника на 46 день в слое 0-20 см (Варианты: 1.Контроль. 2.ПП. 3.ПП + N_{10} кг д.в на 1 т ПП. 4.ПП + известь 1,5 т/га. 5.ПП+БП (агробиотехнология-3). 6. ПП+БП+ N_{10} кг д.в на 1 т ПП (агробиотехнология-4). 7. ПП+БП+известь1,5 т/га (агробиотехнология-5))

подвижного фосфора – 9,2-11,3 мг/100 г почвы; подвижного калия – 9,2-13,5 мг/100 г почвы; обменного кальция – 21,6-25,0 мг-экв/100 г почвы, обменного магния – 4,2-5,0 мг-экв/100 г почвы, реакция среды нейтральная или близкая к нейтральной, pH_{H_2O} – 6,3-6,7; степень кислотности почвы, определяемой в соляной вытяжке, изменяется от слабокислой к близкой к нейтральной, pH_{KCl} – 5,3-5,8.

Для определения структурно-агрегатного состава образцы почвы отбирали в трехкратной повторности в слое 0-20 см по диагонали делянки перед уборкой урожая и через 46 дней после заделки растительных остатков овса в почву. Сначала в них проводили сухое просеивание, а затем из каждого образца с учетом процентного содержания фракций после сухого просеивания составляли три образца, то есть с каждого варианта получалось по 9 и их подвергали мокрому просеиванию по методу Н.И. Саввинова [6].

Результаты исследований показали, что в составе водоустойчивых и неводоустойчивых агрегатов после мокрого просеивания (рисунок) в слое 0-20 см было установлено преобладание неводоустойчивых фракций <0,25 мм на всех вариантах опыта до внесения и после заделки в почву растительных остатков овса. Причем на вариантах с биопрепаратами до внесения растительных остатков овса их было меньше, чем на контроле.

До внесения и заделки в почву растительных остатков овса на контроле, побочная продукция (ПП), ПП+ N_{10} кг д.в на 1 т ПП и ПП+ известь 1,5 т/га оценка водоустойчивости почвенной структуры по суммарному количеству водопрочных агрегатов >0,25 мм при мокром просеивании (%) по Кузнецовой И.В. свидетельствует о хорошей водопрочности структуры почвы. А на вариантах с биопрепаратами (ПП+биопрепараты (БП)); ПП+БП+ N_{10} кг д.в на 1 т ПП; ПП+БП+ известь 1,5 т/га) и на варианте с ПП+ известь 1,5 т/га оценка водоустойчивости почвенной структуры была отличной (таблица).

Через 46 дня после заделки внесенных в почву растительных остатков овса и их частичного разложения в исследуемом слое оценка водоустойчивости почвенной структуры по суммарному количеству водопрочных агрегатов >0,25 мм при мокром просеивании (%) по Кузнецовой И.В. на всех вариантах опыта свидетельствует о хорошей водопрочности структуры почвы.

Снижение суммы водопрочных агрегатов в чернозёме типичном слабоэродированном по вариантам, вероятно, связано с гидротермическими условиями. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову в сентябре-октябре (29.08-14.10), в период разложения растительных остатков, составил 2,83, что свидетельствует об очень переувлажненных условиях. 11 сентября 2022 года выпало 47 мм, а за весь сентябрь 91,1мм, т.е. в 1,9 раза среднемноголетние значения, а средняя температура была в сентябре на 2,6ºС меньше нормы. Таким образом, повышенная влажность способствовала проявлению тенденции снижения водоустойчивости почвы. Однако при этом и этих неблагоприятных условиях сумма водопрочных агрегатов *по сравнению с контролем* была больше на вариантах с биопрепаратами (ПП+БП; ПП+БП+ N_{10} кг д.в на 1 т ПП;

ПП+БП+ известь 1,5 т/га) и на варианте с ПП+ известь 1,5 т/га (таблицы) различия значимые.

Таблица – Характеристики водоустойчивости агрегатов в черноземе типичном слабосмытом на опыте с биопрепаратами до внесения и через 46 дней после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного (n=9)

Варианты	До внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного					Через 46 дня после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного				
	Количество фракций, %				Дсвва, мм	Количество фракций, %				Дсвва, мм
	>0,25 мм	>0,5 мм	>1 мм	>3 мм		>0,25 мм	>0,5 мм	>1 мм	>3 мм	
1.Контроль	56,09	69,05	10,23	5,51	1,13	52,76	28,14	10,60	5,12	1,14
2.ПП	57,69	64,34	15,49	10,40	1,59	53,21	28,33	9,91	5,42	1,14
3.ПП +N_{10} кг д.в на 1 т ПП	56,21	65,13	15,28	6,95	1,36	47,00	23,72	7,65	3,63	1,01
4.ПП + известь 1,5 т/га	60,86	57,33	22,02	15,87	2,03	59,07	43,62	28,57	14,20	1,96
5.ПП+БП (агробиотехнология-3)	62,67	59,91	19,29	11,55	1,64	55,88	32,65	13,07	8,57	1,42
6. ПП+БП+ N_{10} кг д.в на 1 т ПП (агробиотехнология-4)	60,93	57,25	24,10	17,95	2,20	57,79	34,46	15,83	10,87	1,59
7. ПП+БП+известь1,5 т/га (агробиотехнология-5)	63,90	56,55	25,33	16,94	2,05	61,52	41,75	21,53	8,98	1,50

Дсвва – средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, мм

Результаты оценки водоустойчивости агрегатов в черноземе типичном слабосмытом на опыте с биопрепаратами до внесения и после через 46 дня после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного (таблица) по другим показателям, используемым для оценки водоустойчивости структуры почвы показали:

1. Внесение биопрепаратов без или с азотом, или с известью способствовало повышению в почве количества водопрочных агрегатов >3 мм по сравнению с контролем, через 46 дня после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного в 1,67-2,12 раза.

2. Внесение биопрепаратов без или с азотом, или с известью способствовало повышению в почве количества водопрочных агрегатов >1 мм по сравнению с контролем, через 46 дня после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного в 1,4-2,1 раза.

3. Внесение биопрепаратов без или с азотом, или с известью способствовало повышению в почве количества водопрочных агрегатов >0,5 мм по сравнению с контролем через 46 дня после внесения в почву измельченной

побочной продукции овса посевного на 16-48% раза и снижению количества фракций <0,5 мм на 7-23 %.

Следует отметить положительное влияние внесения измельченной побочной продукции с известью 46 дня после внесения на водоустойчивость почвы, увеличение по сравнению с контролем водоустойчивых агрегатов >0,25 мм на 12%, >0,5 мм – на 51 %, >1 мм – в 2,7 раза, >3 мм – в 2,8 раза.

Средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов в черноземе типичном слабосмытом на опыте с биопрепаратами до внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного (таблица) на вариантах с биопрепаратами (Трихоплант 5 л/т + Биогор-Ж 2 л/т) без или совместно с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции или с известью был в 1,4-1,9 раза больше, чем на контроле. После через 46 дня после внесения в почву измельченной побочной продукции овса посевного на всех вариантах опыта в переувлажненных гидротермических условиях наблюдалось снижение средневзвешенного диаметра водоустойчивых и неводоустойчивых агрегатов. Однако при внесении в почву измельченной побочной продукции овса посевного (таблица 5) на вариантах с биопрепаратами (Трихоплант 5 л/т + Биогор-Ж 2 л/т) без или совместно с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции или с известью он был в 1,25-1,39 раза больше, чем на контроле; а при внесении с измельченной побочной продукцией овса 1,5 т/га извести в 1,7 раза.

Таким образом, при обработке измельченных растительных остатков овса биопрепаратами (Трихоплант 5 л/т + Биогор-Ж 2 л/т) без или совместно с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции или с известью и заделке их в почву даже в переувлажненных гидротермических условиях (ГТК=2,86), при температуре ниже среднемесячной на 2,6°С по сравнению с контролем:

1. выявлена тенденция к увеличению структурности и количества агрономически ценных агрегатов в черноземе типичном слабоэродированном в слое 0-20 см;
2. отмечена тенденция к повышению количества водоустойчивых агрегатов в почве;
3. установлено значимое увеличение средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов.

Экспериментально подтверждено положительное влияние внесения с измельченными растительными остатками овса 1,5 т/га извести на структурность, водоустойчивость почвы и средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов.

Следовательно, заделка растительных остатков в почву с применением биопрепаратов даже в экстремально переувлажненных гидротермических условиях способствует некоторому улучшению структурно-агрегатного состояния чернозема типичного слабоэродированного, повышению их водоустойчивости.

Библиографический список

1. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
2. Mineral-organic associations: formation, properties, and relevance in soil environments / M. Kleber, K. Eusterhues, M. Keiluweit, et al. // Advances in Agronomy. 2015. Vol. 130. P. 1–140.
3. Microaggregates in soils / K. U. Totsche, W. Amelung, M. H. Gerzabek, et al. // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2018. V. 181. P. 104–136. doi:10.1002/jpln.201600451.

4. Теория и методы физики почв: коллективная монография / Под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.
5. Медведев В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). *Харьков*. Изд-во 13. 2008 г. 406 с.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 416 с.

УДК 631.452

К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЕЁ ПЛОДОРОДИЯ

Масютенко Н.П.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *vninp@mail.ru*

Резюме. *Разработан метод расчета показателя оценки состояния здоровья почвы на основе ранжирования показателей плодородия почвы по их влиянию на здоровье почвы. Предложены формула расчета показателя оценки состояния здоровья почвы и шкалы его оценки. Выделены четыре уровня оценки: нездоровая, критически ограниченно здоровая, ограниченно здоровая, здоровая. Проведена апробация метода расчета показателя оценки состояния здоровья на трех полях на серой лесной почвы.*
***Ключевые слова*:** *почва, здоровье, шкала, оценка, показатели плодородия почв.*
Summary. *A method has been developed for calculating the soil health assessment indicator based on the ranking of soil fertility indicators by their impact on soil health. A formula for calculating the soil health assessment indicator and its assessment scale is proposed. There are four levels of assessment: unhealthy, critically limited healthy, limited healthy, healthy. The method of calculating the health assessment indicator was tested on three fields on gray forest soil.*
Key words: *soil, health, scale, assessment, indicators of soil fertility.*

В настоящее время, когда усиливаются антропогенная нагрузка на почвы, проявление эрозионных процессов и связанная с этим деградация почвенных ресурсов, а также остро встает экологическая проблема превышения «углеродного бюджета Человечества», разбалансирование биогеохимического цикла углерода и, как следствие, глобальное изменениях климата, актуальна оценка состояния здоровья почвы. Doran et al. (1996) определяет здоровье почвы (*soil health*) как «её способность неопределенно долго функционировать в качестве компонента наземной экосистемы, обеспечивая ее биопродуктивность и поддерживая качество воды и воздуха, а также здоровье растений, животных и человека» [1]. Именно совокупность биологических, физических, физико-химических и агрохимических свойств почвы обусловливает супрессивность почв – способность почвы ограничивать выживаемость и паразитическую активность почвенных фитопатогенов и других вредных организмов [2, 3]. Поэтому при оценке здоровья почвы важно учитывать биологические, физические, физико-химические и агрохимические свойств почвы.

Целью данной работы является разработка метода расчета показателя оценки состояния здоровья почвы и апробация его на фактическом материале.

Расчет показателя оценки состояния здоровья почвы предлагается проводить по формуле Коз = $(0{,}1 \cdot V_1 + 0{,}07 \cdot V_2 + 0{,}02 \cdot V_3) \cdot 100/ n$, где Коз – показатель

оценки состояния здоровья почвы, %; V_1, V_2, V_3 – количество показателей, соответственно, относящихся к здоровой, ограниченно здоровой, нездоровой почвы, шт.; 0,10; 0,07; 0,02 – весовые коэффициенты показателей V_1, V_2, V_3; n – общее количество показателей; 100 – перевод в %. Ранжирование показателей плодородия проводят по шкалам, предложенными нами в статьях [4-7].

На основе большого количества данных по показателю оценки состояния здоровья почвы разработана шкала оценки состояния здоровья почвы, выделены четыре уровня оценки: нездоровая, критически ограниченно здоровая, ограниченно здоровая, здоровая (табл. 1). Представлены характеристики каждого уровня состояния здоровья почвы.

Таблица 1 – Шкала оценки состояния здоровья почвы

Показатель оценки состояния здоровья почвы (Коз), %	Оценка	Характеристика
<7	нездоровая	Большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к ограниченно здоровой и нездоровой почве
6-7	критически ограниченно здоровая	Большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к ограниченно здоровой почве и к нездоровой, единично к здоровой
7-8	ограниченно здоровая	Большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к здоровой и ограниченно здоровой почве и единично к нездоровой
>8	здоровая	Большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к здоровой почве

Апробацию метода расчета показателя оценки состояния здоровья почвы проводили на серой лесной почве на трех полях, различающихся по показателям почвенного плодородия. В слое почвы 0-20 см изучали следующие показатели почвенного плодородия: гумус, щелочногидролизуемый азот, подвижный фосфор, подвижный калий, pH солевая, подвижные гумусовые вещества, микробная биомасса, коэффициент структурности, сумма водопрочных агрегатов, негумифицированное органическое вещество, плотность, твердость почвы.

Выявлено, что на изучаемых полях лучшее состояние здоровья почвы отмечается на поле 1. Проведение ранжирования по состоянию здоровья изучаемых показателей плодородия почвы по шкалам [4-7] показало, что почва здоровая по 9 показателям и ограниченно здоровая по трем показателям, т.е. почва в основном здоровая (табл.2). Показатель оценки состояния здоровья серой лесной почвы равен 9,25 % (табл. 3), что свидетельствует о том, что почва здоровая.

Таблица 2 – Ранжирование показателей плодородия серой лесной почвы по состоянию здоровья

Объект	Показатели	Ранжирование
1	2	3
Поле 1	Гумус	здоровая
	Щелочногидролизуемый азот	ограниченно здоровая
	Подвижный фосфор	здоровая
	Подвижный калий	здоровая
	pH солевая	ограниченно здоровая
	Подвижные гумусовые вещества	здоровая
	Микробная биомасса	здоровая
	Коэффициент структурности	здоровая
	Сумма водопрочных агрегатов	здоровая
	Негумифицированное органическое вещество	ограниченно здоровая
	Плотность почвы	здоровая
	Твердость почвы	здоровая
Поле 2	Гумус	ограниченно здоровая
	Щелочногидролизуемый азот	нездоровая
	Подвижный фосфор	ограниченно здоровая
	Подвижный калий	здоровая
	pH солевая	ограниченно здоровая
	Подвижные гумусовые вещества	ограниченно здоровая
	Микробная биомасса	здоровая
	Коэффициент структурности	здоровая
	Сумма водопрочных агрегатов	здоровая
	Негумифицированное органическое вещество	здоровая
	Плотность почвы	здоровая
	Твердость почвы	ограниченно здоровая
Поле 3	Гумус	ограниченно здоровая
	Щелочногидролизуемый азот	нездоровая
	Подвижный фосфор	здоровая
	Подвижный калий	здоровая
	pH солевая	ограниченно здоровая
	Подвижные гумусовые вещества	ограниченно здоровая
	Микробная биомасса	ограниченно здоровая
	Коэффициент структурности	здоровая
	Сумма водопрочных агрегатов	ограниченно здоровая
	Негумифицированное органическое вещество	нездоровая
	Плотность почвы	ограниченно здоровая
	Твердость почвы	ограниченно здоровая

На поле 2 из изучаемых показателей почвенного плодородия почва здоровая по 6 показателям, ограниченно здоровая по 5 показателям, нездоровая по 1 показателю. Показатель оценки состояния здоровья серой лесной почвы равен

7,83 %, что свидетельствует о том, что почва ограниченно здоровая.

Последнее место по состоянию здоровья почвы занимает поле 3. Из изучаемых показателей почвенного плодородия почва здоровая по 3 показателям, ограниченно здоровая по 7 показателям, нездоровая – по 2 показателям. Показатель оценки состояния здоровья серой лесной почвы равен 6,92 %, что свидетельствует о том, что почва критически ограниченно здоровая.

Таким образом, разработан метод расчета показателя оценки состояния здоровья почвы на основе ранжирования показателей плодородия почвы по их влиянию на здоровье почвы и проведена его апробация на трех полях на серой лесной почвы. Предложены формула расчета показателя оценки состояния здоровья почвы и шкалы его оценки.

Таблица 3 – Оценка состояния здоровья серой лесной почв

Объект	Показатель оценки состояния здоровья почвы (Коз), %	Оценка
Поле 1	9,25	здоровая
Поле 2	7,83	ограниченно здоровая
Поле 3	6,92	критически ограниченно здоровая

Апробация разработанного метода расчета показателя оценки состояния здоровья почвы на трех полях на серой лесной почвы показала, что почва на поле здоровая (Коз=9,25 %), при этом большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к здоровой почве. На поле 2 почва ограниченно здоровая (Коз=7,83 %), при этом большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к здоровой и ограниченно здоровой почве и единично к нездоровой. На поле 3 почва критически ограниченно здоровая (Коз=6,92 %), при этом большинство показателей плодородия по ранжированию относятся к ограниченно здоровой почве и к нездоровой, единично к здоровой.

Разработанный метод рекомендуется для проведения оценки состояния здоровья почвы на основе анализа показателей плодородия почвы. На основе проведенной оценки можно давать рекомендации по регулированию и восстановлению здоровья и плодородия почв.

Библиографический список

1. Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A. Soil health and sustainability // Advances in Agronomy. –1996. – V. 56. – P. 1–54.
2. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. – 2015. – № 8. – С. 81-94.
3. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Казакова О.А., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Факторы индукции супрессивности почвы агроценозов // Агрохимия. – 2017. – № 4. – С. 58-71.
4. Здоровье почвы. Оценка состояния почвы и управление ее здоровьем // Масютенко Н.П., Сафин Х.М., Цхофребов В.С., Трубников А.В., Кошелева Е.Н., Павлова Т.И., Соколова Е.А., Деревнин Ю.Г., Илюшина В.В., Безлер Н.В., Гончаров С.В., Торопова Е.Ю., Войтка Д.В., Заргарян Н.Ю., Мигулев П.А., Мазурин Е.С., Джазилов Ф.С., Кислушко П.М. Рабочая тетрадь (методические рекомендации). – Москва, 2020.
5. Здоровье почвы-2. Оценка состояния почвы и управление её здоровьем. Экорациональное развитие агробизнеса. Рабочая тетрадь (методические рекомендации). – Москва, 2020. Сингента, 2022. –178с.

6. Масютенко Н.П. Здоровье почв Курской области // Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. науч. ст. VI Междунар. науч. конф. – Ставрополь, 2022. – С. 383-387.
7. Масютенко Н.П. К оценке здоровья почв по показателям их гумусного состояния // Сб. докл. XVIII Междунар. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – г. Курск, 26-28 апреля 2023 г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – С.192-196.

УДК: 631.419.9

ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЦЧЗ

Митрохина О.А.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск
E-mail: *mitrokhina1977@mail.ru*

Резюме. *В статье представлен результат анализа литературных данных по вопросу динамики подвижных форм микроэлементов в почвах ЦЧЗ на примере Белгородской и Курской областей за период 2014-2018гг.*
Выявлено, что почвы изучаемых областей имеют различную степень обеспеченности микроэлементами.
Ключевые слова: *Почва, марганец, медь, цинк, содержание.*
Summary. *The article presents an analysis of the literature data and the results of our own research on the content of mobile forms of microelements in the soils of the ZCR. It was revealed that soils have different levels of availability of microelements.*
Key words: *Soil, manganese, copper, zinc, content.*

В состав почв входят почти все элементы Периодической системы Д.И. Менделеева [1].

На содержание микроэлементов в почве влияют многие факторы, прежде всего содержание микроэлементов в материнской породе: чем больше их в материнской породе, тем больше их в почвах.

Гранулометрический состав почв также оказывает влияние на концентрацию микроэлементов в почвах. Глинистые почвы содержат в своем составе больше микроэлементов, чем песчаные.

Кислотность почв тоже сказывается на концентрации микроэлементов в почвах: почвы с реакцией, близкой к нейтральной, содержат больше микроэлементов [2].

Одним из определяющих факторов содержания микроэлементов в растениях является карбонатность. Карбонаты сильно тормозят поглощения растениями Mn, Cu, Co, в средней степени – B.

Почвы с повышенным содержанием органического вещества, как правило, и микроэлементами обеспечены в достаточной степени. Это связано с тем, что в растительных остатках и плазме микроорганизмов находится значительное количество микроэлементов [3].

Не последняя роль в данном вопросе отводится внесению удобрений, так как в их составе содержатся микроэлементы в различных дозах.

Роль микроэлементов в жизни растений огромна. Всем, без исключения, растениям для построения ферментных систем – биокатализаторов необходимы микроэлементы. Они принимают самое активное участие во многих жизненных

процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне. Действуя через ферментативную систему, микроэлементы, могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений [4].

Микроэлементы и ферменты на их основе могут усиливать восстановительную активность тканей и препятствуют заболеванию растений. Они повышают иммунитет растений и не могут быть заменены другими веществами [5].

Основным источником поступления микроэлементов в растения является почва и то, насколько она обеспечена данными элементами играет не последнюю роль в жизни живых организмов [6]. Поэтому вопрос содержания микроэлементов в почвах является важным и актуальным.

Работа проводилась в Курском федеральном аграрном научном Центре, в лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга. Источником информации являются литературные данные по изучаемому вопросу [7-9].

В работе использовались статистическая обработка данных с использованием программного обеспечения Microsoft-Office Excel.

Проведя анализ динамики микроэлементов в почвах ЦЧЗ (Белгородская и Курская области за четырехлетний период 2014-2018 гг. получили следующее (рис. 1).

На рисунке 1 наглядно представлено изменение содержания подвижных форм микроэлементов в почвах Белгородской области. За изучаемый период времени содержание представленных элементов менялось. Так содержание подвижного цинка снизилось на 5,6 % и соответствует низкому уровню обеспеченности: содержание марганца увеличилось на 14,7 % и почвы имеют средний уровень обеспеченности элементом: содержание подвижной меди увеличилось на 51 % – почвы относятся к категории среднеобеспеченных данным элементом.

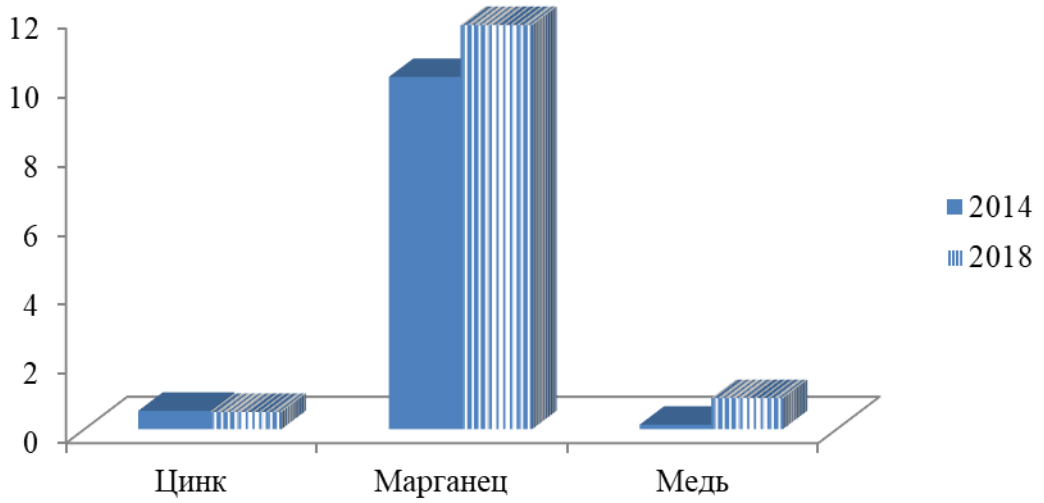


Рисунок 1 – Динамика подвижных форм микроэлементов в почвах Белгородской области, мг/кг.

В почвах Курской области содержание изучаемых микроэлементов также претерпевало изменения (рис. 2).

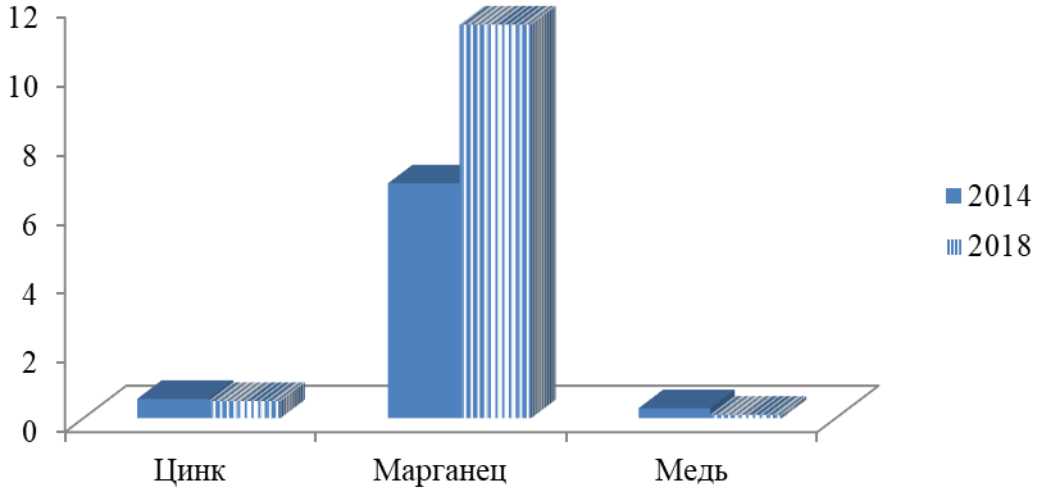


Рисунок 2 – Динамика подвижных форм микроэлементов в почвах Курской области, мг/кг

За период с 2014 по 2018 гг. содержание подвижного цинка на территории Курской области уменьшилось на 10,7 %, что соответствует низкообеспеченным почвам; содержание марганца возросло на 42 %, и почвы относятся к категории среднеобеспеченных; содержание меди снизилось на 34 %: почвы являются низкообеспеченными по содержанию данного микроэлемента.

В целом, результаты проведенных исследований указывают на то, что содержание подвижных форм микроэлементов в почвах ЦЧЗ меняется. Содержание подвижного марганца в почвах изучаемых территорий повышается, но имеет средний уровень обеспеченности; содержание цинка и меди в почвах Курской области снижается и относится к категории низкообеспеченных почв. На территории Белгородской области за данный временной период отмечено увеличение содержания подвижной меди, и почвы области имеют среднюю обеспеченность этим микроэлементом; содержание цинка снижается, и по содержанию микроэлемента почвы относятся к низкообеспеченным.

Для устранения дефицита микроэлементов в почвах и получения высоких урожаев и качественной сельскохозяйственной продукции необходимо внесение микроудобрений на территориях с низким и средним уровнем содержания микроэлементов.

Библиографический список

1. Орлов Д.С. Химия почв. М: Изв-во МГУ, 1992. С. 372-390
2. Чернова О.В., Безуглова О.С. Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв / Почвоведение. – 2019. – С. 1015-1026
3. Григоровская П.И. Микроэлементы [интернет источник] URL: https://www.pesticidy.ru/group_compounds/micronutrients_fertilizer/ (дата обращения 4.09.23)
4. Агрохимия биогенных элементов: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедовский, М.А. Осипов – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 223 с.
5. Качер Н.И. Тяжелые металлы в почвах сельскохозяйственных предприятий Ивановской области Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 293. Часть IV / Коллектив авторов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. –

Москва: РГАУ– МСХА имени К. А. Тимирязева, 2021. – 476 с.
6. Митрохина О.А. Содержание микроэлементов в почве и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 40-46.
7. Лукин С.В. Микроэлементы в почвах ЦЧО / Земледелие. – 2015. – №6. – С. 26-28
8. Чуян О.Г., Караулова Л.Н., Митрохина О.А. К вопросу управления плодородием почв и продуктивностью пашни в агроландшафтах Центрально-Черноземного региона // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – №5 (383). – С. 27-31.
9. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России / Агрохимия. – 2013. – №4. С. – 11-22

УДК 631.46

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ

Наими О.И.
ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»,
Ростов-на-Дону
E-mail: *o.naimi@mail.ru*

Резюме. *Изучали биологическое состояние чернозема обыкновенного в течение вегетационного сезона под посевами подсолнечника. Наибольшее снижение биологической активности почвы (на 25 %) наблюдалось в летний период на варианте с внесение удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$, что указывает на снижение способности почвы выполнять свои экологические функции.*

Вовлечение почв в интенсивное сельскохозяйственное использование оказывает негативное воздействие на их свойства, что, в свою очередь, вызывает развитие деградационных процессов, приводящих к нарушению экологических функций почв и снижению уровня их естественного плодородия [1, 2].

Для оценки агроэкологического состояния почвы используют различные критерии и показатели, позволяющих количественно охарактеризовать ее изменчивость под действием агрогенных факторов. Наиболее чувствительные из них – биологические и биохимические показатели, отражающие динамические свойства почв и служащие индикаторами ее метаболических процессов [3, 4].

Биологическая активность почв играет важную роль в обеспечении устойчивости агробиоценозов и отражает способность почвы выполнять свои экологические функции. Практически все важнейшие процессы почвенного метаболизма протекают с участием ферментов, которые являются природными катализаторами биохимических процессов разложения органических остатков, синтеза гумуса, закрепления или высвобождения питательных элементов и перевода их в доступные для растений формы [5]. Поэтому показатели ферментативной активности почвы в определенной степени характеризуют условия, благоприятные или неблагоприятные для питания, роста и развития растений.

Ферментативная активность почвы в агроценозах зависит не только от ее физических и химических свойств, но и от антропогенных факторов, таких как механическая обработка почвы, внесение удобрений, мелиорантов и

пестицидов. Большинство вносимых в почву химикатов физиологически и химически являются более активными, чем естественные почвенные компоненты, а поэтому, даже в небольших количествах, они могут как активировать деятельность почвенных ферментов, так и в значительной степени ингибировать ее [5, 6].

Целью нашей работы была оценка агроэкологического состояния чернозема обыкновенного под посевами озимой пшеницы и подсолнечника с использованием показателей ферментативной активности и интегрального индекса биологического состояния почв.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в Аксайском районе Ростовской области на стационаре ФГБНУ ФРАНЦ в 2017-2022 гг. Данный регион относится к Приазовской сельскохозяйственной зоне с умеренно жарким, засушливым континентальным климатом. Образцы почв отбирались в трехкратной повторности в каждом варианте из пахотного слоя (0-20 см). Почвы сушили, отбирали корни и растительные остатки, измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Ферментативную активность почв определяли общепринятыми методами [7, 8].

Для оценки общего уровня биологической активности и экологического состояния почвы под посевами подсолнечника в качестве обобщающего коэффициента был использован интегральный индикатор биологического состояния почвы, включающий данные об активности четырех изученных ферментов – каталазы, инвертазы, фосфатазы и уреазы. Для его расчета максимальное значение каждого из показателей ферментативной активности принимали за 100%, а значения остальных величин выражали в процентах по отношению к нему и определяли среднее значение четырех показателей ферментативной активности для каждого варианта опыта. Поскольку абсолютные значения активности различных ферментов, имеющих разные единицы измерения, не могут быть суммированы, использование данной методики позволяет интегрировать их относительные значения в единый показатель [9].

Результаты исследований. Диагностирование биологических параметров позволяет установить общий уровень биологической активности пахотных почв в течение вегетационного периода и сделать определенные выводы о степени устойчивости почв к действию антропогенных нагрузок и ее способности выполнять свои экологические функции. При оценке биологической активности весьма перспективным считается определение таких информативных параметров, как активность ферментов 2-х классов: гидролаз (инвертазы, фосфатазы, уреазы) и оксидоредуктаз (каталазы) [3, 5].

По шкале Гапонюк-Малахова [10] исследованный чернозем обыкновенный обладает средней и высокой активностью каталазы, средней активностью инвертазы и фосфатазы и слабой активностью уреазы. Активность каталазы в течение периода исследования варьировала в пределах 6,8-12,7 мл O_2 в 1 г почвы за 1 мин, инвертазы – 15,1-25,4 мг глюкозы на 1 г за 24 часа, фосфатазы – 1,9-4,4 мг P_2O_5 / 10 г / 1 часа, уреазы – 5,2-7,9 мг $N\text{-}NH_3$ на 10 г почвы за 24 часа.

В сезонной динамике активности фосфатазы на всех вариантах, включая контроль, четко прослеживается летний минимум. Для динамики активности инвертазы также характерен летний минимум значений, хотя и не так ярко выраженный, как у фосфатазы. В сезонной динамике уреазы не прослеживается четких закономерностей. Для динамики активности каталазы характерно ее снижение от весны к осени. Что говорит о затухании окислительно-восстановительных процессов к концу вегетационного периода, что, вероятно, связано с уплотнением почвы и снижением ее аэрации.

При изучении динамики активности отдельных ферментов иногда сложно сделать вывод об общей биохимической активности почвы. Поскольку абсолютные значения активности различных ферментов имеют различные единицы измерения, их нельзя суммировать или производить другие математические действия. Поэтому для оценки агроэкологического состояния почвы под посевами подсолнечника можно использовать интегральный индекс биологического состояния почвы. Опыт использования такого идекса имеется и описан в ряде работ [9, 11, 12]. Для его расчета различные авторы использовали разные показатели: содержание гумуса, показатели ферментативной и биологической активности и др. В нашей работе для расчета интегрального индекса мы исспользовали показатели ферментативной активности определенных выше четырех ферментов – каталазы, уреазы, фосфатазы и инвертазы. Максимальное значение каждого из показателей принимали за 100%, а значения остальных величин выражали в процентах по отношению к нему и рассчитывали среднее значение четырех показателей ферментативной активности для каждого варианта опыта. Рассчитанные значения ферментативной активности и интегрального индекса приведены в таблице.

Таблица – Активность ферментов и интегральный индекс биологического состояния чернозема обыкновенного под подсолнечником, %

Фермент	Фон удобрения	Активность ферментов, %		
		апрель	июль	сентябрь
Каталаза	Без удобрения	100,0	86,6	80,3
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	89,8	56,7	53,5
Инвертаза	Без удобрения	88,6	67,3	70,1
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	100,0	87,4	89,4
Фосфатаза	Без удобрения	82,1	56,8	100,0
	Средний	77,8	48,9	81,2
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	78,7	48,2	81,4
Уреаза	Без удобрения	80,8	95,0	100,0
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	98,3	74,7	85,2
Интегральный индекс	Без удобрения	87,7	76,5	87,5
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	91,7	66,7	77,4

Снижение значений интегрального индекса, а, следовательно, и общего уровня биологической активности, отражает снижение степени устойчивости почвы к действию антропогенной нагрузки и ее способности выполнять свои экологические функции в условиях агробиоценоза. Колесников С.И. с

соавторами [9] предложил шкалу оценки снижения биологической активности почвы, используя интегральный показатель: при его уменьшении менее чем на 5 % почва продолжает нормально выполнять свои экологические функции, при снижении от 5 до 10 % происходит нарушение информационных экосистемных функций почвы, от 10 до 25 % – ухудшение биохимических, физико-химических, химических и целостных экосистемных функций, более чем на 25 % – угнетение всех вышеперечисленных, а также физических экосистемных функций.

По результатам наших исследований на варианте без внесения удобрений интегральный индекс биологического состояния почвы снизился в летний период на 11,2 %. К концу вегетационного периода общая биологическая активность на этом варианте была практически полностью восстановлена. На фоне с внесением удобрения $N_{80}P_{80}K_{80}$ снижение интегрального индекса составило 25,0 %. В осенний период он повысился не на много, разница между весенними и осенними показаниями составила 14,3%. Это показывает, что при выращивании подсолнечника с внесением удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ происходит нарушение устойчивости почвы и снижение ее способности к выполнению биохимических, физико-химических, химических и целостных экосистемных функций.

Выводы. Таким образом, применение интегрального индекса биологического состояния почвы позволяет более объективно оценить ее агроэкологические функции и степень устойчивости к воздействию агрогенных факторов. Под посевами подсолнечника при внесении удобрений в летний период наблюдалось максимальное снижение интегрального индекса (на 25%), что говорит о негативном влиянии внесения удобрений на устойчивость почвы и ее способность выполнять основные экосистемные функции.

Библиографический список

1. Давыдов И.В. Изменение состава и свойств черноземов обыкновенных и южных Ростовской области при сельскохозяйственном использовании // Агрохимический вестник. 2007. № 5. С. 2-3.
2. Джанаев, З. Г. Экологические последствия интенсивного использования земельных ресурсов Предкавказья // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. № 4. С. 21-24.
3. Шербаков А.П., Михновская А.Д., Хазиев Ф.Х. Сравнительная характеристика микробиологических и ферментативных показателей черноземов Европейской части СССР // Почвоведение. 1984, № 10. С. 45-50.
4. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. 1991, № 8. С. 88-103.
5. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.
6. Воздействие пестицидов и гуминового препарата на ферментативную активность чернозема / О. И. Наими, О. С. Безуглова, В. А. Лыхман [и др.] // Земледелие. 2021. № 5. С. 26-31. – DOI 10.24412/0044-3913-2021-5-26-31.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
8. Наими О. И. О методе определения активности уреазы в почве // Высокие технологии и инновации в науке. СПб: ГНИИ «Нацразвитие», 2019. С. 17-20.
9. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Оценка устойчивости почв Юга России к химическому загрязнению // Научный журнал КубГАУ, 2013. №91(07). С. 398-408.
10. Гапонюк Э.И., Малахов С.В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязненных веществ в почвах и сопредельных средах. Тр. 4-го

Всесоюзного совещания. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. С. 3-10.
11. Казеев, К. Ш. К методике определения интегрального показателя биологического состояния почв // Экология и биология почв Юга России. Том 2. – Ростов-на-Дону : Центры валеологии вузов России, 2003. С. 11-16.
12. Проверка набора параметров для интегральной оценки эколого-биологического состояния почв при органическом земледелии / В. И. Кулагина, Л. М. Сунгатуллина, С. С. Рязанов [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7 (73), № 1. С. 90-102. – DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-90-102.

УДК 631.422; 631.452; 911.52

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СПЛОШНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Несветаев М.Ю., Губарев Д.И., Ларькин М.А., Ефимова В.И., Нечаева К.Ю.
ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», Саратов
E-mail: *nesvetaev.m@yandex.ru*

Резюме. *В статье показан способ интерпретации данных сплошного агрохимического обследования методом кластерного анализа в программах ArcGIS Pro и QGIS с использованием СУБД PostgreSQL. Установлено, что при определении зон потенциального плодородия методом k-mean оптимальное количество кластеров равняется трем. Включение в кластерный анализ морфометрических характеристик исследуемой территории, в целом, сохранило рисунок зон потенциального плодородия, позволив сделать вывод о приуроченности зон потенциального плодородия к определенным ландшафтным условиям, которые согласуются с мониторинговыми исследованиями в сходных ландшафтных условиях.*
Ключевые слова: *точное земледелие, агрохимия, зоны плодородия, кластеризация.*
Summary. *The article shows a way to interpret the data of a continuous agrochemical survey by cluster analysis in the ArcGIS Pro and QGIS programs using the PostgreSQL DBMS. It is established that when determining the zones of potential fertility by the k-means method, the optimal number of clusters is three. The inclusion in the cluster analysis of the morphometric characteristics of the studied territory, in general, preserved the pattern of potential fertility zones, allowing us to conclude that the zones of potential fertility are adapted to certain landscape conditions that are consistent with monitoring studies in similar landscape conditions.*
Key words: *precision agriculture, agrochemistry, fertility zones, clustering.*

Введение. Одним из основных методов оценки пахотных угодий является сплошное агрохимическое обследование почв [1], результатом которого становится выделение зон плодородия с рекомендациями по рентабельному использованию минеральных удобрений под ту или иную сельскохозяйственную культуру в этих массивах. В этой связи возрастает потребность в автоматизации интерпретации получаемых массивов данных по содержанию элементов питания в почвах, что будет способствовать объективной оценке потенциала пахотных угодий.

Действенным методом такой интерпретации является метод кластерного анализа, результатом которого становится выделение зон, качественно различающихся между собой по комплексу рассматриваемых параметров. Так как потенциал плодородия зависит главным образом не от величины каждого из его показателей в отдельности, а от степени приближения к оптимальности соотношений между ними в едином, целостном проявлении, подобное точное и комплексное определение зон неоднородности агрохимических показателей в пределах поля является неотъемлемым условием эффективного внедрения

точного земледелия [2,3].

Цель исследования – выделение зон потенциального плодородия на основе данных сплошного агрохимического обследования и выявление приуроченности этих зон к конкретным ландшафтно-морфологическим условиям территории.

Методика исследования. Исследования выполнены на основе данных сплошного агрохимического обследования слоя почвы 0-30 см [1, 4] на площади 19428,5 га в Аткарском районе Саратовской области (п. Умет, п. Даниловка, п. Большая Екатериновка и п. Земляные Хутора) в 2009-2011 гг. и 2015-2017 гг. Выборка из созданной на базе СУБД PostgreSQL геопространственной базы данных агрохимических показателей почв пахотных массивов Саратовской области включала в себя 3774 образца, в которых были определены: гумус (ГОСТ 26951–86), подвижные формы фосфора, калия (ГОСТ 26205–91), а также pH-солевой баланс (ГОСТ 26423–85).

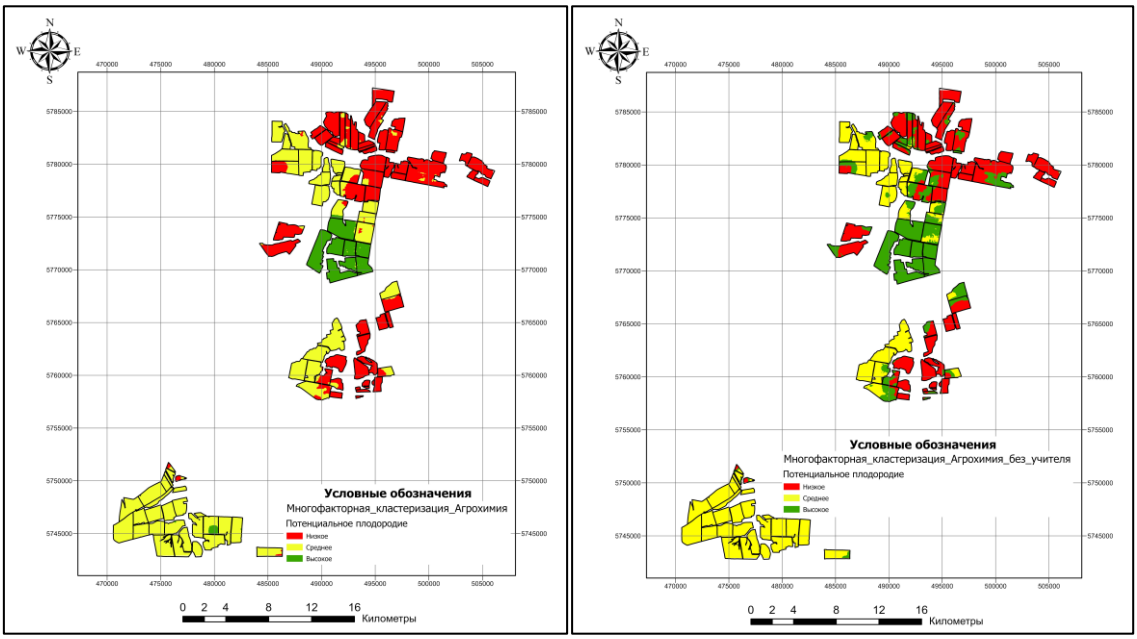
Кластерный анализ выполнен в среде программы ArcGIS (группа инструментов «Пространственная статистика»). Интерполяция полученных точечных данных проведена инструментом «Эмпирический байесовский Кригинг» (группа инструментов «Geostatistical Analyst»). Вычисление площадей, занимаемых кластерами потенциального плодородия, выполнено с помощью инструмента «Зональная статистика» (группа инструментов «Spatial Analyst»).

Результаты исследования. В ArcGIS Pro инструментом «Многомерная кластеризация» был выполнен кластерный анализ с заранее определенным количеством кластеров (3 зоны плодородия) и без предварительной настройки («без учителя») методом k-средних, суть которого заключается в том, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. Пространственное распределение и статистическая характеристика полученных менеджмент-зон представлено на рисунках 1*а* и 1*б* и в таблице 1. Статистические параметры рассмотренных элементов плодородия представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Средние значения рассмотренных агрохимических параметров по выявленным кластерам (способами «с учителем» и «без учителя»)

Плодородие	S_1, га	S_2, га	Гумус, %	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	pH
Высокое	2046,7	4847, 8	6,40	127,6	203,3	5,67
Среднее	9495,8	7804,0	5,95	23,5	402,4	6,15
Низкое	7823,8	6714,5	4,61	20,7	327,0	5,56

Примечание: S_1 – площадь зон при кластеризации «с учителем», S_2 – площадь зон при кластеризации «без учителя».



а) *б)*

Рисунок 1 – Пространственное распределение зон потенциального плодородия: *(а)* – с фиксированным количества кластеров, *(б)* – без фиксированного (способы «с учителем» и «без учителя»)

Установлено, что наибольшей вариабельностью данных хакрактеризуются подвижные формы фосфора и калия, тогда как распределение гумуса и pH имеет меньший разброс значений. Анализ параметров внутри кластеров позволил выделить 3 различающиеся между собой зоны потенциального плодородия, характеризующиеся различным уровнем обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, а также гумусированности и кислотности. Так, кластер с потенциально высоким уровнем плодородия характеризуется относительно высокой гумусированностью (6,40 %) и содержанием подвижной формы фосфора (127,6 мг/кг). Содержание подвижной формы калия, напротив, в этом кластере наименьшее (203,3 мг/кг) с кислотностью близкой к медианному значению pH всей выборки. Кластеры с потенциально средним и низким плодородием характеризовались меньшей гумусированностью и меньшим содеражанием подвижной формы фосфора, тогда как по содержанию подвижной формы калия показатели в этих кластерах были существенно выше. Кислостность кластеров со средним и низким потенциальным плодородием составляла, соответственно 6,16 и 5,56 (Табл. 2).

Выявлено, что наибольшую площадь занимают кластеры со средним и низким плодородием (8650 га и 7270 га соответственно в среднем по двум вариантам анализа), тогда как кластеры с высоким плодородием и в варианте без учителя, и в варианте с учителем занимали, соответственно, 2047 и 4848 га. Перераспределение площадей в пользу высокого потенциального плодородия происходило, как следует из рисунков 1*а* и 1*б*, таблицы 3, прежде всего за счет кластера со средним потенциальным плодородием.

Включение в анализ «с учителем» таких морфометрических параметров, как высота поверхности над уровнем моря, уклон, экспозиция и кривизна поверхности не оказали значительного влияния на пространственное распределение зоны с высоким потенциальным плодородием, тогда как значительные площади со средним потенциальным плодородием были перераспределены в зону с низким потенциальным плодородием (Рис. 2).

Таблица 2 – Статистические параметры элементов плодородия и морфометрических характеристик по результатам кластеризации

Параметр	Среднее	Мин.	Макс.	Медиана	Квартиль 1	Квартиль 3	IQR	V
Гумус, %	5,48	1,80	8,16	5,54	4,78	6,40	1,62	19,8
P_2O_5, мг/кг	35,1	0,0	500,0	20,0	14,8	33,3	18,5	107,6
K_2O, мг/кг	348,5	102,0	854,0	350,0	280,0	415,0	135,0	28,2
pH	5,86	4,60	7,50	5,85	5,53	6,20	0,67	7,4
Высота, м	220,7	180,0	260,0	222,0	212,0	232,0	20,0	7,3
Уклон, °	1,73	0,00	8,05	1,41	1,11	2,35	1,24	60,9
Экспозиция, °	181,1	0,0	360,0	179,9	86,5	274,3	187,8	61,8
Кривизна	0,0000	-0,0038	0,0042	0,0000	-0,0008	0,0008	0,0016	–

Таблица 3 – Значения рассмотренных агрохимических параметров и морфометрических характеристик по выявленным кластерам

Плодородие	S, га	Гумус, %	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	pH	H, м	i, °	β, °	k
Высокое	2046,7	6,40	127,2	203,3	5,66	228,1	1,53	203,7	0,0001
Среднее	7964,4	6,17	23,4	386,8	6,08	226,5	1,55	169,6	-0,0001
Низкое	9355,1	4,59	21,2	351,5	5,71	213,3	1,95	185,8	0,0000

Примечание: H – высота над уровнем моря, i – уклон поверхности, β – экспозиция склона, k – кривизна поверхности.

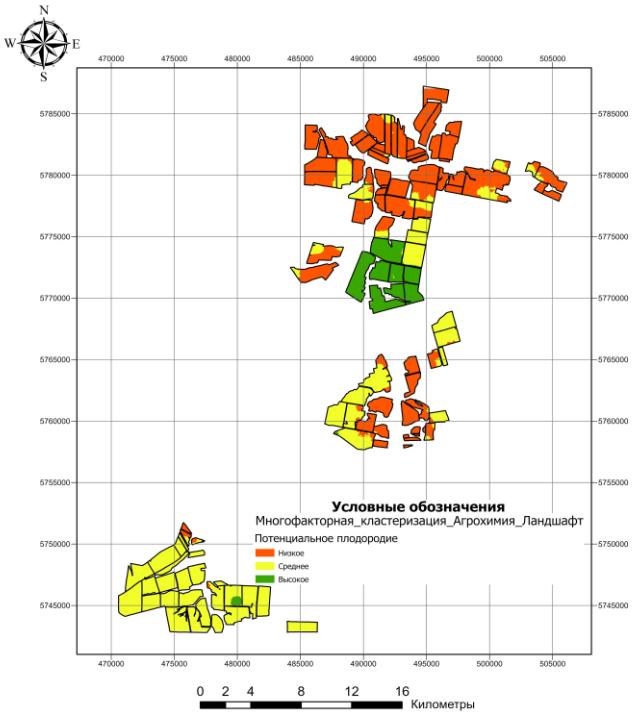
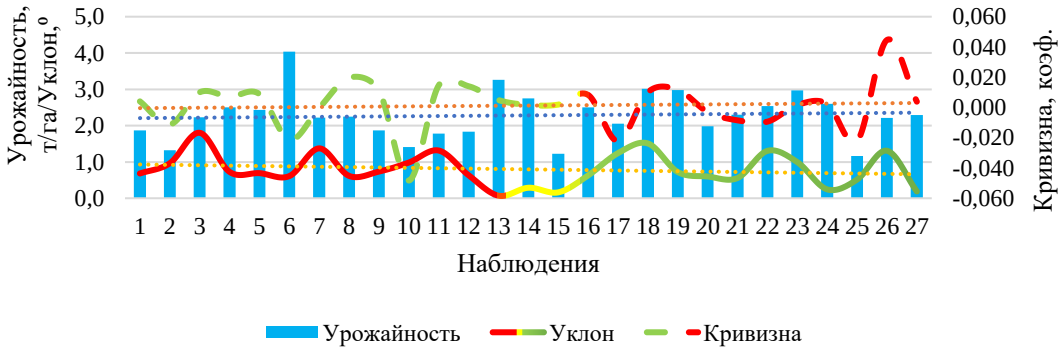


Рисунок 2 – Пространственное распределение зон потенциального плодородия при анализе агрохимических свойств почв и морфометрических характеристик территории

При таком варианте кластерного анализа зона с высоким потенциальным плодородием заняла 2047 га, тогда как со средним и низким плодородием – 7964 га и 9355 га соответственно.

Установлены определенные зависимости выявленных зон потенциального плодородия и морфометрических параметров территории. Так, кластер высокого потенциального плодородия тяготеет к более возвышенным и выпуклым участкам юго-западной экспозиции с меньшими уклонами, тогда как два других кластера с более низким потенциалом расположены на менее возвышенных вогнутых территориях юго-восточной и южной экспозиций с более высокими уклонами поверхности. Подобные выводы были получены и по результатам мониторинговых исследований, проведенных на черноземах обыкновенных в Аркадакском районе Саратовской области, где повышение урожайности яровой мягкой пшеницы происходило на водораздельных участках и склонах южной экспозиции, которые занимают более выпуклые территории с меньшими уклонами поверхности (Рис. 3).



Примечания: наблюдения 1–12 – склон северной экспозиции, 13–15 – водораздел, 16–27 – склон южной экспозиции.

Рисунок 3 – Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы от экспозиции склона, кривизны и уклона поверхности

Заключение. Таким образом, в статье показано, что кластерный анализ может использоваться при интерпретации данных сплошного агрохимического обследования с целью выделения зон потенциального плодородия, а также выявления приуроченности этих зон к определенным морфометрическим и, шире, ландшафтным условиям территории.

Библиографический список

1. Рекомендации по формированию сельскохозяйственных рабочих участков (фаций) с применением ГИС-технологий / И. Ф. Медведев, Д. И. Губарев, С. С. Деревягин и др. – Саратов: ООО «Ракурс», 2021. – 22 с.

2. Мыслыва, Т. Н. Особенности установления зон пространственной неоднородности в пределах землепользования для целей точного земледелия / Т. Н. Мыслыва, А. В. Кожеко, О. А. Куцаева // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 192–199.

3. Ушаков Р.Н., Ушакова Т.Ю., Ручкина А.В., Головина Н.А., Абдулазянова К.В., Бобраков Ф.Ю. Использование метода главных компонент и кластерного анализа для диагностики плодородия агросерой почвы// Плодородие. – 2021. – №6. – С. 26–29.

4. Медведев, И. Ф. ГИС - технологии при почвенно-агрохимическом обследовании почв Саратовской области / И. Ф. Медведев, А. А. Вайгант // Плодородие. – 2007. – № 2(35). – С. 19–21.

УДК 631.46:631.45:57.08

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Никитина О.В.
Курский ГАУ, г. Курск
E-mail: *Nikioxana2009@yandex.ru*

Резюме. *В условия развития современной хозяйственной деятельности почвы агроценозов, особенно прилегающие к городам, испытывают значительную техногенную нагрузку. Данный факт прослеживается в поступлении тяжелых металлов в почвы в результате трансграничного переноса от источников загрязнения и проявляется в накоплении кадмия, кобальта и свинца. Содержание тяжёлых металлов в значительной степени снижает микробиологическую активность почвы.*

Summary. *In the conditions of the development of modern economic activity, the soils of agrocenoses, especially those adjacent to cities, are experiencing a significant anthropogenic load. This fact can be traced in the entry of heavy metals into soils as a result of transboundary transport from pollution sources and is manifested in the accumulation of cadmium, cobalt and lead. The content of heavy metals significantly reduces the microbiological activity of the soil.*

Введение. Поступление тяжёлых металлов в почвы агроценозов связанно с хозяйственной и иной деятельностью человека [1]. Почвенный микробиоценоз реагирует на различные виды деградации почвы, так как роль почвенных микроорганизмов в цикле элементов является определяющей [2, 3]. Почвенные микроорганизмы участвуют в разложении органических остатков, трансформации вещества органической и неорганической природы, мобилизации химических элементов из литосферы, фиксации азота атмосферы; в образовании гумусовых веществ и структурных арегатов почвы. Повышенное содержание поллютантов в почвах агроценозов приводит к уменьшению их микробной активности [4, 5]. Микробиологические исследования показали, что в почвах загрязненных тяжёлыми металлами значительно снижается биоразнообразие и биомасса микробных биоценозов.

Основная масса микроорганизмов сосредоточена в верхнем (0-10 см) слое почв. Биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов зависит от типа почв: в черноземах типичных в слое 0-15 см составляет 40,3 %, в темно-серых лесных почвах уменьшается до 29,5% [6].

Объект исследования – почвы агроценозов, подвергающихся различному уровню загрязнения в результате трансграничного переноса выбросов от промышленных предприятий. Исследования проводились на почвах, представленных чернозёмом типичным расположенных в пригородной зоне г. Курска.

Биологическую активность почвы определяли методом «аппликации» по скорости разложения льняной ткани на пробных площадках, размещенных с

учетом векторов «розы ветров», в пригородной зоне г. Курска на расстоянии 1 км, 2 км, 3 км, 4 км и 5 км. Оценка содержания тяжелых металлов в образцах почв проводилась с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии.

Результаты исследования. Общая загрязнённость почвы характеризуется валовым количеством тяжёлых металлов.

На рисунке 1 представлены данные содержания валовых форм тяжёлых металлов в почвах по отношению к ПДК.

В районе нашего исследования содержания цинка в валовой форме в слое 0 – 20 см варьируется от 33,7 до 31,7 мг/кг и в среднем составляет 32,9 мг/кг, что не превышает значений ПДК по этому элементу (51 мг/кг). Содержания валовых форм кадмия колеблются от 0,49 до 0,38мг/кг. По содержанию кадмия в почве на всех пробных площадках наблюдается превышение значений ПДК.

В почвах исследуемой территории содержание свинца в валовой форме в слое почвы 0 – 20 см находится в пределах от 13,7 до 24,8 мг/кг и в среднем составляет 19,8 мг/кг, при значении ПДК равном 16,0 мг/кг.

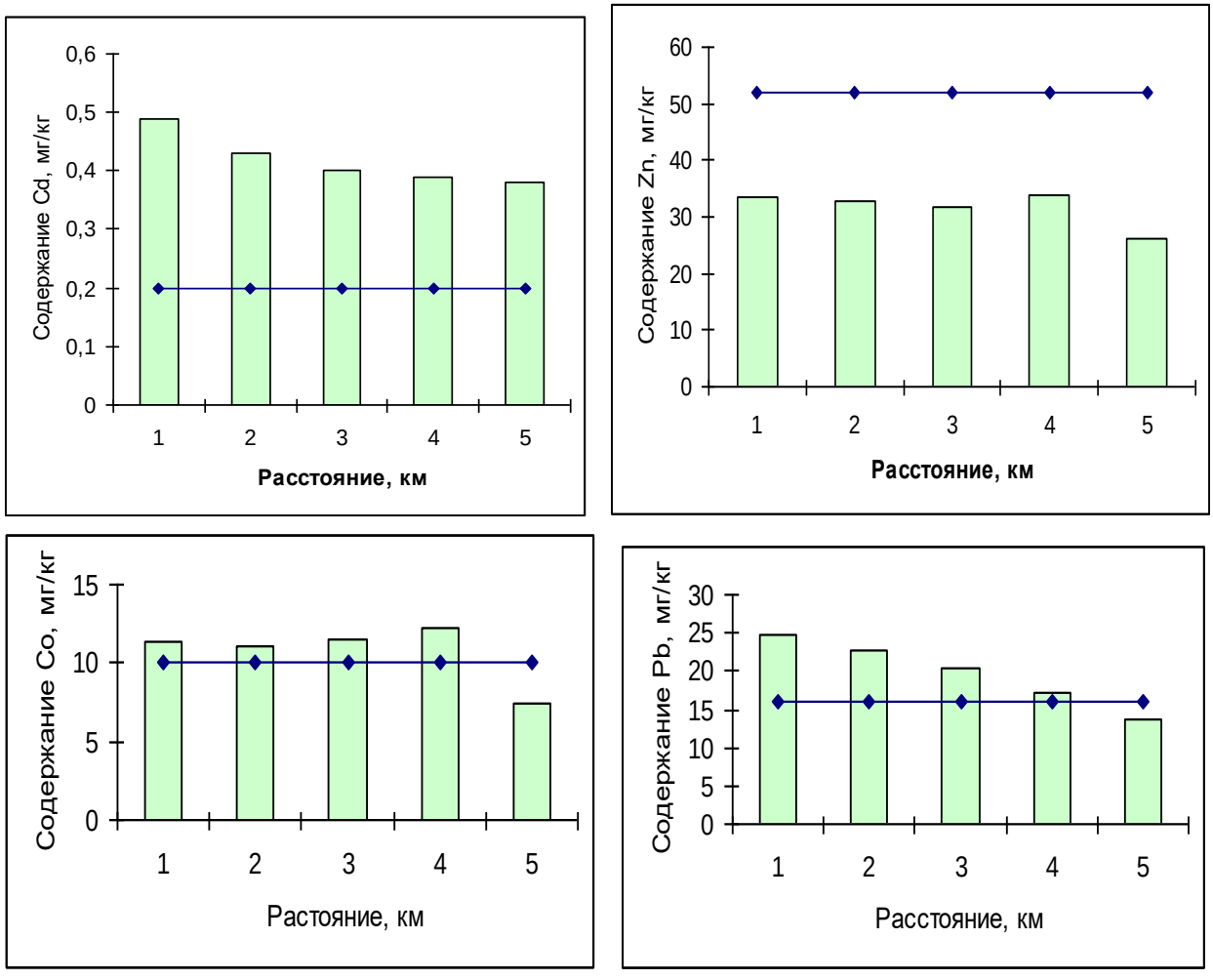


Рисунок 1 – Содержание валовых форм тяжёлых металлов в зависимости от расстояния от источника загрязнения

Концентрация валовой формы кобальта в слое почвы 0 – 20 см колеблется

в пределах от 7,5 до 12,2 мг/кг и в среднем имеет значение 10,7 мг/кг (ПДК 10 мг/кг), что составляет 1,07 ПДК. Превышение ПДК по кобальту в слое почвы 0- 20 см наблюдается на протяжёнии всего исследуемого расстояния, кроме 5 км

Исследования целлюлозоразрушающей активности микроорганизмов показало, что значение данного показателя имеют прямую зависимость от степени загрязнения почв тяжелыми металлами (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние содержания тяжёлых металлов в почве на биологическую активность, 2022 г.

Расстояние от источников загрязнения	% разложившейся ткани через 30 дней				Среднее
	повторения				
	1	2	3	4	
1 км	31,9	32,9	33,8	33,2	32,9
2 км	33,8	34,3	34,9	34,7	34,4
3 км	34,4	34,1	34,8	35,2	34,3
4 км	34,8	34,4	35,4	35,9	35,1
5 км	41,2	41,3	42,3	43,1	41,9
$НСР_{05}$ 0,51					

Наименьшая биологическая активность целлюлозоразрущающих микроорганизмов отмечена в селитебной зоне (1 км) и на расстоянии факела интенсивного загрязнения (4 км), которая составила соответственно 32,9 и 35,1 %.

Как отмечено выше, максимальная концентрация тяжёлых металлов наблюдалась на расстоянии 1 км, что значительно повлияло на разложение целлюлозы.

Выводы. Загрязнение почв агроценозов пригородной зоны г. Курска, вызванное выбросами промышленных предприятий г. Курска, характеризуется пространственным варьированием, распространенным по розе ветров. В пригородной зоне прослеживается загрязнение почв агроценозов валовыми формами кадмия, кобальта и свинца на расстоянии до 4 км.

Биологическая активность почв зависит от уровня содержания в них тяжёлых металлов. По мере удаления от источников загрязнения снижается содержание тяжёлых металлов и активизируется целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов.

Библиографический список

1. Бабенко О.В., Стифеев А.И. Территориально-протяжённые закономерности уровня загрязнения агроландшафтов тяжёлыми металлами в пригородной зоне г. Курска // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. – 2008. – № 1-2. – С. 175.

2. Семыкин В.А., Пигорев И.Я., Никитина О.В. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - №9. - С 99-103

3. Долгополова Н.В., Широких Е.В. Изменение запаса органического вещества чернозёма типичного в зависимости от вида, эродированности и местоположения угодий // Региональный вестник. – 2015. - №1. – С. 27-30.

4. Состояние почв Российской Федерации и основные направления стабилизации и повышения их плодородия / А. И. Стифеев, Е. А. Бессонова, О. В. Никитина, В. А.Лукьянов, Е. Н. Судженко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. -

2015. - №1. - С 49-52.
5. Масютенко Н.П., Нагорная О.В. Динамика микробной биомассы в черноземе типичном при разной антропогенной нагрузке // Плодородие. – 2007. - №52. С. 47-49.
6. Долгополова Н.В. К вопросу о проблеме агроэкологии в агроландшафте и в биосфере // Региональный вестник. – 2018. - №1(10). – С. 2.

УДК 631.87:631.434:631.445.4

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ КУКУРУЗЫ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО СЛАБОСМЫТОГО

Окунева А.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *ok.anan@yandex.ru*

***Резюме**. В статье приведены результаты полевых исследований по оценке влияния микробиологических биопрепаратов на основе микроорганизмов «Трихоплант, СК» и «Биогор-Ж» на структурно-агрегатный состав (сухое просеивание) чернозема типичного слабосмытого до и после внесения побочной продукции кукурузы в почву.*
***Summary**. The article presents the results of field studies to assess the effect of microbiological biologics based on microorganisms "Trichoplant, SK" and "Biohor-Zh" on the structural and aggregate composition (dry sieving) of typical slightly washed chernozem before and after the introduction of corn by-products into the soil.*

В настоящее время высокий уровень антропогенной нагрузки на земли сельскохозяйственного назначения неизбежно оказывает воздействие на структурное состояние почвы. Физическое воздействие агротехники, химическое влияние высоких доз минеральных удобрений в комплексе со средствами защиты растений нарушает не только соотношение структурных отдельностей, но приводит к снижению показателей биологической активности почвы. Результатом является нарушение агромикробоценоза, уменьшения содержания органического вещества, что в дальнейшем может привести к обесструктуриванию почвы [1, 2]. Альтернативным методом является совместное применение биологических препаратов с азотными удобрениями при заделке в почву побочной продукции (ПП) возделываемой культуры. Такие мероприятия улучшают состояние почвенной структуры и способствуют восполнению потерь органического вещества в почве [3, 4].

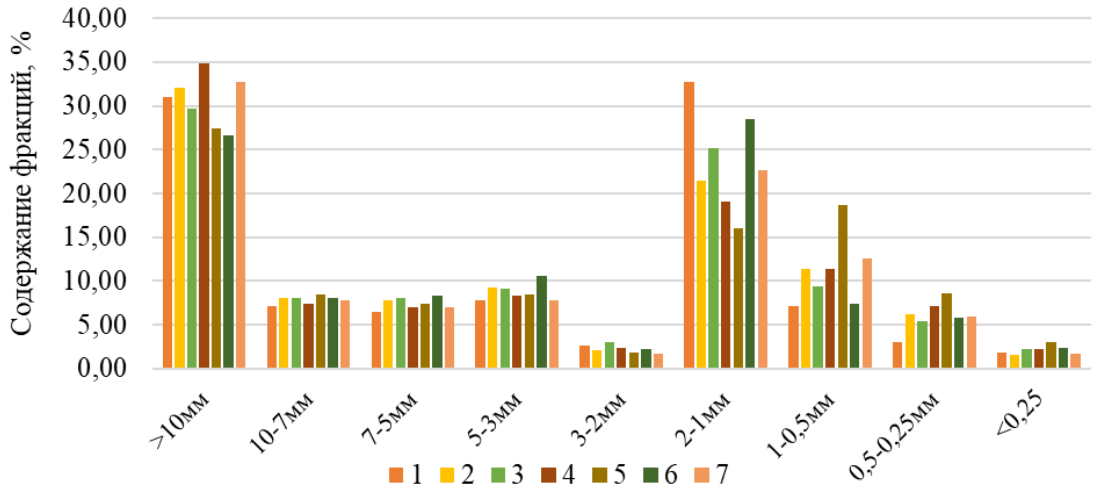
Исследования проводили на полевом стационарном опыте с агробиотехнологиями ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино Медвенского р-на Курской обл.), направленные на изучение влияния микробиологических биопрепаратов «Трихоплант, СК» и «Биогор-Ж» на структурно-агрегатный состав чернозема типичного слабоэродированного тяжелосуглинистого при возделывании кукурузы на зерно (предшественник – озимая пшеница). Трихоплант, СК содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6) и продукты его жизнедеятельности. Он снижает фитотоксичность и повышает агрохимические характеристики любого типа почв, стимулирует рост и повышает

иммунитет растений, участвует активно в разложении органики. Комплексный препарат «Биогор» – (Ж) серии «КМ» создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum 34*, *Lactobacillus fermentum 27*, *Lactobacillus lactis. subsp. lactis AMS*, *Saccharomycescerevisiae (cartsbergebsis)*, *Azotobacter chroococcum A-41*, *Bacillus megaterium Ф-3*, генетически не модифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями, участвует активно в разложении органики, выделяет биологически активные вещества.

В качестве азотных минеральных удобрений использовали аммиачную селитру. Общая площадь опыта – 1,5 га. Размер делянки – 240 м^2 (40 х 6), учетная площадь – 152 м^2 (4х38), повторность – 3-кратная. Технологии возделывания кукурузы общеприняты для региона, за исключением изучаемых факторов – внесения биопрепаратов.

Отбор почвенных образцов был проведен в слое 0-20 см по 7-ми вариантам в 3-кратной повторности перед уборкой урожая и через 46 дней после заделки побочной продукции кукурузы в почву, варианты опыта представлены в таблице 1. Подготовка почвенных образцов и определение структурно-агрегатного состава почвы проводились по методу Н.И. Саввинова – сухое просеивание [5]. Результаты исследования были обработаны статистическими методами анализа [6] с использованием MS Excel.

Фактические данные, полученные в результате определения структурно-агрегатного состава почвы методом сухого просеивания, показывают, что в почвенных образцах, отобранных в период уборки урожая кукурузы на вариантах с применением микробиологических препаратов, установлено по сравнению с контролем повышенное содержание агрономически ценных фракций 10-7, 7-5, 5-3, 1-0,5 и 0,5-0,25 мм (рис. 1).



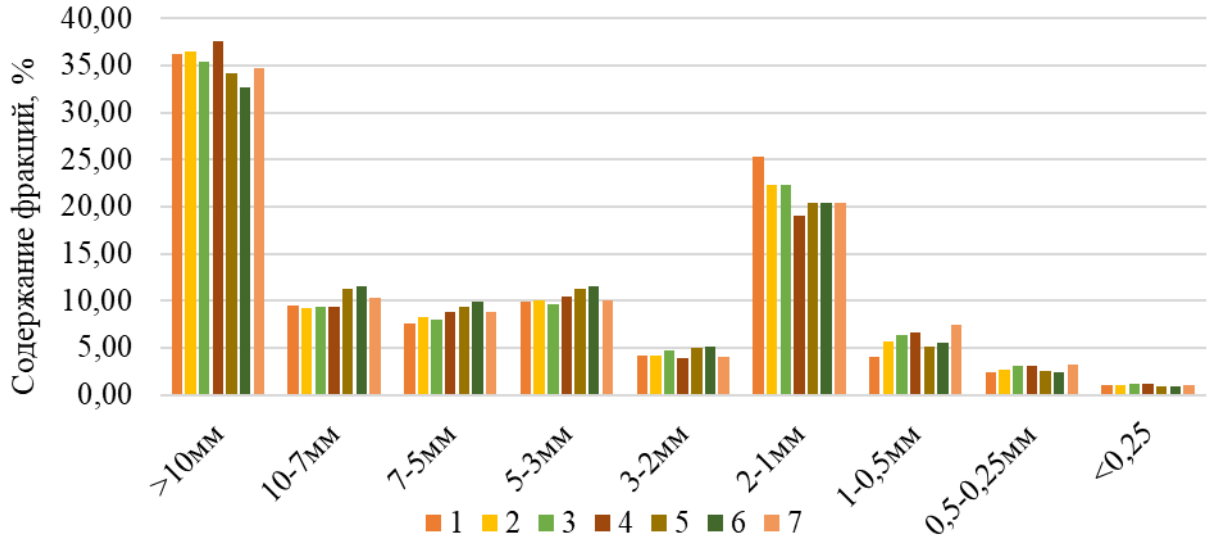
Варианты опыта: 1. Контроль без ПП. 2. ПП. 3. ПП +10 кг д.в. N на 1 т. 4. ПП + известь 1,5 т/га. 5. ПП + биопрепараты (БП). 6. ПП+БП + 10 кг д.в. N на 1 т ПП. 7. ПП + БП + известь 1,5 т/га.

Рисунок 1 – Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание) чернозема типичного слабосмытого на опыте с агробиотехнологиями до внесения в почву растительных остатков кукурузы в слое 0-20 см

Стоит обратить внимание на максимальное значение содержания фракции 2-1 мм на контрольном варианте опыта. Однако, даже в этом случае, вариант с применением агробиотехнологии-4 отличается от остальных на 12-43,8 %. Выделяющееся значение приобретает исследуемый показатель фракции 1-0,5 мм на варианте с обработкой побочной продукции кукурузы микробиологическими препаратами и составляет 18,65 %, что в 2,6 раза больше значений на контроле.

Через 46 дней после заделки внесенной в почву побочной продукции кукурузы сохраняется устойчивая тенденция к увеличению содержания большинства агрономически ценных фракций, таких как 10-7, 7-5, 5-3, 3-2 и 1-0,5 мм, на вариантах опыта с применением агробитехнологии-3 и 4 по сравнению с контролем, а при применении агробитехнологии-5 фракций 10-7, 7-5, 5-3, 1-0,5 и 5-0,25 мм (рис. 2).

Также сохраняется максимальный показатель по содержанию фракции 2-1 мм на контрольном варианте опыта – 25,6 %. По содержанию фракции менее 0,25 мм зафиксированы близкие значения на всех вариантах опыта.



Варианты опыта: 1. Контроль без ПП. 2. ПП. 3. ПП +10 кг д.в. N на 1 т. 4. ПП + известь 1,5 т/га. 5. ПП + биопрепараты (БП). 6. ПП+БП + 10 кг д.в. N на 1 т ПП. 7. ПП + БП + известь 1,5 т/га.

Рисунок 2 – Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание) чернозема типичного слабосмытого на опыте с агробиотехнологиями через 46 дней после внесения в почву побочной продукции кукурузы в слое 0-20 см

В период до заделки побочной продукции кукурузы наилучшие показатели по сумме агрономически ценных агрегатов почвы 10-0,25 мм установлены на вариантах агробиотехнология – 3 и 4 и составляют 69,4 % и 71,9 % (табл.). Это на 3,5-7 % больше значений на контроле. Они также занимают лидирующие позиции по коэффициенту структурности.

Таблица – Показатели структурного состояния почвы чернозема типичного слабосмытого на опыте с агробиотехнологиями до и после заделки в почву побочной продукции кукурузы

Вариант	До заделки		Через 46 дней после заделки в почву	
	Агрономически ценные агрегаты 10-0,25мм, %	Коэффициент структурности	Агрономически ценные агрегаты 10-0,25мм, %	Коэффициент структурности
1. Контроль (без растительных остатков)	67,0	2,03	62,8	1,69
2. Измельченная побочная продукция (ПП)	66,4	1,98	62,4	1,66
3. ПП +10 кг д.в. N на 1 т	68,1	2,14	63,4	1,73
4. ПП + известь 1,5 т/га	62,9	1,69	61,3	1,58
5. Обработка семян биопрепаратами (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + обработка биопрепаратами почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + обработка биопрепаратами посевов 2 раза в течение вегетации (в фазе кущения и фазе трубкования Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) + после уборки урожая обработка измельченной побочной продукции культуры биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) (агробиотехнология-3)	69,4	2,27	64,8	1,84
6. Агробиотехнология-3 + 10 кг д.в. N на 1 т ПП (агробиотехнология-4)	71,1	2,45	66,4	1,98
7. Агробиотехнология-3 + известь 1,5 т/га (агробиотехнология-5)	65,6	1,91	64,3	1,80

Данные по содержанию агрономически ценных агрегатов и коэффициенту структурности после заделки в почву измельченных растительных остатков кукурузы подтверждают тенденцию, выявленную ранее по содержанию фракций 10-0,25 мм на вариантах опыта с агробиотехнологиями. Они принимают значения выше контрольных на 2,3-5,4 % по сумме агрономически ценных агрегатов и на 6-15 % по коэффициенту структурности.

Таким образом, данные по сухому просеиванию свидетельствует о положительном влиянии на структурное состояние чернозема типичного слабосмытого вносимых в почву микробиологических биопрепаратов Биогор-Ж и Трихоплан совместно с измельченными растительными остатками кукурузы.

Тенденция к увеличению содержания агрономически ценных фракций на вариантах с применением агробитехнологии-3, 4 и 5 отмечается как до заделки побочной продукции в почву, так и сохраняется после ее разложения. Данная закономерность находит свое отражение и в результатах по коэффициенту структурности.

Библиографический список

1. Структура и функции бактериальных сообществ в агроценозе / Т.Г. Добровольская, К.А. Хуснетдинова, Н.А. Манучарова, П.Н. Балабко // Почвоведение. – 2016. – № 1. – С. 79-86.
2. Чекмарев П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г // Агрохимический вестник. – 2012. – № 1. – С. 2-4.
3. Новикова И.И. Биологическое обоснование создания и применения полифункциональных биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: спец. 06.01.11 «Защита растений»: авторефер. дис.… д-ра биол. наук. Санкт-Петербург, 2005. – 45 с.
4. Брескина Г.М., Масютенко Н.П., Чуян Н.А. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2022. – № 2. – С. 25-31.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.417:631.871:581.524.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Сюй Ш.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: *orlova55@mail.ru*

Резюме. *Предложен вариант утилизации скашиваемой биомассы Heracleum sosnowskyi в качестве источника для получения гуминовых препаратов. Выявлены особенности их биологической и физиологической активности. Показано значительное фитостимулирующее влияние изученных препаратов на начальный этап роста исследованных тест-растений.*
Ключевые слова: *борщевик Сосновского, инвазии, гумусовые вещества, компосты, гуминовые препараты*
Summary. *The variant of mown biomass of Heracleum sosnowskyi utilization as a source for obtaining humic preparations was proposed. Their biological and physiological activity were revealed. The significant phytostimulating effect of the studied preparations on the initial stage of growth of the investigated test-plants was shown.*
Key words: *Heracleum sosnowskyi, invasion, humus substances, compost, humic preparations*

Введение. В последние десятилетия борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) стал злостным инвазионным видом не только для многих регионов РФ, но и большинства европейских государств [1, 2]. Однако вторичный ареал борщевика Сосновского не достиг в настоящее время своего экологического предела [3]. Фактором, сдерживающим дальнейшее распространение этого адвентивного для подавляющего большинства региональных флор РФ вида, должны стать активные комплексные мероприятия по его

искоренению.

В настоящее время на территории нашей страны наиболее часто применяют химические (обработка гербицидами) и механические (скашивание) меры борьбы с борщевиком Сосновского. При этом в ходе скашивания образуется огромное количество зеленой массы, которая, с одной стороны, является богатым источником питательных элементов, а с другой, в силу своей аллелопатичности, требует дополнительной утилизации. Создание компостов на основе фитомассы борщевика Сосновского и их дальнейшее использование в качестве органического удобрения или сырья для выделения препаратов гуминовых веществ, возможно, могло бы решить вопросы её рациональной и безопасной утилизации.

Традиционно сырьем для производства гуминовых удобрений являются торф и некоторые сорта бурых углей. Кроме этого, используются и другие виды органического сырья – сапропель, вермикомпост и различные органические отходы. Многообразие источников органического сырья для гуминовых препаратов (ГП) и различия в условиях гумификации влияют на свойства получаемых препаратов, на проявляемую ими биологическую (БА) и физиологическую активность (ФА), а также определяют сферу их применения [4, 5, 6, 7].

В данной работе была предпринята попытка использовать в качестве источника для получения ГП компост на основе зелёной массы борщевика. **Целью исследований было оценить возможность использования компостов на основе зелёной массы *Heracleum sosnowskyi* для получения гуминовых препаратов**. Предложенный вариант утилизации скашиваемой биомассы борщевика Сосновского представляется весьма перспективным.

Материалы и методика. Основным объектом исследований был компост на основе зелёной массы *Heracleum sosnowskyi*. Листья борщевика измельчались и смешивались с прокаленным песком (5:1). Условия компостирования: объём сосудов 1 л, срок компостирования 30 суток, температура 25 °С, влажность 60 % от ПВ, периодическое перемешивание, повторность 5-кратная. Ранее было показано, что компостирование наземной массы *H. sosnowskyi* полностью снимает начальную фитотоксичность биомассы, а также позволяет получить компосты, обогащенные гумусовыми веществами (ГВ), элементами минерального питания растений [8].

Для получения ГП из компоста были использованы 4 независимых вытяжки: водная (соотношение компост : H_2O 1:5; 1:10); горячая водная вытяжка по методу Шульц-Кершенса [9] (соотношение компост : H_2O 1:5); слабощелочная вытяжка 0,01 М NaOH (соотношение компост : NaOH 5:100); щелочная вытяжка 0,1 М NaOH (соотношение компост : NaOH 5:100) [10].

Фитотестирование (ФТ) водных вытяжек из компоста проводили по всхожести семян, длине корней и побегов [11]: соотношение компост : вода – 1:5; 1:10; тест-культура – овес (*Avena sativa*); повторность 4-кратная. ФА оценивали по результатам ФТ и интенсивности дыхания семян. Были исследованы растворы с концентрацией органического углерода 0,005 %. ФТ горячей водной вытяжки и растворов ГК проводили по всхожести семян, по длине корней и

побегов: тест-культуры – овес (*Avena sativa*,), чечевица (*Lens culinaris*) и редька посевная (*Raphanus sativus*) [12]; повторность 4-кратная. Для характеристики биологической активности ГВ определяли индекс силы роста [13]. Оценку интенсивности дыхания семян овса (*Avena sativa*) и чечевицы (*Lens culinaris*) проводили по продуцированию CO_2, мг/г•ч; повторность 3-кратная [14]. Полученные результаты были статистически обработаны методом t-критерия с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics 27.0.

Результаты и обсуждение. Было изучено влияние растворов ГВ из компоста на основе *H. sosnowskiy* на параметры роста *L. culinaris, A. sativa и R. sativus*. Для всех тест-культур было показано достоверное увеличение длины корней и стеблей проростков, индекса силы роста и интенсивности дыхания семян в опытных вариантах по сравнению с контрольным вариантом. Максимальное увеличение длины корней и стеблей отмечалось в варианте с ГК, экстрагированными 0,01 М NaOH.

Индекс силы роста во всех опытных вариантах достоверно превышал таковой в контрольном варианте для всех исследованных тест-культур: для *L. culinaris* на 55-117 %, для *A. sativa* – на 24-88 %, для *R. sativus* – на 51-101 %, причем наибольшие значения также наблюдались в 0,01 М NaOH вытяжке.

Аналогичная зависимость отмечена и для индекса силы роста, который кроме длины корней и стеблей учитывал также всхожесть семян. Наибольшее влияние на параметры ФТ оказали препараты ГВ, полученные из 0,01 М NaOH вытяжки. По-видимому, в неё перешло наибольшее количество физиологически активных веществ, оказывающих влияние на процессы роста и развития тест-культур.

Дыхание растений является одним из главных процессов обмена веществ, и, соответственно, интегральным показателем ответной реакции растений на внешние факторы. При прорастании интенсивность дыхания растений резко увеличивается. Интенсивность дыхания *L. culinaris* и *A. sativa* во всех опытных вариантах достоверно превышала таковую в контрольном варианте на 52-88 % и 84-129 %, соответственно. Также как и при ФТ наибольшие значения были определены для ГВ 0,01 М NaOH вытяжки.

Полученные результаты указывали на значительное фитостимулирующее влияние изученных ГП на начальный этап роста исследованных тест-растений.

Выводы. Компостирование наземной массы *H. sosnowskyi* полностью снимает ее фитотоксичность и позволяет получить компост, обогащенный соединениями азота, гумусовыми веществами и элементами минерального питания растений. Все исследованные препараты (горячая водная вытяжка, 0,01 М и 0,1 М NaOH вытяжки в концентрации 0,005 % по С) проявляют высокую биологическую и физиологическую активность по отношению к тест-культурам (овес (*A. sativa*), чечевица (*L. culinaris*) и редька посевная (*R. sativus*)). Наибольшую активность проявляют новообразованные гумусовые вещества, экстрагируемые 0,01 М NaOH. Компост на основе зелёной массы *H. sosnowskyi* по совокупности агрохимических свойств, обогащенности ГВ и отсутствию фитотоксичности пригоден для дальнейшего использования в качестве органического

удобрения или сырья для выделения препаратов гуминовых веществ. Компостирование существенно сокращает объем свежей биомассы борщевика, что также является положительным аспектом при утилизации скошенных растений.

Библиографический список

1. Кондратьев М. Н., Ларикова Ю. С. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов (обзор) / // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 48-61.
2. Lambdon P. W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M., Essl F., Jarošík V., Pergl J., Winter M., Anastasiu P., Andriopoulos P., Bazos I., Brundu G., Celesti-Grapow L., Chassot P., Delipetrou P., Josefsson M., Kark S., Klotz S., Kokkoris Y., Kühn I., Marchante H., Perglová I., Pino J., Vila M., Zikos A., Roy D. & Hulme P. E. (2008) Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs / Zavlečená flóra Evropy: druhová diverzita, časové trendy, zákonitosti geografického rozšíření a oblasti budoucího výzkumu // Preslia. – 2008. – 80(2). – p.101-149.
3. Кондратьев М.Н., Бударин С.Н., Ларикова Ю.С. Физиолого-морфологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*) в неиспользуемые агроэкосистемы // Известия ТСХА. – 2015. – № 2. – С. 36-49.
4. Романов Е.М., Нуреева Т.В., Мухортов Д.И., Производство и применение нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках. Йошкар-Ола, 2001. – 153 с.
5. Smith J.L., Collins H.P. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 3 Ed. Academic Press, 2010. – P. 483-486.
6. Витковская С.Е. Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота. Изд-во: АФИ, 2012. – 132 с.
7. Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцов А.В., Лыхман В.А. Влияние гуминовых препаратов на почвы и растения. Ростов-на-Дону – Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2019. – 152 с. ISBN 978-5-9275-3157-8.
8. Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Орлова Н.Е. Агроэкологическая характеристика компостов из биомассы *Heracleum sosnowskyi* / Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия. Сб.докл. Междунар. Науч.-практ.конф., посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2020. – С. 198-201.
9. Шульц Э., Кёршенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 890-894.
10. Орлова Н.Е., Бакина Л.Г., Орлова Е.Е. Методы изучения содержания и состава гумуса. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. – 145 с.
11. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности МР 2.1.7.2297-07, 2007.
12. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв. ФР.1.39.2006.02264. СПб, 2009. – 19 с.
13. Ali, Md Hossen et al. “Carbon Nanoparticles Functionalized with Carboxylic Acid Improved the Germination and Seedling Vigor in Upland Boreal Forest Species.” Nanomaterials (Basel, Switzerland) vol. 10,1 176. 20 Jan. 2020.
14. Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф., Демин В.В. О возможной природе биологической активности гуминовых веществ // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1099-1107.

УДК 631:417:631:452:631:52

БАЛАНС ГУМУСА И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ КАК ПРОГНОЗНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Пироженко В.В., Мирошниченко О.Н.
ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Курская»,
ул. Энгельса 140-А, г. Курск, 305023.
E-mail: *agrohim_46_1@mail.ru*

***Резюме**. Рассчитан приход и расход баланса гумуса и основных элементов питания за 2021 и 2022 гг. по сравнению с 1975 и 1983 гг., предложены прогнозно-экологические темпы снижения минерализации гумуса в пахотных почвах области и компенсация за счет гумификации в системе земледелия Курской области.*
***Ключевые слова:** Баланс гумуса, азота, фосфора, калия, минерализация, гумификация, воспроизводство, компенсация, адаптивно-ландшафтное земледелие.*

Важнейшим экологическим критерием уровня химической нагрузки не только на почву, но и на контактирующие с ней компоненты окружающей среды являются количественные показатели баланса гумуса и основных элементов питания в почве при конкретных уровнях ее плодородия и продуктивности возделываемых на ней полевых культур отмечал в своей работе Жуков Ю.П. [1].

Кроме этого, результаты расчетов по балансу гумуса и основных элементов минерального питания конкретного региона могут служить прогнозно-экологическими показателями степени изменения агрохимических показателей плодородия почв, качества получаемой сельскохозяйственной продукции с конкретных территорий, а также возможного загрязнения или очищения растениеводческой продукции, почв и сопредельных сред не только теми элементами и веществами, включая сопутствующие, которые мы вносим с видами органических удобрений, с отдельными формами комплексных минеральных удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов, но и теми, которыми уже ранее была загрязнена почва или которые вносятся при интегрированной форме химических средств защиты растений (ХСЗР) от болезней, вредителей, сорняков и для предотвращения полегания посевов полевых культур приводят данные доктор с.-х. наук Чуян Г.А. и академик РАН Сычев В.Г и др., [2, 3].

Гумус с минеральной частью почвы образует ППК, обеспечивающий растения всеми необходимыми элементами питания. Он определяет основные физические и биологические показатели почвы. Без применения удобрительных средств, связь урожайности с содержанием гумуса настолько тесная, что гумус становится одним из основных бонитировочных признаков уровня плодородия почв.

Расчет баланса гумуса позволяет осуществлять мониторинг за характером изменения его содержания при сложившейся структуре посевных площадей и

уровне применения удобрительных средств.

Основными исследуемыми параметрами плодородия является: содержание в пахотном слое почв органического вещества (гумуса), который традиционно считают интегральным признаком плодородия. В органической части почвы аккумулировано большое количество азота, серы, фосфора и других макро и - микроэлементов. Органическое вещество улучшает способность почвы поглощать газы, пары, воду и растворенные в воде вещества, регулирует питательный режим и водно-физические свойства почвы. Гумусовые вещества играют большую роль в образовании агрономически ценной структуры почвы. А процесс дегумификации является одним из основных видов деградации не только чернозёмов, но и серых лесных почв.

Баланс гумуса – соотношение между расходом его и восполнением. Основными двумя статьями прихода гумуса является гумификация пожнивно - корневых остатков растений и вносимых видов органических удобрений. Основные статьи расхода гумуса – минерализация по агрофонам и потери в результате эрозии почв, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс гумуса в пахотных почвах Курской области

Показатели	2021 г.	2022 г.	2025 г. (прогноз)
Потери гумуса, т/га			
а) при минерализации	0,97	0,97	1,10
б) при эрозии	0,12	0,11	0,15
Всего, т/га	**1,09**	**1,08**	**1,25**
Накопление гумуса за счет поступления, т/га			
а) пожнивно - корневых остатков	0,90	0,90	1,07
б) органических удобрений	0,15	0,15	0,15
Всего, т/га	**1,05**	**1,05**	**1,22**
Баланс, + - т/га	**-0,04**	**-0,03**	**+0,03**

Результаты расчетов по материалам территориальных органов федеральной службы государственной статистики по Курской области при определении темпа минерализации гумуса в пахотных почвах составили -0,97 т/га. Эта потеря гумуса за счет минерализации и при эрозии почв частично компенсировалась образованием его из поступающих в почву пожнивно-корневых остатков и внесения видов органических удобрений.

Установлено по данным института Росземпроекта, что каждые 10 лет почвы Центрального Черноземья за период с 1965 по 1985 г. теряют 0,67% содержания гумуса на плакоре и 2,2% на склонах разных экспозиций **[4].**

Наряду с изменением гумуса в пахотных почвах нарушается соотношение между содержанием гумуса и негумифицированного органического вещества. В этих почвах в условиях недостаточного поступления органического вещества содержание растительных остатков или негумифицированного органического вещества снижается до 0,5 – 1,5% по углероду.

Особое значение придают содержанию в гумусе подвижных (лабильных) гумусовых веществ, которые тесно связаны с урожайностью полевых культур и этим определяют эффективное плодородие почв.

В настоящее время производится недостаточное количество органических удобрений и невозможно увеличение доли многолетних трав в агроценозе. Поэтому воспроизводство гумуса почв должно осуществляться не только внесением видов органических удобрений, промежуточных пожнивных культур и посевом многолетних трав, но и за счет уменьшения минерализации гумуса в результате внедрения дифференцированного подхода к обработке почвы. Это снижает потребности в навозе примерно на 30%.

Таким образом, необходим комплексный подход к воспроизводству органического вещества в почве с учетом возможностей и ресурсов хозяйств.

Расчет проведенный по материалам статистических 4-х бюллетеней Курск Стат за 2021 и 2022гг. [5, 6] свидетельствует, что ежегодные темпы минерализации гумуса в пахотных почвах области составляли 0,97 т/га тогда как в 1975 и 1979 г г. эта величина составляла 0,90 и 0,87 т/га.

За счет гумификации из ПКО за 2021 и 2022 гг. по сравнению с 1975 -1979 гг. увеличивалось соответственно по годам в 1,08 и 1,03 раза, что связано с новыми высокоурожайными сортами, гибридами культур и обработкой средствами химизации в период вегетации полевых культур, т.е. баланс гумуса по области сохранялся с меньшим дефицитом и составлял соответственно на -0,03т/га и -0,04 т/га. Необходимо стремится к созданию в почвах положительного баланса гумуса, обеспечивающего рациональное его воспроизводство на региональном уровне.

Баланс основных элементов минерального питания растений в пахотных почвах области, рассчитанный за 2021 и 2022 гг. по сравнению с 1975 и 1979 гг. показал, что вынос с урожаем азота, фосфора и калия не покрывался внесенными минеральными и органическими удобрениями за 2021 и 2022 гг. на 81-88, 63-74 и 34-38% соответственно, тогда как за 1975 и 1979 гг. он был также отрицательным и составил 80-87, 101-129 и 81-89%. Однако такое снижение баланса происходит в основном за счет высокой урожайности зерновых 46,0 - 62,6 ц/га и корнеплодов сахарной свеклы 397-485 и внесении основных элементов питания в 2021 и 2022 гг. по азоту -70, по фосфору 25-30 и калию 25-32 кг/га д.в.

При этом компенсация выноса основных элементов питания, представленная в таблице 2 сохраняется на уровне 81-88% по азоту, и 34-38% по калию, что нельзя признать удовлетворительным, поскольку будет сдерживаться рост урожайности полевых культур.

Это обуславливает необходимость наращивания объемов внесения видов органических удобрений (за счет соломы, многолетних трав, сидератов) и особенно упорядочения технологии использования при обработке посевов во время вегетации микроэлементными удобрениями.

На животноводческих комплексах региона в агрохолдингах все шире внедрять технологию приготовления и внесения бесподстилочного навоза для его транспортировки на поля. А по представленным данным урожайности полевых культур за 2021 и 2022 гг. происходил дефицит калия и накопления фосфора. При этом компенсация расхода по прогнозу на 2025 г. сохранится по

азоту на уровне 88% и по калию только на 39%.

Таблица 2. Баланс основных элементов питания в пахотных почвах Курской области

Статьи баланса	2021 г.			2022 г.			2025 г. (прогноз)		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**
Приход: С минеральными удобрениями, кг/га	70	30	25	70	25	32	76	30	34
С органическими удобрениями, кг/га	6	3	7	7	4	8	7	4	8
Симбиотическая фиксация азота, кг/га	7	-	-	9	-	-	11	-	-
Несимбиотическая фиксация азота, кг/га	10	-	-	10	-	-	10	-	-
С атмосферными осадками, кг/га	5		5	5		5	5		5
С семенами, кг/га	4	1	2	4	1	2	4	1	2
Всего:	**102**	**34**	**39**	**105**	**30**	**47**	**113**	**35**	**49**
Расход: Вынос урожаем, кг/га	106	42	107	99	44	115	107	45	117
Потери при денитрификации, кг/га	16	-	-	16	-	-	18	-	-
Потери при инфильтрации, кг/га	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Потери при эрозии, кг/га	3	4	9	3	4	9	3	4	9
Всего, +- кг/га	**126**	**46**	**116**	**119**	**48**	**124**	**129**	**49**	**126**
Баланс, +- кг/га	**- 24**	**-17**	**-72**	**-16**	**-19**	**78**	**-16**	**-14**	**-77**
Компенсация расхода в %	**81**	**74**	**34**	**88**	**63**	**38**	**88**	**88**	**39**

Интенсивная система земледелия в целом стоит на двух кардинальных ошибках:

- уровень плодородия отождествляют с содержанием основных элементов питания и гумуса в почве, а все меряют и отчитываются по урожайности.

Известно, где проводится основная обработки почвы, урожайность со временем или падает, или дорожает. Потому что сама почва не является средством производства. Средство производства – ее естественное и эффективное плодородие. Именно они дают урожай и именно имеют износ – потерю органического вещества, деградацию почвы и снижение физико-химических показателей отмечает академик Щербаков А.П. [7].

Таким образом, воспроизводство и стабилизация плодородия в почвах области может быть достигнута только при высокой культуре и научно-обоснованной адаптивно-ландшафтной системе земледелия, систематическом применении всех видов макро, микроэлементов и, особенно видов органических удобрений.

Библиографический список

1. Жуков Ю.П. Баланс гумуса и питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур // Агрохимия. 1996. - № 7. - С. 35-41.

2. Чуян Г.А., Тур О.П. Баланс гумуса и питательных веществ в интенсивной системе земледелия Курской области. - Курск, Тезисы докладов на конференции. Курск, 1981.; С. 23-27.
3. Сычев В.Г., Музыкантов., Панкова Н.К. Методические указания по определению баланса питательных веществ, гумуса и кальция - М.: Изд. – во ЦИНАО, 2000. – 40 с.
4. Система земледелия Курской области - Изд.- Курск,1982. – 204 с.
5. Статистический бюллетень за 2021 г. Курск Стат, 119 с.
6. Статистический бюллетень за 2022 г. Курск Стат, 30 с.
7. Щербаков А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. – М.: Колос, 1983. - 189 с.

УДК 631.46

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ОТ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ[4]

Собина[1] А.С., Казеев[2] К.Ш.
Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: [1] *as.sobina2004@mail.ru;* [2] *kamil_kazeev@mail.ru*

***Резюме**. Проведен модельный опыт по оценке влияния уровня влажности чернозема на интенсивность эмиссии углекислого газа. В ходе эксперимента установлено, что при поддержании оптимального температурного режима влажность оказывает определяющее влияние на дыхание почв.*
***Summary**. A model experiment was conducted to assess the influence of chernozem moisture level on the intensity of carbon dioxide emission. In the course of the experiment was found that humidity has a determining influence on soil respiration when the optimal temperature regime is maintained.*

Биологическая активность почв основана на осуществлении процессов разложения и синтеза веществ. В качестве одного из общих показателей биологической активности почв часто используют дыхание почв – выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой [1]. Интенсивность эмиссии углекислого газа из почвы характеризует активность происходящих в ней биологических процессов. При этом, чем интенсивнее эмиссия, тем активнее происходят в ней биологические процессы, а значит, лучше условия. Интенсивность почвенного дыхания является одним из наиболее чувствительных показателей биологической активности почвы [2-4]. Ранее информативность использования этого показателя в черноземах юга России показали работы разных исследователей [5-8].

Цель работы – установление закономерностей зависимости интенсивности эмиссии углекислого газа от заданных уровней влажности почвы в лабораторных условиях методом инфракрасной спектроскопии с помощью портативного газоанализатора PP Systems EGM-5. Исследуемые почвы относятся к черноземам обыкновенным среднемощным слабогумусированным [9], или к Haplic Chernozem Loamic (WRB).

[4] *Исследования поддержаны грантом Президента РФ для ведущей научной школы РФ (НШ-449.2022.5).*

Для закладки модельного эксперимента использовали круглые контейнеры с крышкой. Вес сухой почвы в контейнере составлял 1500г. В ходе эксперимента поддерживали постоянный уровень влажности почвы (18%, 23% и 33%) путем добавления воды в контейнер после взвешивания. Температурный диапазон 22-25 °С. Измерения проводили ежедневно с интервалом в сутки (13 измерений). Наименьшей амплитудой колебаний обладали значения, полученные при стабилизации оптимального уровня влажности. Наибольшие колебания отмечены при стабилизации интенсивности эмиссии углекислого газа почвами с минимальной влажностью. На 15е сутки максимальные показатели дыхания были зафиксированы в контейнерах с поддержанием оптимального уровня влажности. Наиболее сильно эффект Бирча (степень импульсного усиления дыхания почв при искусственном увлажнении) выражен у образцов с минимальной влажностью, а у почвы с максимальной влажностью отсутствует вовсе. Эффект Бирча проявляется при увлажнении сухой почвы в первые сутки, затем интенсивность эмиссии углекислого газа начинает постепенно снижаться, сохраняя колебания, амплитуда которых по истечению времени становятся меньше.

Библиографический список

1. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – 356 с.
2. Moors E.J., Jacobs C., Jans W., Supit I., Kutsch W.L., Bernhofer C., Be-ziat P., Buchmann N., Carrara A., Ceschia E., Elbers J., Eugster W., Kruijt B., Loubet B., Magliulo E., Moureaux C., Olioso A., Saunders M., Soe-gaard H. Variability in carbon exchange of European croplands // Agriculture, Ecosystems and Environment – 2010. – V. 139. – No. 3. – P. 325-335.
3. Ступаков А.Г. Влияние систем обработки почвы на дыхание почвенной биоты чернозёма типичного // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 7. – С.56-58.
4. Сушко С.В. Ананьева Н. Д., Иващенко К. В., Кудеяров В. Н. Эмиссия CO2, микробная биомасса и базальное дыхание чернозема при различном землепользовании // Почвоведение. – 2019. – № 9. – С.1081–1091.
5. Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Мясникова М.А., Акименко Ю.В., Колесников С.И. Влияние технологии прямого посева на почвенную мезофауну, дыхание и ферментативную активность черноземов южных // Агрохимический вестник. 2019. №5. С.31-36.
6. Азаренко (Мясникова) М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период // Почвоведение. – 2020. – № 11. – С. 1412–1422.
7. Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашян М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 901-910.
8. Федоренко А.Н., Гобарова А.А., Казеев К.Ш. Влияние различных мелиорантов на интенсивность дыхания и содержание органического углерода в почвах Ростовского зоопарка // Агрохимия. – 2023. – № 2. – С. 54-61.
9. Почвенная карта Ростовской области: [Карты]: 1985 / Гос. агропром. ком. РСФСР А.Х Владимиров [и др.] под рук. Б.А. Калайды; отв. ред. Е.М. Цвылев.
10. Рабочая группа IUSS WRB. 2015. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014, исправленная и дополненная версия 2015. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. // Доклады о мировых почвенных ресурсах №106. ФАО, Рим.

УДК: 574::539.1.04:539.163

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ ^{137}CS ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОЛАНДШАФТА

Спиридонов С.И., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К.
НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ,
г. Обнинск
E-mail: *spiridonov.si@gmail.com*

***Резюме**. Разработаны модели вертикальной миграции ^{137}Cs чернобыльского происхождения в почвах луговых экосистем с учетом эрозионных процессов. Представлены результаты прогнозирования распределения ^{137}Cs по профилю почвы плакорных и эрозионно-аккумулятивных элементов агроландшафта. Оценена интенсивность очищения от ^{137}Cs корнеобитаемого слоя почвы.*

***Summary**. Models of vertical migration of ^{137}Cs of Chernobyl origin in soils of meadow ecosystems were developed. The results of predicting the distribution of ^{137}Cs along the soil profile of upland and erosion-accumulative elements of the agrolandscapes are presented. The intensity of removal of ^{137}Cs from the root layer of the soil was estimated.*

Загрязнение сельскохозяйственных угодий Российской Федерации в результате аварии на Чернобыльской АЭС обусловило необходимость комплексных исследований поведения долгоживущего ^{137}Cs в аграрных экосистемах. Особую радиоэкологическую значимость имеют луговые экосистемы, во многом определяющие дозовую нагрузку на население за счет потребления загрязненной продукции животноводства [1].

В этой связи изучение процессов миграции ^{137}Cs по почвенному профилю и разработка математических моделей для их описания представляются важными составляющими комплексных исследований в области сельскохозяйственной радиоэкологии. На основе моделей вертикальной миграции можно осуществить прогноз динамики содержания ^{137}Cs в корнеобитаемом слое почвы и оценить поступление этого радионуклида в луговую растительность.

Радиоэкологическая обстановка на загрязненных луговых угодьях во многом зависит от ландшафтных характеристик, определяющих, в том числе, и вертикальную миграцию радионуклидов [2]. Таким образом, важным аспектом разработки моделей перемещения радионуклидов по почвенному профилю является учет ландшафтных особенностей рассматриваемых участков.

Цель исследования – прогноз вертикальной миграции ^{137}Cs в почвах плакорного и аккумулятивного элементов агроландшафта на территории Плавского радиоактивного пятна и сравнительная оценка интенсивности очищения корнеобитаемого слоя почвы от ^{137}Cs.

Для разработки прогностических моделей использованы данные по вертикальному распределению ^{137}Cs в профиле черноземных почв целинных участков Тульского НИИ сельского хозяйства [3]. Анализ эмпирических данных позволил установить две важные закономерности:

– для плакорных элементов агроландшафта – стремление к стабилизации распределения ^{137}Cs по почвенному профилю с течением времени;

– для эрозионных элементов – “захоранивание” выпавшего на днища

балок в 1986 г. ^{137}Cs в результате смыва почвы с водораздельных участков.

Согласно первой закономерности, использование классических квазидиффузионных и конвективно-диффузионных моделей для описания вертикальной миграции ^{137}Cs на плакорных участках не является обоснованным. Для математического описания этого процесса в почвах плакорных элементов агроландшафта использован компартментный подход, в рамках которого почвенный профиль представлен в виде набора слоев одинаковой толщины с равномерным распределением ^{137}Cs [4]. Потоки радионуклидов между слоями почвы рассматриваются прямо пропорциональными их содержанию в слоях-источниках. Константа, характеризующая интенсивность вертикального переноса ^{137}Cs, является функцией времени, подчиняясь зависимости экспоненциального типа.

Концептуальная схема “эрозионной” модели отражает суперпозицию разноплановых процессов, определяющих перераспределение этого радионуклида между элементами агроландшафта [4]:

– водораздельный участок, с которого ^{137}Cs мигрирует в нижележащий аккумулятивный элемент ландшафта;

– склон балки, который также является источником поступления ^{137}Cs на дно балки;

– аккумулятивный элемент ландшафта, представляющий собой “депо”, в котором накапливается ^{137}Cs за счет поступления из вышерасположенных элементов ландшафта.

При моделировании вертикального переноса ^{137}Cs с учетом эрозионных процессов также был взят за основу компартментный подход. При разработке модели были сформулированы следующие допущения:

– почвенный профиль (согласно экспериментальным данным) представляет собой набор слоев одинаковой толщины;

– ^{137}Cs распределен равномерно в пределах каждого почвенного слоя;

– потоки радионуклидов между слоями почвы одного элемента ландшафта прямо пропорциональными их содержанию в слоях-источниках

– интенсивность миграции ^{137}Cs по профилю почвы в пределах элемента ландшафта описывается миграционным коэффициентом, оцененным по данным для плакорных ландшафтов;

– в каждый год часть верхнего слоя почвы с “вершины” и “склона” эрозионного ландшафта перемещается на днище балки, в результате чего происходит “захоронение” нижележащих слоев аккумулятивного элемента эрозионного ландшафта;

– с целью сохранения концептуальной схемы (структуры почвенных слоев-компартментов) по прошествии каждого года осуществляется перепланировка слоев.

Прогнозные оценки для плакорных элементов агроландшафта продемонстрировали сохранение характера вертикального распределения ^{137}Cs по профилю почвы в течение длительного времени. Относительные содержания этого радионуклида в почвенных слоях будут меняться незначительно (рис. 1).

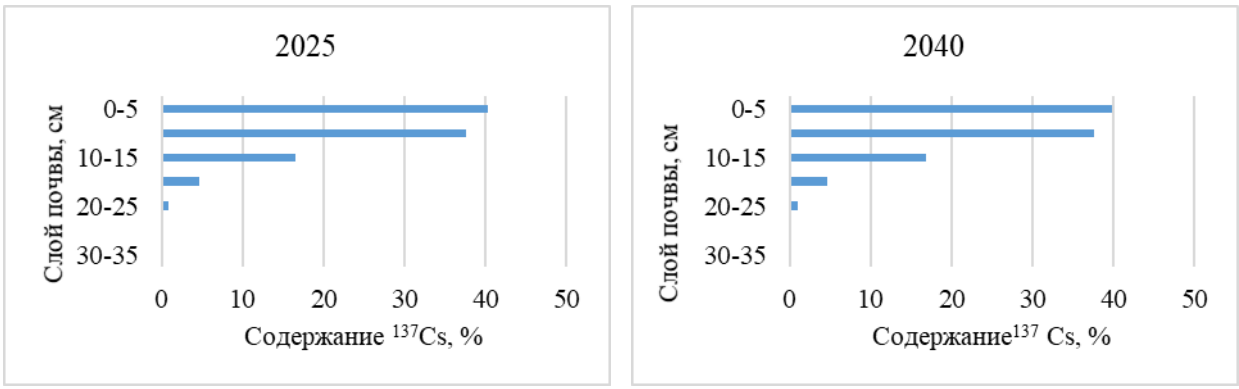


Рисунок 1 – Прогноз распределения ^{137}Cs по профилю почвы на плакорных участках в 2025 и 2040 гг.

Прогноз изменения вертикального распределения ^{137}Cs в почве эрозионно-аккумулятивных элементов агроландшафта демонстрирует ярко выраженный эффект перемещения слоев с максимальным содержанием ^{137}Cs вниз по почвенному профилю с течением времени (рис. 2).

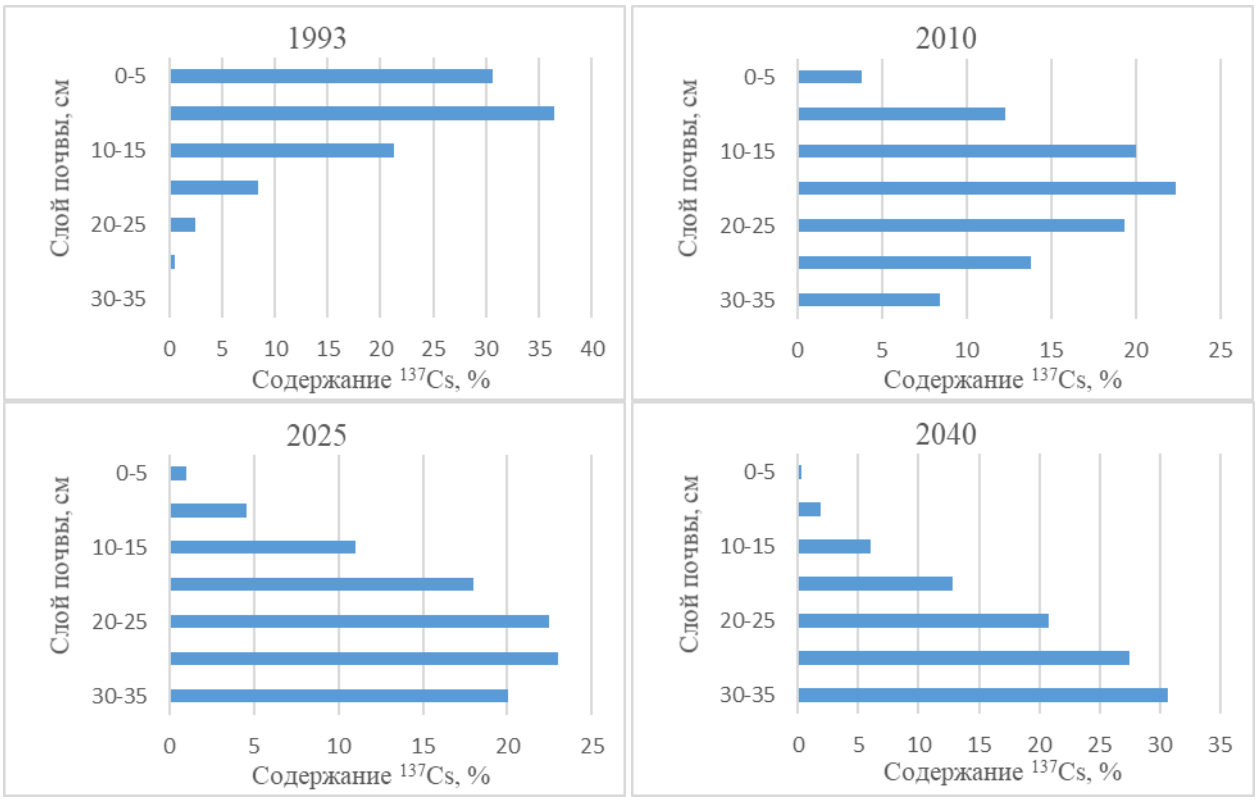


Рисунок 2 – Распределение ^{137}Cs по профилю почвы для аккумулятивного элемента эрозионного ландшафта в 1993, 2010, 2025 и 2040 гг.

Динамика плотности загрязнения ^{137}Cs корнеобитаемого слоя почвы определяет изменение содержания этого радионуклида в пастбищной растительности как для плакорных, так и аккумулятивных элементов агроландшафта. Оценка поступления ^{137}Cs в растительность выполнена на основе коэффициента накопления, который рассматривается в качестве постоянной величины для среднесрочного и долгосрочного периода после радиоактивных выпадений [5, 6].

Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод о том, что

основным фактором, влияющим на интенсивность снижения содержания ^{137}Cs в пастбищной растительности плакорных участков (2 раза за 30 лет – с 2020 г. по 2050 г.), является радиоактивный распад. Следует подчеркнуть, что при выполнении оценок не учитывалось возможное применение защитных мероприятий, направленных на снижение поступления ^{137}Cs в растительность.

Иная картина наблюдается для эрозионных элементов агроландшафта хозяйства, расположенного на территории Плавского радиоактивного пятна. Так, на аккумулятивных участках содержание ^{137}Cs в пастбищной растительности снизится за 30 лет (с 2020 г. по 2050 г.) в 7,7 раза. Причиной такого интенсивного снижения являются эрозионные процессы, а именно – ежегодный смыв почвы с водораздельных участков и склонов балок. В результате поступления почвы на дно балок первоначальный слой, подвергшийся чернобыльским выпадениям, перемещается вниз по почвенному профилю. Необходимо подчеркнуть значимость агроландшафтов указанного типа с точки зрения поступления ^{137}Cs в продукцию кормопроизводства. Так, на территории рассматриваемого хозяйства площадь эрозионных ландшафтов составляет 994 га, а их аккумулятивных элементов – достигает 130 га.

Таким образом, на основе анализа экспериментальных данных разработаны модели вертикальной миграции ^{137}Cs по профилю почв кормовых угодий для различных элементов агроландшафта на территории Плавского радиоактивного пятна. Разработанная модель позволяет учесть суперпозицию различных процессов и выполнить прогностическую оценку распределения ^{137}Cs по почвенному профилю и накопления этого радионуклида в растительности. Показано, что интенсивность снижения содержания ^{137}Cs в пастбищной растительности на аккумулятивных участках агроландшафта существенно превышает этот показатель для плакорных участков.

Библиографический список

1. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко. М.: РАН, 2018. – 278 с.
2. Кузнецов В.К. Научные основы и системы мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий в адаптивно-ландшафтном земледелии. // Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук., Обнинск, 2014. – 50 с.
3. Кузнецов В.К., Спиридонов С.И., Иванов В.В., Санжаров А.И., Князева Е.П. Динамика распределения ^{137}Cs в почвенном профиле целинных черноземов // Агрохимический вестник. – 2020. – № 4. – С. 12-15.
4. Спиридонов С.И., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К. Прогнозирование вертикальной миграции ^{137}Cs чернобыльского происхождения в почвах плакорных и аккумулятивных агроландшафтов Плавского радиоактивного пятна // Агрохимический вестник. – 2022. – № 5. – С. 77-82.
5. Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009. – 625 p.
6. Handbook of parameter values for prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. – 208 p.

УДК 631/635; 502/504; 911

УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Трофимов[1,2] И.А., Трофимова[1] Л.С., Яковлева[1] Е.П., Емельянов[2] А.В., Скрипникова[2] Е.В., Горбунов[3] А.С., Быковская[3] О.П.
[1]ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса», г. Лобня,
[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт естествознания, г. Тамбов,
[3] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж
E-mail: *[1]viktrofi@mail.ru; [2]skripnikova@tsutmb.ru; [3]gorbunov.ol@mail.ru*

Резюме. *Длящееся на протяжении многих лет истощительное природопользование привело к снижению плодородия сельскохозяйственных земель Центрального Черноземья. На основе агроландшафтно-экологического районирования управление плодородием почв обретает ландшафтную и экологическую научную основу.*
Ключевые слова: *почвы, агроландшафты, растениеводство, баланс.*
Summary. *The depletion of natural resources that has been going on for many years has led to a decrease in the fertility of agricultural lands in the Central Chernozem region. On the basis of agro-landscape and ecological zoning, soil fertility management acquires a landscape and ecological scientific basis.*
Key words: *soils, agricultural landscapes, crop production, balance.*

Системный подход к решению вопросов продовольственной и экологической безопасности, основанный на принципах адаптивного, разумного сельскохозяйственного природопользования, является необходимым условием перехода к высокопродуктивному, экологически чистому и устойчивому сельскому хозяйству.

Длящееся на протяжении многих лет истощительное природопользование, развитие процессов эрозии, деградации, дегумификации почв привело к снижению плодородия сельскохозяйственных земель. Центрального Черноземья (ЦЧР).

Разбалансированность продуктивных и протективных экосистем в структуре агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов, открытая полностью поверхность почвы чистых паров и частично лишенная растительности поверхность почвы в посевах пропашных культур, недостаточность оставляемой и вносимой органики при выращивании сельскохозяйственных культур и др. истощили почвы.

Последствия истощительного землепользования привели к значительным потерям питательных веществ и снижению плодородия наших чернозёмов.

Сельскохозяйственные земли деградируют, подвергаются эрозии, дефляции, дегумификации, осложняя дальнейшее развитие растениеводства, земледелия и в целом всего сельского хозяйства.

Осознание необходимости ответственного подхода к сельскохозяйственной деятельности, землепользованию и природопользованию

сельхозпроизводителями, региональными органами власти и государством представляет особую ценность для сохранения продуктивного долголетия Центрального Черноземья. В настоящее время и в перспективе здесь должен совершаться переход к оптимальному природопользованию [1].

В Центральном Черноземье должно быть обеспеченно развитие устойчивых агроландшафтов с высокопродуктивным, экологически чистым сельским хозяйством, сохранением и воспроизводством плодородия почв и сбалансированным подходом к использованию природных ресурсов.

Примером ответственного подхода к сельскохозяйственной деятельности, землепользованию и природопользованию, сохранению и воспроизводству плодородия почв является Белгородская область. Она внесла весомый вклад в укрепление продовольственной и экологической безопасности нашей страны, развитие и продвижение идей ноосферных преобразований в науке и жизни.

Как сказал руководивший Белгородской областью многие годы Е.С. Савченко: «Мы придаем основополагающее значение вопросам поддержания экологической устойчивости территории и направляем наши усилия на сохранность и восстановление природных ресурсов, стремясь вписать динамичное развитие экономики области в систему координат естественнонаучных законов развития природы и общества. Одно за другим принимаются важнейшие решения, задавшие новый вектор развития региона и решающие многие задачи по рациональному природопользованию. И заданный тренд в дальнейшем продвижении к цели – реализации планов по формированию пространства, соответствующего понятию «Белгородская область – рукотворный парк». И достижимость этой цели зависит, прежде всего, от наших усилий и желания приблизиться к ней» [2].

Стремление человека к максимальному увеличению площадей продуктивных агроэкосистем в агроландшафтах ЦЧР с целью выращивания наиболее экономически выгодных культур осуществлялось за счет сокращения протективных площадей экологического каркаса агроландшафтов, сведения лесов, распашки сенокосов и пастбищ, склонов балок, пойм рек, земель водоохранных зон и других защитных экосистем агроландшафта, определяющих его устойчивость.

Разбалансированность агроландшафтов, структуры посевных площадей и севооборотов, сокращения протективных площадей экологического каркаса ослабили агроландшафты, привели к развитию негативных процессов и снижению плодородия почв.

В.В. Докучаев уделил много внимания черноземам, агроландшафтам и сельскому хозяйству ЦЧР. В своей книге "Наши степи прежде и теперь" он показал природные закономерности почвообразования, влияние сельскохозяйственной деятельности на почвообразование, заложил основы системного подхода не только к изучению почв, но и к управлению сельскохозяйственными землями, агроландшафтами, плодородием почв и рациональному природопользованию в степи [3].

В.В. Докучаев заложил основы системного подхода к управлению сельскохозяйственными землями, агроландшафтами и плодородием почв.

Установив причину падения плодородия черноземов, которая лежит в неправильном их использовании в земледелии, утрате черноземами благоприятных агрофизических свойств, разрушении их сложения и структуры, нарушении водно-воздушного режима, В.В. Докучаев обосновал стройную систему мер по восстановлению плодородия черноземов и благоприятного водного режима степей России.

Системный подход в исследованиях и управлении сельскохозяйственными землями открывает огромные перспективы. Исследователь – писал В.В. Докучаев в своей работе "Наши степи прежде и теперь" – должен видеть "всю цельную и нераздельную природу, а не отдельные ее части, между которыми существует теснейшая связь" [3].

Комплекс мероприятий В.В. Докучаева в качестве основных инструментов управления агроландшафтами и плодородием почв предлагает следующие: 1) управление влагой (сохранение вод в пределах ландшафта и влаги в почве), 2) управление структурой агроландшафта (оптимизация соотношения пашни, луга, леса и вод), 3) противоэрозионные и почвозащитные рычаги управления (закрепление берегов рек, склонов оврагов и балок лесными посадками, устройство полезащитных лесонасаждений), 4) управление биологической адаптацией культурных растений.

Свои рекомендации он воплотил в жизнь, создав сохранившийся до наших дней образцовый эталон степных агроландшафтов на черноземах "Каменной степи" под Воронежем.

В.Р. Вильямс, опираясь на идею В.В. Докучаева о необходимости управления всей системой агроландшафта, всеми его взаимосвязанными и взаимозависимыми элементами, всю свою жизнь совершенствовал эту систему управления. Он оттачивал до мельчайших деталей каждое звено этой неразрывной цепи управления агроландшафтами (система севооборотов, система обработки почвы, поддержание ее структуры, система удобрения, мелиорация и др.), создавал и совершенствовал новые звенья (луговодство, кормопроизводство, животноводство) в единой системе управления агроландшафтами. Наконец, целеустремленно и последовательно он способствовал освоению новой системы управления агроландшафтами в практике сельского хозяйства нашей страны [4, 5].

Современные исследования подтвердили, что управление плодородием почв возможно путем создания благоприятных условий для функционирования агроландшафтов, почвообразования и развития почвенной биоты, обеспечения активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов [6-9].

Многолетние травяные экосистемы выполняют важнейшие продукционные, средообразующие и природоохранные функции в агроландшафтах и оказывают значительное влияние на экологическое состояние территории, сохранение и воспроизводство плодородия почв ЦЧР, способствуют сохранению и

накоплению органического вещества в Биосфере. Благодаря многолетним травам, кормопроизводство как никакая другая отрасль сельского хозяйства основано на использовании природных сил, воспроизводимых ресурсов (энергии солнца, агроландшафтов, земель, плодородия почв, фотосинтеза трав, создания клубеньковыми бактериями биологического азота из воздуха). Это повышает адаптивность сельского хозяйства.

Основным правилом сбалансированного взаимодействия Человека и Природы является сохранение природных экосистем, ценных сельскохозяйственных земель и плодородия почв, что возможно только при создании благоприятных условий для функционирования агроландшафтов, обеспечения сбалансированности продуктивных и протективных агроэкосистем, активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов, благоприятных условий для почвообразования и развития почвенной биоты.

Нами разработано агроландшафтно-экологическое районирование ЦЧР на основе Почвенно-экологического районирования Российской Федерации факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова [10, 11].

Материалами для настоящего исследования, выполненного с использованием сравнительно-географического, ландшафтного, агроландшафтно-экологического, информационного и других методов, послужили многочисленные картографические, статистические данные, а также доступные литературные и фондовые источники.

На основе агроландшафтно-экологического районирования ЦЧР развитие земледелия и растениеводства обретает зональную, региональную, ландшафтную и экологическую адаптацию и специализацию, что позволяет с наибольшей эффективностью использовать местные природные ландшафтные ресурсы, а также свести к минимуму негативные последствия применения техногенных факторов интенсификации, т.е. обеспечить биологизацию и экологизацию сельского хозяйства.

Адаптация является гарантией обеспечения компромисса экономики и экологии, экономической и экологической надежности высокого уровня окупаемости антропогенных и техногенных затрат.

Как верно сказал Бернард Шоу: «Теперь, когда мы научились летать по воздуху, как птицы, плавать под водой, как рыбы, нам не хватает только одного: научиться жить на земле, как люди». [12]. Иначе говоря, оправдывать свое видовое название *Homo sapiens* – человек разумный.

Библиографический список

1. Крупко А.Э., Михно В.Б. Факторы, проблемы и основные направления устойчивого развития Центрально-Черноземного района // Вестник ВГУ. – Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 1. –С. 55-73.
2. Савченко Е.С. Адаптивно-ландшафтная система земледелия как основа социально-экономического благополучия региона / Современные проблемы адаптации (Жученковские чтения IV). сб. науч трудов Междунар. научно-практ. конф. 24-26 сентября 2018 г. – Белгород: НИУ «БелГУ», 2018. – С. 10-19.
3. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.

4. Вильямс В.Р. Основы земледелия. – М.: ОГИЗ Сельхозгиз, 1948. – 224 с.
5. История науки. Василий Робертович Вильямс / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. – М.: Угрешская типография, 2011. – 76 с.
6. Добровольский Г.В. Докучаев и современное естествознание // Почвоведение. – 1996. – № 2. – С.117-123.
7. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В 2-х томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009-2011. – Т. I. – 816 с., Т. II. – 624 с.
8. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
9. Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Оптимизация степных сельскохозяйственных ландшафтов и агроэкосистем // Поволжский экологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 46-52.
10. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С. – М.: Талка+, 2013. – 16 л.
11. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. – 198 с.
12. Джордж Бернард Шоу. Цитаты. – URL: https://ru.citaty.net/tsitaty/475229-dzhordzh-bernard-shou-teper-kogda-my-nauchilis-letat-po-vozdukhu-kak/?ysclid=lk98g8hbhg107397575 (дата обращения 19.07.2023).

УДК 631/635; 502/504; 911

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЮГА РОССИИ

Трофимова Л.С.
ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса»,
г. Лобня
E-mail: *viktrofi@mail.ru*

***Резюме**. Разработано агроландшафтно-экологическое районирование юга России с использованием разных источников информации. Экологическое состояние агроландшафтов юга России оценивается как кризисное. В распашку вовлекаются эрозионноопасные склоновые земли, что ведет к развитию процессов эрозии.*
***Ключевые слова:** земельные угодья, пашня, пастбища, сенокосы.*
***Summary.** Agro-landscape and ecological zoning of the South of Russia has been developed using various sources of information. The ecological state of the agricultural landscapes of the South of Russia is assessed as a crisis. Erosively dangerous slope lands are involved in plowing, which leads to the development of erosion processes.*
***Key words:** land, arable land, pastures, hayfields.*

Значение земельных ресурсов для сельского хозяйства, обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны чрезвычайно велико. Особую ценность степных агроландшафтов России составляют их почвы. Лучшие почвы мира – черноземы – образовались под многолетней степной растительностью. По запасам питательных веществ черноземы не имеют себе равных в мире. Под степями Центрального Черноземья толщина гумусового слоя достигает 1 м и более.

Сельское хозяйство в настоящее время ориентировано не на рациональное

природопользование и сохранение плодородия почв, а на близкие выгоды. Истощительная эксплуатация пашни и агроландшафтов ведет к деградации почв, снижению их плодородия.

Модернизация земледелия России должна ориентироваться на создание экологически устойчивых, сбалансированных агроландшафтов.

С целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия сельскохозяйственных земель России, адаптивной интенсификации сельского хозяйства, точной адресной экстраполяции технологий создания и использования пашни, пастбищ и сенокосов, рационального природопользования, оптимизации и охраны агроландшафтов в ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса выполнено агроландшафтно-экологическое районирование по природно-экономическим районам Российской Федерации (Центрального Черноземья, Северного Кавказа, Поволжья и др.).

Агроландшафтно-экологическое районирование разработано на основе Почвенно-экологического районирования Российской Федерации факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. Использованы также многие другие источники информации [1-8].

В результате установлено пространственное распределение биологических и экологических закономерностей изучаемых территорий для создания и рационального использования адаптивных к местным условиям регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированных сортов сельскохозяйственных растений, природоподобных технологий и систем ведения сельского хозяйства.

В результате, агроландшафтно-экологического районирования, анализа и оценки состояния изучаемых территорий выявлено следующее:

- кризисное состояние агроландшафтов, деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации, опустынивания и др.;
- неустойчивость сельскохозяйственного производства, колебания урожайности экосистем;
- разбалансированность продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов.

В результате агроландшафтно-экологического анализа выявлены приоритеты земледелия в управлении агроландшафтами.

Из всех видов сельскохозяйственных угодий на изучаемой территории наибольшую эрозионную опасность представляет пашня. На пашне полностью уничтожен защищающий почву от водной и ветровой эрозии естественный растительный покров, разрыхлена почва, изменены ее структура, водно-физические свойства. Из общей площади пашни несмотря на то, что под нее везде отведены лучшие земли, 35-40 % являются эрозионно-опасными и 20-25 % дефляционно-опасными. Из них около 20 % площади пашни уже эродировано, дефлировано, подвержено совместному воздействию водной и ветровой эрозии.

Установлено, что необходимо увеличение доли средостабилизирующих компонентов агроландшафтов (пастбищ, сенокосов, лесов) до 15-20 %. Целесообразно не распахивать эрозионно-опасные склоны, а использовать их как природные кормовые угодья, протективные степные травяные экосистемы агроландшафта.

За последние 20-25 лет в структуре посевных площадей резко (в 3-5 раз, или до 20-23 %) увеличились площади, занятые подсолнечником. Это в 2-3 раза превышает фитосанитарную норму биологического земледелия и приводит к резкому ухудшению фитосанитарной обстановки.

Доля многолетних бобовых и злаковых трав сократилась в 7-8 раз, с 17-19 до 2-2,5 %. Это в 10-12 раз ниже нормы биологического земледелия, и в таких условиях темпы снижения содержания гумуса и разрушения комковатой и зернистой структуры черноземов на пахотных землях многократно возрастают.

Значительную долю (до 18-20 % от площади пашни) занимают чистые пары. На них полностью уничтожена растительность, и открытая поверхность почвы полностью предоставлена воздействию солнца, воды и ветра. На них также полностью прекращено почвообразование, накопление гумуса и активно развиваются процессы эрозии, дефляции и дегумификации.

Во многих регионах юга России благоприятные для почвообразования условия создаются всего на 2-3 % посевных площадей, на 97-98 % создаются условия для минерализации гумуса и происходит систематическое существенное снижение плодородия почв.

Полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1,5-2,5 т/га), средние – под зерновыми и однолетними травами (0,4-1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами сокращения запасов гумуса не происходит или отмечается его увеличение на 0,3-0,6 т/га.

Установлено, что для рационального природопользования в сельском хозяйстве необходимо увеличение доли средостабилизирующих компонентов агроландшафтов (пастбищ, сенокосов, лесов) до 15-20 %. Целесообразно не распахивать эрозионно-опасные склоны, а использовать их как природные кормовые угодья, протективные степные травяные экосистемы агроландшафта.

В результате несбалансированной структуры агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов общая потеря гумуса почв многократно превышает его накопление. Угнетение почвообразования на значительных площадях неизбежно ведет к снижению плодородия почв и продуктивности агроэкосистем, ухудшению фитосанитарной обстановки. Соответственно возрастают затраты на производство сельскохозяйственной продукции.

Установлено, что важнейшим фактором в управлении сельскохозяйственными землями и агроландшафтами, влияющим на плодородие пахотных земель, являются видовой состав культур, их соотношение в структуре посевных площадей и уровень продуктивности. В основных черноземных районах

России для сохранения плодородия почв, прежде всего, необходимо совершенствовать видовой состав культур и структуру использования пашни, в первую очередь за счет сокращения площадей чистых паров и пропашных культур, увеличения доли многолетних трав.

В научно обоснованных системах земледелия кормовые культуры, в первую очередь многолетние травы, являются основным источником углерода и азота для пополнения запасов гумуса, а также основным фактором защиты почв от эрозии. В рациональной структуре посевных площадей должно быть максимальное количество многолетних трав и бобовых культур (не менее 20-25 %) и минимальное – чистых паров и пропашных культур. Площади последних должны определяться наличием ресурсов для воспроизводства гумуса и вынесенных из почвы питательных веществ.

Дополнительно потери гумуса можно снизить, используя для его воспроизводства любую органику: растительные остатки сельскохозяйственных культур, солому, органические удобрения, сидеральные культуры.

В сельском хозяйстве человек как нигде тесно взаимодействует и сотрудничает с Природой. Засухи, заморозки, наводнения и другие негативные природные процессы могут привести к значительным колебаниям продуктивности сельскохозяйственных культур и полной потере урожая.

Вклад природных факторов в формирование продуктивности агроэкосистем составляет до 60-95 %. Поэтому сельское хозяйство должно быть основано на органичном взаимодействии, гармонии с природой, на знании и использовании законов Природы в практической деятельности.

Библиографический список

1. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С. / М.: Талка+, 2013. – 16 л.
2. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А. Н. Каштанова. – М.: Колос, 1983. 336 с.
3. Крупко А.Э., Михно В.Б. Факторы, проблемы и основные направления устойчивого развития Центрально-Черноземного района // Вестник ВГУ. – Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 1. – С. 55-73.
4. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В 2-х томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009−2011. – Т. I. – 816 с., Т. II. – 624 с.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
6. Савченко Е.С. Адаптивно-ландшафтная система земледелия как основа социально-экономического благополучия региона / Современные проблемы адаптации (Жученковские чтения IV): сб. науч трудов Междунар. научно-практ. конф. (24-26 сентября 2018 г.). – Белгород: НИУ «БелГУ», 2018. – С. 10-19.
7. Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Оптимизация степных сельскохозяйственных ландшафтов и агроэкосистем // Поволжский экологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 46-52.
8. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафты Центрального Черноземья // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 3. – С. 336–345.

УДК 631.8:633.11:633.16

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОГУМУСА «ГРАНД-ФЛОРА ВИКТОРИЯ» В КРЫМУ

Турин Е.Н.
ФГБУН «НИИСХ Крыма», г. Симферополь
E-mail: *turin_e@niishk.site*

***Резюме**. В статье приводятся результаты изучения применения биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на ячмене озимом и пшенице озимой. В условиях Степного Крыма в среднем за 2021-2023 гг. годы исследований применение жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория», для предпосевной обработки семян и двух вегетационных обработок, способствовала повышению урожайности озимой пшеницы сорта Безостая 100 по предшественнику чистый пар на 0,46 т/га и озимого ячменя сорта Мастер, способствовало повышению урожайности озимого ячменя на 0,55 т/га.*

***Summary**. The article presents the results of the study of the use of biohumus "Grand Flora Victoria" on winter barley and winter wheat. In the conditions of the Steppe Crimea, on average for 2021-2023, the years of research, the use of a liquid form of biohumus "Grand Flora Victoria", for pre-sowing seed treatment and two vegetation treatments, contributed to an increase in the yield of winter wheat of the Bezostaya 100 variety according to its predecessor, pure steam by 0.46 t/ha and winter barley of the Master variety, contributed to an increase in winter barley yields by 0.55 t/ha.*

Сельское хозяйство является одной из главных отраслей народного хозяйства Российской Федерации [1-6]. «Гранд-Флора Виктория» – это коричневая жидкость с высоким содержанием гуминовых кислот. Он обладает высокими бактерицидными и фунгицидными свойствами, совершенно безопасен и безвреден как для человека, так и для животных, насекомых, растений. Содержит в растворенном и физиологически активном состоянии все компоненты биогумуса: гуматы, фульвокислоты, аминокислоты, витамины, природные фитогормоны, микро и микроэлементы, споры почвенных микроорганизмов, совместим со всеми ядохимикатами, кроме гербицидов. Все эти вещества усваиваются растением и действуют на клеточном уровне, укрепляя иммунную систему растения. Крепкая иммунная система позволяет бороться с возбудителями заболеваний, быстрее восстанавливаться после болезни. Растение растет крепким и дает хорошие урожаи. Вещества, растворенные в биогумусе «Гранд-Флора Виктория» усваивается растениями через листовую пластину, что приводит к стимуляции и активизации физиологических и биохимических процессов. Происходит захват солнечной энергии, накопление ее и передача клетке. Ускоряется синтез необходимых растению ферментов. Витаминов, сахара и хлорофилла. Достаточное обеспечение физиологических потребностей растений способствует интенсивному росту их плодов [7-10].

Цель исследований: изучить влияние жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» при выращивании озимого ячменя и озимой пшеницы на продуктивность и качества урожая.

Методика исследований. Исследования по оценке эффективности жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория», при выращивании озимого ячменя и озимой пшеницы, проводились на опытном поле отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма»,

который расположен в с. Клепинино, Красногвардейского района, Республики Крым в 2021-2023 годах (3 года). Почва – чернозем южный малогумусный. Мощность гумусового горизонта составляет 24-36 см, всей гумусовой толщи 57-70 см. Структура крупнокомковатая, сложение плотное. Вскипание от HCl наблюдается с глубины 32-49 см. На пашне содержание гумуса не превышает 2,4-2,6 %. Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте слабощелочная (pH 7,7-7,9). Гранулометрический состав южного чернозема легкоглинистый, крупно-пылеватоиловый. Коэффициент дисперсности составляет 7-11 [11].

Метеоданные. От посева до уборки озимых пшеницы и ячменя среднемесячная температура воздуха выше среднемноголетнего показателя от 0,9 до 2,9°С и только в мае температура на одном уровне. В октябре-декабре осадки выше среднемесячных показателей от 1,9 до 14,8 мм, затем в январе и марте осадки значительно ниже нормы (на 20,5 и 18 мм), в феврале разница всего 8,4 мм. Апрельские осадки достигли 78,7 мм или в 2,8 раза больше среднемноголетнего показателя. В мае количество осадков чуть ниже нормы, а в июне практически на одном уровне.

В опытах изучали сорт озимой пшеницы Безостая 100 (опыт 1) и озимого ячменя Мастер (опыт 2). За контроль принимали вариант без применения биогумуса «Гранд-Флора Виктория». На изучаемом варианте семена обрабатывали биогумусом «Гранд-Флора Виктория», первая вегетационная обработка проводилась рано весной в фазу кущения озимых изучаемых культур и вторая перед выходом в трубку.

Опыт заложен согласно методики исследований Доспехова Б.А. [12]. Математическую обработку проводили дисперсионным анализом.

Результаты исследований. Перед закладкой опыта с помощью термостатно-весового метода были определены запасы продуктивной влаги в почве, которые составили в слоях 0-10; 10-20 и 0-100 – 0,30; 6,20 и 20,1 мм соответственно. Данный параметр также был учтен в возобновление весенней вегетации озимой пшеницы и составил по этим же слоям 10,4; 24,7 и 114 мм соответственно. По градации А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной при посеве, запасы продуктивной влаги в слое 0-20 и 0-100 см неудовлетворительные. В возобновление весенней вегетации в этих же слоях они удовлетворительные (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы продуктивной влаги на опытном поле на делянках озимой пшеницы и озимого ячменя, 2022/2023 гг.

Время отбора	Слой почвы, см		
	0-10	0-20	0-100
При посеве (20.10.22)	0,30	6,20	20,1
Возобновление весенней вегетации (28.02.23)	10,4	24,7	114
При уборке (06.07.23)	6,3	18,7	41,2

Опыт 1. Оценка эффективности применения жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на озимой пшенице сорта Безостая 100 при обработке семян и ранневесенней подкормке.

Урожайность озимой пшеницы, в среднем за 2021-2023 гг., на контроле составила 5,17 т/га, при применении жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» 5,63 т/га, что достоверно больше на изучаемом варианте на 0,46 т/га (8,90 %) (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние применения жидкой формы биогумуса «Гранд-флора Виктория» на озимой пшенице на урожайность, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты опыта	Урожайность при стандартной влажности (14 %), т/га
1. Контроль	5,17
2. «Гранд-флора Виктория»	5,63
$НСР_{05}$	0,22

Влияние предпосевной обработки семян и вегетационных обработок жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на качество зерна озимой пшеницы представлено в таблице 3. В результате проведенного анализа было установлено, что содержание клейковины при применении жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» достоверно выше на 1,80 %, а содержание протеина – на 1,10 %. Натурная масса зерна на варианте с удобрением «Гранд-Флора Виктория» выше на 8 г/л выше. Масса 1000 зерен выше с изучаемым удобрением на 1,20 грамм, в сравнении с контролем. Снижение содержания крахмала в зерне озимой пшеницы на контроле недостоверно.

Таблица 3 – Влияние применения жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на озимой пшенице сорта Безостая 100 на качество зерна, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты опыта	Клейковина, %	Натурная масса зерна, г/л	Протеин, %	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Крахмал, %
1. Контроль	27,1	748	14,2	40,6	52,1	65,1
2. «Гранд-Флора Виктория»	28,9	756	15,3	41,8	52,3	65,3
$НСР_{05}$	1,36	20,1	0,54	1,64	2,01	3,44

Таким образом, в среднем за 2021-2023 гг., применение изучаемого варианта (жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория») способствовало достоверному повышению урожайности озимой пшеницы сорта Безостая 100 на 0,46 т/га, а также увеличению качества продукции: клейковины на 1,8 %, протеина на 1,1 %.

Опыт 2. Оценка эффективности применения жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на озимом ячмене сорта Мастер при обработке семян и ранневесенних подкормках.

В среднем за три года урожайность озимого ячменя сорта Мастер на контроле составила 6,24 т/га, а при обработке жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» 6,79 т/га, что на 0,55 т/га больше при применение изучаемого варианта или на 8,81 %. Масса 1000 зерен при применении «Гранд-Флора Виктории» на 1,95 г выше или 2,20 %, чем на контроле. Содержание протеина

увеличилась незначительно на 1,2 % при применении биогумуса. Натурная масса на 14 г/л (2,05 %) получена выше на изучаемом варианте в сравнении с контрольным вариантом (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние применения жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на озимом ячмене сорта Мастер на урожайность и качество зерна, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты опыта	Урожайность при стандартной влажности (14%), т/га	Масса 1000 зерен, г	Протеин, %	Натурная масса, г/л
1. Контроль	6,24	44,0	14,1	682
2. «Гранд-флора Виктория»	6,79	46,2	15,3	696
$НСР_{05}$	0,29	1,95	0,54	30,2

Таким образом, применение изучаемого варианта, в течении трех лет, способствовало повышению урожайности в среднем за три года на озимом ячмене сорта Мастер на 0,55 т/га, а также некоторому увеличению основных параметров качества продукции: протеина на 1,2 %; масса 1000 зерен на 2,20 г и натурная масса на 14 г/л.

Выводы. 1. В условиях Степного Крыма в среднем за 2021-2023 гг. годы исследований применение жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория», для предпосевной обработки семян и двух вегетационных обработок, способствовала повышению урожайности озимой пшеницы сорта Безостая 100 по предшественнику чистый пар на 0,46 т/га (8,90 %).

2. Использование жидкой формы биогумуса «Гранд-флора Виктория» на озимой пшенице сорта Безостая 100 способствовало повышению содержания в зерне клейковины на 1,8 %, а протеина на 1,10 %.

3. В условиях Степного Крыма в среднем за 2021-2023 гг. годы исследований применение жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория», для предпосевной обработки семян и двух вегетационных обработок озимого ячменя сорта Мастер, способствовало повышению урожайность озимого ячменя на 0,55 т/га (8,81 %).

4. Содержание протеина в зерне озимого ячменя сорта Мастер увеличилось при применении жидкой формы биогумуса «Гранд-Флора Виктория» на 1,2 %; натурная масса увеличилась на 14 г/л.

Библиографический список

1. Прахова Т.Я., Турина Е.Л. Влияние климатических условий на масличность и качество маслосемян рыжика озимого // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 48-53.
2. Турина Е.Л., Корнев А.Ю. Урожайность сортов и синтез биотоплива из *Carthamus tinctorius* в Крыму // Системы контроля окружающей среды – 2022: тезисы докл. Международ. научно-практ. конф., посвященной 300-летию РАН, проводящаяся в рамках научно-технического сотрудничества Россия-АСЕАН (Севастополь, 08-11 ноября 2022 г.). – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2022. – С. 148.
3. Турина Е.Л. От фундаментальных и прикладных исследований к использованию в производстве // Парадигма устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях современных реалий: матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной 70-летию создания ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (Красноярск, 24-26 мая 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. – С. 332-334.

4. Прахова Т.Я., Турина Е.Л. Биохимические характеристики маслосемян рыжика озимого в зависимости от региона возделывания // Химия растительного сырья. – 2022. – № 3. – С. 159-166.
5. Турина Е.Л. Изучение влияния норм азотных удобрений в качестве подкормки на продуктивность и масличность семян рыжика озимого в Крыму // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства. Ресурсосберегающие технологии, технические средства и цифровая платформа АПК: сб. матер. междунар. научно-практ. конф. (Екатеринбург, 18-19 февраля 2020 г.). – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 94-96.
6. Турина Е.Л. Интродукция нетрадиционных масличных культур в Крымское полеводство // Системы контроля окружающей среды – 2018: тезисы докл. Междунар. научно-технической конф. (Севастополь, 05-09 ноября 2018 г.). – Севастополь: Колорит, 2018. – С. 124-124.
7. Турин Е.Н. Результаты оценки эффективности жидкой формы биогумуса «Грандфлора Виктория» на озимом ячмене и озимой пшенице в Степном Крыму // Научно-практические аспекты развития АПК: матер. национальной научной конф. (Красноярск, 18 ноября 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. – С. 30-34.
8. Турин Е.Н. Результаты изучения эффективности жидкой формы биогумуса «Грандфлора Виктория» на озимой пшенице и яровом ячмене в Степном Крыму // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сб. матер. 12-й Междунар. конф. молодых учёных и специалистов (Краснодар, 01–03 марта 2023 г.). – Краснодар: ФНЦ "Всероссийский НИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта", 2023. – С. 314-317.
9. Турин Е.Н. Результаты изучения применения гумата на озимых зерновых культурах в Республике Крым // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. матер. III Междунар. научно-практ. конф., (Саратов 23-24 марта 2023 г.). – Саратов: ООО "Амирит", 2023. – С. 424-429.
10. Турин Е.Н. Результаты исследований по оценке эффективности жидких хелатных микроудобрений на кориандре посевном в Крыму в 2021 году // Проблемы современной аграрной науки: матер. междунар. научной конф. (Красноярск, 15 октября 2022 г.). – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. – С. 48-52.
11. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 р.

УДК 633.63:632.954

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ

Хлюпина С.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *sveta46agro@yandex.ru*

Резюме. *Проведена сравнительная оценка методов определения токсичности почвы на опытах ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенных в Курской области. Установлено, что на образцах почвы вариантов 2-4, где по предшественникам в 2021 году проводились самые «агрессивные» по своей химической природе обработки культур гербицидами, тест-растения подвергались угнетению роста и развития на всём периоде вегетации. В этих же почвенных образцах происходило снижение биологической активности целлюлозразрушающих микроорганизмов до 1,4 раза в сравнении с вариантом без их применения.*
Ключевые слова: *последействие гербицидов, токсичность почвы, тест-растения, целлюлозоразрушающая активность почвы.*
Summary. *A comparative assessment of methods for determining soil toxicity was carried out on the experiments of the Federal Agricultural Kursk Research Center located in the Kursk region. It was established that on soil samples of variants 2-4, where, according to their predecessors, the most "aggressive" in their chemical nature of crop treatment with herbicides were carried out in 2021, test plants were subjected to inhibition of growth and development throughout the growing season. In the same soil samples, the biological activity of cellulose-destroying microorganisms*

was reduced to 1.4 times in comparison with the option without their use.
Key words: *herbicide aftereffects, soil toxicity, test plants, soil cellulosic destructive activity*

Гербициды, являясь биологически активными веществами, имеют различные периоды распада и некоторые из них обладают продолжительным последействием, а у ряда препаратов оно отмечается явно выраженное [1, 2]. Практические опыты подтверждают, что остатки таких гербицидов способны сохраняться в почве достаточно долгий период и затем влиять на последующие культуры в севообороте, ограничивая возможность возделывания чувствительных культур.

Проводить определение токсичности почвы на предмет остаточного содержания гербицидов возможно тремя методами: физико-химический анализ, оценка биологической активности почвы и метод биотестирования, в основе которого лежит прием, позволяющий в лабораторных условиях выявить содержание гербицидов по реакции живых организмов-биотестов. Остановимся на последнем более подробно.

Для биотестирования отработано немало методов на различных культурах. Наиболее чувствительные виды среди злаковых культур ячмень и овес, которые используют в качестве индикаторов противозлаковых гербицидов. Для тестирования гербицидов против двудольных сорняков применяют гречиху, редис и ряд других культур [3, 4].

Нами были проведены лабораторные исследования по оценке последействия применяемых гербицидов в севооборотах методом биологической индикации, как самым доступным, наглядным и информативным. Параллельно с этим проведена оценка разложения гербицидов в почве в зависимости от уровня её биологической активности.

Так как по предшественникам в 2021 году применяли гербициды, как против двудольных, так и против злаковых сорняков, в качестве биоиндикаторов нами взяты горчица белая и ячмень яровой, как самые универсальные и наглядные. Варианты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты опыта по оценке последействия гербицидов в севооборотах

Варианты опыта	Образцы почвы под культуру, 2022 г.	Предшественник, 2021 г.	Гербицид по предшественнику	Действующее вещество
1	Черный пар	–	–	–
2	Кукуруза на силос	Сахарная свекла	Бетанал 22	Десмедифам+фенмедифан
			Карибу	Трифлусульфурон-метил
3	Сахарная свекла	Озимая пшеница	Камаро	2,4-Д –сложный 2-этилгексиловый эфир+флорасулам
			Аксиал	Пиноксаден+андитотклаквинтосет
4	Сахарная свекла	Озимая пшеница	Камаро	2,4-Д –сложный 2-этилгексиловый эфир+флорасулам
			Аксиал	Пиноксаден+андитотклаквинтосет
5	Ячмень	Гречиха	Центурион	Клетодим

Образцы почвы отобраны весной в период сева культур на опытах ФГБНУ

«Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район, с. Панино) с обработанных гербицидами делянок. Почва 1 варианта – образец из блока бессменных посевов культур Многофакторного полевого опыта, где в течение без малого четырех десятков лет не проводились обработки средствами защиты растений. Образцы вариантов 2 и 3 – с делянок опыта «Разработать оптимальные сочетания биологических и антропогенных факторов». Почва вариантов 4 и 5 отобрана в зернопаропропашном севообороте Научно-производственного опыта.

По своей химической природе и спектру действия применяемые препараты в севооборотах культур неоднозначны. В варианте 2 по предшественнику (сахарной свекле) применяли гербициды Бетанал против однолетних двудольных и некоторых однолетних злаковых сорняков, а также Карибу против однолетних и многолетних двудольных сорняков [5]. В вариантах 3 и 4 на озимой пшенице проведены обработки Камаро против однолетних, в т.ч. устойчивых к 2,4-Д, и некоторых многолетних двудольных сорняков, и Аксиалом против однолетних злаков. На варианте 5 по гречихе применен гербицид Центурион против однолетних и многолетних злаковых сорняков.

В отобранную нами почву были высеяны по 100 семян горчицы и по 15 зерен ячменя, в 3-х кратной повторности. Всходы горчицы белой появились на 3 сутки в вариантах 1 и 5. Всхожесть на них до 14 % выше в сравнении с другими. На варианте 4 всходы более разрежены, но высота их максимальна на фоне других вариантов. Всходы варианта 3 истонченные, бледно-зеленые, на варианте 2 они самые сочные, ярко окрашенные.

На 5 сутки горчица взошла на всех вариантах. Лучшее развитие всходов отмечено на 1, 2 и 5 вариантах опыта. На варианте 5 они самые вытянутые и истонченные. На 7 сутки посевы растений горчицы относительно сравнялись. А вот по истечении 2 недель лучше развивались растения на вариантах 3 и 4. Процент выживаемости на варианте 4 выше остальных, растения развили и лучшую корневую систему. Горчица на вариантах 1 и 2 стала отставать в развитии, вариант 5 занимал промежуточное положение.

Всходы ячменя начали появляться на 4 сутки. Позже всех ячмень взошел на варианте 1, что связано с более плотной почвой, котораяна бессменных посевах на черном пару достигала 1,38 г/см^3.

Признаки отрицательного последействия препаратов наиболее наглядно проявлялись на проростках ячменя варианта 2. На вариантах 4 и 5 всхожесть семян максимальная 88 %. Вариант 3 занимал промежуточное значение.

Основным тестом на ячмене являлось ингибирование роста зародышевого корня и листа. Рост и развитие растений ячменя происходило неравномерно. Так, на 4 сутки отмечено лучшее развитие растений на 3 и 4 вариантах, на других – отмечено уменьшение размеров листовой пластины до 15 %. Динамика длины проростков ячменя на 4 сутки опыта была различна. На варианте 1 они стали появляться более интенсивно. На вариантах 2 и 3 их длина составила 3, на 4 и 5 вариантах – до 7мм. Эта тенденция сохранилась на протяжении первых 10 суток роста и развития растений.

Далее нами учитывалось утолщение стебля растений, деформация зародышевых листьев, увядание, торможение прироста листьев надземной массы проростков. Спустя 14 суток после появления всходов отмечено отставание опытных растений в росте, деформация листьев с признаками хлороза на вариантах 3 и 4. Корневая система этих растений уступала варианту 1 до 35 % роста. В меньшей степени угнетение роста и хлороз листовых пластинок отмечены у растений других вариантов. В них лишь у единичных растений отмечено некоторое изменение интенсивности окраски (осветление) растений.

На 3 неделе роста высота опытных растений ячменя ярового на вариантах 1-5 достигла, соответственно, 25, 23, 21, 19 и 20 см.

Превращение и разложение большинства гербицидов также тесно связано с биологической активностью почвы. Чем лучше условия для развития почвенных микроорганизмов, тем интенсивнее микробиологическаядетоксикация гербицидов.

Льняные полотна были заложены нами в естественную почву в период сева культур по приведенной выше схеме по тем же варианта опыта, приведенным выше.

Результаты по разложению целлюлозы льняного полотна в пахотном слое почвы в течение 30 дней после закладки полос с начала вегетации культуры значительно разнились по вариантам опыта. Так, наименьший процент разложения льняного полотна зафиксирован на вариантах 3 и 4, объясняется наличием периода времени, в течение которого не происходит детоксикация препаратов на основе 2,4-Д. Угнетающее действие гербицидов на активность микроорганизмов снимается полностью не раньше, чем через 10 месяцев в следующей ротации культуры севооборота.

На основе проведенного сравнительного анализа развития растений-индикаторов с интенсивностью разрушения целлюлозы, нами просматривается прямая связь полученных результатов между собой (табл. 2).

Так, на образцах почвы вариантов 2-4, где по предшественникам в 2021 году проводились самые «агрессивные» по своей химической природе обработки культур гербицидами, тест-растения подвергались угнетению роста и развития на всём периоде вегетации. В этих же почвенных образцах происходило снижение биологической активности целлюлозразрушающих микроорганизмов.

Проведенные исследования по целлюлозоразрушающей активности почвы позволяют судить о том, что гербициды оказывают существенное отрицательное воздействие на биологическую активность почвы, снижая её до 1,4 раза в сравнении с вариантом без их применения. Чем лучше условия для развития почвенных микроорганизмов, тем интенсивнее микробиологическая детоксикация гербицидов.

Таблица 2 – Сравнительный анализ развития тест-растений с целлюлозоразрушающей активностью почвы в вариантах опыта

Варианты	Развитие растений-индикаторов		Разложение полотна, %
	горчицы	ярового ячменя	
1	Первыми появились всходы, лучшее развитие корневой системы и максимальная толщина стебля.	Максимальная всхожесть семян на 5 сутки опыта среди всех вариантов, лучшее развитие корневой и надземной массы.	18,21
2	Сдерживание прорастания семян на 11 % к 1 варианту, всходы самые сочные, ярко окрашенные. После двух недель роста развитие растений горчицы стало резко замедляться, они стали увядать.	Признаки отрицательного последействия препаратов наиболее наглядно проявлялиснапроростках ячменя 2 варианта – на 5 сутки всхожесть 72 % и длина проростков не превышала 3 мм.	14,47
3	Всходы 3 варианта тонкие, истонченные, бледно-зеленые, на 5 сутки имели малоразвитую корневую систему.	Сдерживание прорастания семян на 6,2 % к 1 варианту всхожесть. Недостаточно развилась корневая система, наблюдалась деформация листьев с признакамихлороза.	13,66
4	Всходы разрежены, высота их максимальна. На 14 сутки высота растений достигла 25 мм.	На 5 сутки всхожесть семян и длина проростков были максимальны (88 % и 5 мм). К 14 суткам произошло угнетение корневой системы на 35 % к 1 варианту.	12,89
5	Первыми появились всходы. Развитие растений занимало промежуточное положение.	Развитие растений занимало промежуточное положение.	16,35

Таким образом, определение целлюлозразрушающей активности почвы и биотестирование могут совместно применяться при интегральной оценке совокупного последействия применяемых гербицидов и их влияния на уровень экологических последствий для окружающей среды при интенсификации производства зерновых культур, взаимодополняя друг друга.

Библиографический список

1. Хлюпина С.В. Оценка применения пестицидов в севооборотах Курской области // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. материалов XVII Междунар. научно-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (г. Курск, 27-29 апреля 2022 г.). – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2022. – С. 272-276.
2. Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В. Изучение чувствительности сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицидов Пивот, Фабиан, Лазурит и Пропонит // Вестник ДВО РАН. – 2019. –. № 3 – С.73-78.
3. Сайбель М.Н. Оценка токсичности почвы методами биоиндикации после применения гербицидов в посевах кукурузы // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. науч.-техн. конф. – Челябинск, 2015. – С. 152-158.
4. Моторин А.С., Малышкин Н.Г. Изучение экотоксичности остаточных количеств гербицидов в почве биологическими методами // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 11. – С.

99-102.
5. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды. – М., 2021. – 816 с.

УДК 631.465

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АССОЦИАТИВНЫХ ШТАММОВ

Чевердин[1] А.Ю., Чевердин[1] Ю.И., Сауткина[2] М.Ю.
[1]Воронежский ФАНЦ им.В.В. Докучаева, Каменная Степь
[2]ВНИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, г. Воронеж
E-mail: [1]*cheverdin@bk.ru*; [2]*sautmar@mail.ru*

Резюме. *Проведены исследования изменения ферментативной активности под влиянием диазотрофных препаратов. Почва - чернозем обыкновенный. Отмечено дискретное влияние ассоциативных штаммов на течение биохимических процессов в почве. Существенное влияние на активность ферментов оказали минеральные удобрения.*
Ключевые слова*: чернозем, диазотрофы, почвенные ферменты, минеральные удобрения.*
Summary. *Studies of changes in enzymatic activity under the influence of diazotrophic drugs have been conducted. The soil is ordinary chernozem. The discrete influence of associative strains on the course of biochemical processes in the soil is noted. Mineral fertilizers had a significant effect on the activity of enzymes.*
Keywords: *chernozem, diazotrophs, soil enzymes, mineral fertilizers.*

Почвенные ферменты относятся к основным показателям плодородия почв. Они участвуют в основных почвенных биохимических процессах, определяющих направленность почвообразовательного процесса. Ферментативная активность служит важным показателем почвенно-экологического мониторинга [1, 2].

Увеличение активности почвенных ферментов может служить доказательством изменения трансформации органического вещества [3]. Они выступают в роли биокатализаторов биохимических процессов в почве [4].

Использование микробных штаммов на основе диазотрофов изменяет биологическую активность почв. В связи с этим весьма актуально изучение изменения биохимических процессов в прикорневой зоне сельскохозяйственных растений.

Цель исследований – изучить активность ферментов в черноземе при использовании диазотрофных микробных препаратов.

Методика исследований. Полевые опыты проведены в Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Годы проведения работ – 2021-2022 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (сегрегационный) среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Культура – ячмень яровой. Опыт двухфакторный. Фактор первого порядка уровни удобренности, второго – микробные препараты. Два фона удобренности – без удобрений и предпосевное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$. Семена обрабатывали непосредственно перед посевом.

Результаты исследований. Черноземные почвы обладают высокой природной ферментативной активностью. В наших исследования можно отметить дискретное влияние изучаемых факторов на течение биохимических процессов. Отмечаются усиление (снижение) активности ферментов под влиянием

полной дозы минеральных удобрений и диазотрофных штаммов бактерий.

Уреаза связана с гидролизом мочевины образующийся в процессе аммонификации в результате деятельности соответствующей группы микроорганизмов. При благоприятных условиях мочевина активно разлагается и соответственно увеличивает активность уреазы. Минимальная уреазная активность по результатам наших исследований отмечена на естественном фоне минерального питания на варианте без инокуляции семян – 123,0 NH_3/100 г почвы. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличивало активность на 21,1 %.

Предпосевная инокуляция семян ячменя изменяла активность урезы. На естественном фоне минерального питания отмечено ее повышение. На фоне с внесением минеральных удобрений существенных изменений под влиянием диазотрофов не отмечено. Увеличение активности на безудобренном варианте составило от 2,0 до 25,2 %. Более существенная активизация отмечается при инокуляции семян штаммами 17-5 и 7 (Мизорин). Снижение активности уреазы отмечаемое при комплексном использовании минеральных удобрений и диазотрофов может быть обусловлено снижением численности бактерий аммонификаторов. Они непосредственно связаны с активностью данного фермента.

Таблица 1 – Ферментативная активность почвы, 2021-2022 гг.

Фон удобренности	Варианты опыта	Фосфатаза, мг фенолфталеина/100 г почвы	Уреаза, мг NH_3/100 г почвы	Инвертаза, мг глюкозы/100 г почвы	Каталаза, O_2 за 3 мин
Без удобрений	контроль	172,5	123,0	5000,0	17,4
	Штамм 17-5	156,3	157,0	4540,0	16,7
	Штамм 7 мизорин	172,5	164,0	4324,0	16,6
	Штамм 18-5	171,3	141,0	3976,3	17,0
	Штамм 2П-7	170,0	125,0	4255,0	16,8
среднее		**168,5**	**142,0**	**4419,1**	**16,9**
$N_{60}P_{60}K_{60}$	контроль – необработанные семена	160,0	149,0	4215,0	17,4
	Штамм 17-5	141,3	136,0	3469,0	17,4
	Штамм 7 мизорин	157,0	147,0	3916,0	16,8
	Штамм 18-5	141,3	169,0	3090,0	17,0
	Штамм 2П-7	142,5	147,0	3938,8	19,2
среднее		**148,4**	**149,6**	**3725,8**	**17,6**

Роль фосфатазы заключается в регулировании количества доступного фосфора в почве для растений. При высоком содержании фосфора в почве величина активности фосфатазы снижается.

Активность фосфатазы по всем вариантам опыта была на достаточно высоком уровне. Главным фактором, влияющим на ее активность, можно отметить роль минеральных удобрений. Предпосевное внесение полного минерального удобрения снижало активность фосфатазы в среднем на 13,5 %.

Диазотрофные препараты на естественном фоне минерального питания практически не влияли активность фосфатазы. Исключением служил штамм 17-5. При его использовании отмечена тенденция снижения активности примерно на 4,0 %.

Совместное применение ассоциативных штаммов с полным минеральным удобрением снижало активность фосфатазы. Эти процессы связаны с высокой обеспеченностью почвы на этих вариантах доступным фосфором.

Роль каталазы заключается в участии в окислительно-восстановительных реакциях. Разлагает перекись водорода до воды и кислорода. По результатам наших исследований не установлено существенных различий в изменении ее активности. На естественном фоне минерального питания (контроль необработанные семена) каталазная активность отмечена на уровне 17,4 выделения O_2 за 3 мин. Предпосевная инокуляция семян незначительно ингибировала активность – на 2,3-4,8 %. По уровню активности каталазы вариант с внесением минерального удобрения был равноценен естественному фону минерального питания. При совместном применение диазотрофных штаммов с минеральным удобрением в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ только штамм 2П-7 увеличивал величину каталазы на 10,3 %. По остальным вариантам различия не значительны.

Более высокая фоновая активность инвертазы характерна для неудобренного фона. В среднем она составила 4419,1 мг глюкозы/100 г почвы. На фоне минерального питания заметно ниже – 3725,8. Диазотрофные биопрепараты приводили к снижению инвертазной активности. На естественном фоне минерального питания ингибирование было на уровне 10,1-25,8 %. На удобренном фоне – до 36,4 %. Самое высокое значение активности характерно для варианта с необработанными семена на безудобренном фоне – 5000 мг глюкозы/100 г почвы. На фоне полного минерального удобрения инвертазная активность снижалась до 4215,0. Можно предположить, что частичная инактивация и снижение активности фермента связано изменением структуры белковой молекулы фермента [5].

Выводы. Проведенные исследования позволили выявить изменение течения биохимических процессов в черноземе. Диазотрофные штаммы оказали дискретное влияние на активность почвенных ферментов. Отмечается положительное влияние на уреазную активность. Снижение содержания фосфотазы и уреазы. Активность каталазы оставалась на уровне контроля.

Минеральные удобрения стимулировали активность урезы. Фосфотазная и инвератазная активность при этом снижалась

Библиографический список

1. Швакова Э.В. Использование показателей ферментативной активности почв в почвенно-экологическом мониторинге // Потенциал современной науки. – 2015. – №4 (12). – С.62-66.
2. Медведева М.В., Кудинова Ю.С. Изменение биологической активности почв в процессе естественного лесовосстановления соснового древостоя // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – № 1 (33). – С. 17– 25. – DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.17
3. Blonska E. Soil enzyme activity as indicator of changes in forest soil // Polish journal of soil science. – 2011. – Vol. XLIV/I. – P.75-80.
4. Лабутова Н.М., Банкина Т.А. Основы почвенной энзимологии. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2013. – 104 с.

5. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан, 1974. – 275 с.

УДК 631.41:631.445.1:630*116.24

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧЗ

Чевердин Ю.И.[1*], Беспалов В. А.[1], Титова Т.В.[1]
[1]Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева, 397463 Воронежская область, Таловский район, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, квар. 5, д. 81, Россия
*E-mail: *cheverdin62@mail.ru*

Резюме. *В рамках программы по тематике государственного задания на 2021-2024 гг. проведено изучение изменений солевых характеристик почв в агролесоландшафтах Центрального Черноземья (поселок Хорольский, территория бывшего колхоза «Дружба»). Проведен сравнительный анализ формирования солевого профиля полезащитной лесной полосы и смежно расположенной с ней пашни. Лесная полоса шириной 50 м посажена в 1960 г. и представляет собой лесное насаждение из ясеня и клена. Оценку проводили по составу водной вытяжки и активности иона натрия. Характер формирования солевого профиля различался и зависел от характера использования чернозема - под лесной полосой или пашней. Отмечено увеличение концентрации солей в нижних горизонтах почвы. Более высокая концентрация ионов натрия нарастала для черноземов под древесной растительностью. На паше засоленность заметно ниже.*

Summary. *Within the framework of the program on the subject of the state task for 2021-2024, the study of changes in the salt characteristics of soils in the agroforestry landscapes of the Central Chernozem region (the village of Khorolsky, the territory of the former collective farm "Druzhba") was carried out. A comparative analysis of the formation of the salt profile of the protective forest strip and adjacent arable land is carried out. The forest strip with a width of 50 m was planted in 1960 and is a forest plantation of ash and maple. The assessment was carried out according to the composition of the aqueous extract and the activity of the sodium ion. The nature of the formation of the salt profile differed and depended on the nature of the use of chernozem - under a forest strip or arable land. An increase in the concentration of salts in the lower horizons of the soil was noted. A higher concentration of sodium ions increased for chernozems under woody vegetation. On the pasha, the salinity is noticeably lower.*

В Центрально-Черноземном регионе одним из основных направлений антропогенного воздействия в течение прошлого столетия стало агролесомелиоративное обустройство территории посредством посадки сети лесных полос [1, 2].

Отмечено, что на состояние почвенного покрова влияет не только антропогенное, но и лесомелиоративное воздействие. Много работ посвящено агроэкологической роли лесных полос в преобразовании ландшафтов [3, 4].

В последнее время действие лесных полос на почвенный покров приводит к формированию засоленности черноземных почв. Данные процессы более ярко выражены в глубоких почвенных горизонтах [5, 6]. Проблема по изучению соленакопления в почвах под лесными полосами различного возраста и породного состава, конечно, еще недостаточно изучена. Эта тема актуальна в современном почвоведении, поэтому нами поставлена задача, выяснить на данном этапе, как протекает процесс соленакопления черноземных почв с глубиной в различных агролесокультурных ландшафтах.

Цель работы – оценка процессов соленакопления в черноземных почвах в

условиях влияния агролесомелиоративного комплекса.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в поселке Хорольский Таловского района Воронежской области (на территории бывшего колхоза «Дружба»). Объектами исследований были почвы 60-летней лесной полосы и прилегающей к ней пашни. В полосе и на пашне были заложены две линии скважин, ориентированные с севера на юг, по 4 штуки в каждой. Скважины бурились по сетке с шириной ячейки 25 м. Образцы почв отбирались ручным буром сплошной колонкой с глубины: 0-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-100, 100-120, 120-150, 150-170 и 170-200 см. Общее количество образцов составило 72 шт. По образцам почв производилось выделение генетических горизонтов, а также определялась принадлежность к почвенной разности. Активность ионов натрия определяли ион-селективным методом в пасте при 50 %-й влажности на иономере И-150, общее содержание и качественный состав легкорастворимых солей – в водной вытяжке при соотношении почва : вода = 1 : 5 [7]. Для построения солевых профилей использовалась программа Excel 2010 и графический редактор Paint.net.

Результаты и их обсуждение. Характер формирования солевого профиля в почвах под лесной полосой и на пашне различался (рис.). Отмечено увеличение концентрации солей с глубиной, но с разной интенсивностью во всех исследуемых почвах. На пашне гумусовая толща характеризовалась низкой концентрацией легкорастворимых солей. До глубины 50 см общая сумма солей не превышала 0,03 %. Эти значения обычно характерны для фоновых почв – черноземов типичных и обыкновенных. Солевой профиль анализируемых почв равномерно растянулся по всей исследуемой глубине с постепенным увеличением в нижних почвенных горизонтах. С глубины 50 до 200 см концентрация солей незначительно увеличивается и варьировала в интервале от 0,05 до 0,07 %. Под лесной полосой можно отметить более интенсивное повышение компонентов солевого профиля нарастанием с глубины. Лишь в верхнем гумусовом слое почвы 0-20 см общая сумма солей составила 0,03 %. В горизонте 20-50 см сумма солей увеличилась до 0,05 %. Далее, до глубины 150 см, общая сумма солей достигла значений 0,07 %. Максимальная концентрация солей выявлена на глубине 150-200 см – 0,09 %.

Содержание токсичных солей в почвенной толще на пашне изменялось вниз по профилю от 0,02 до 0,05 %, что при сульфатно-гидрокарбонатном типе засоления соответствует незасоленной почве. Под лесной полосой почвенная толща по содержанию токсичных солей также соответствует незасоленной почве при данном типе засоления, но в нижних почвенных горизонтах концентрация токсичных солей достигает значений 0,08 %, что выше, чем на пашне.

Дополнительно для оценки изменения засоленности черноземов под влиянием лесной полосы нами определялась концентрация ионов натрия вниз с глубиной во всех заложенных скважинах (см. табл.).

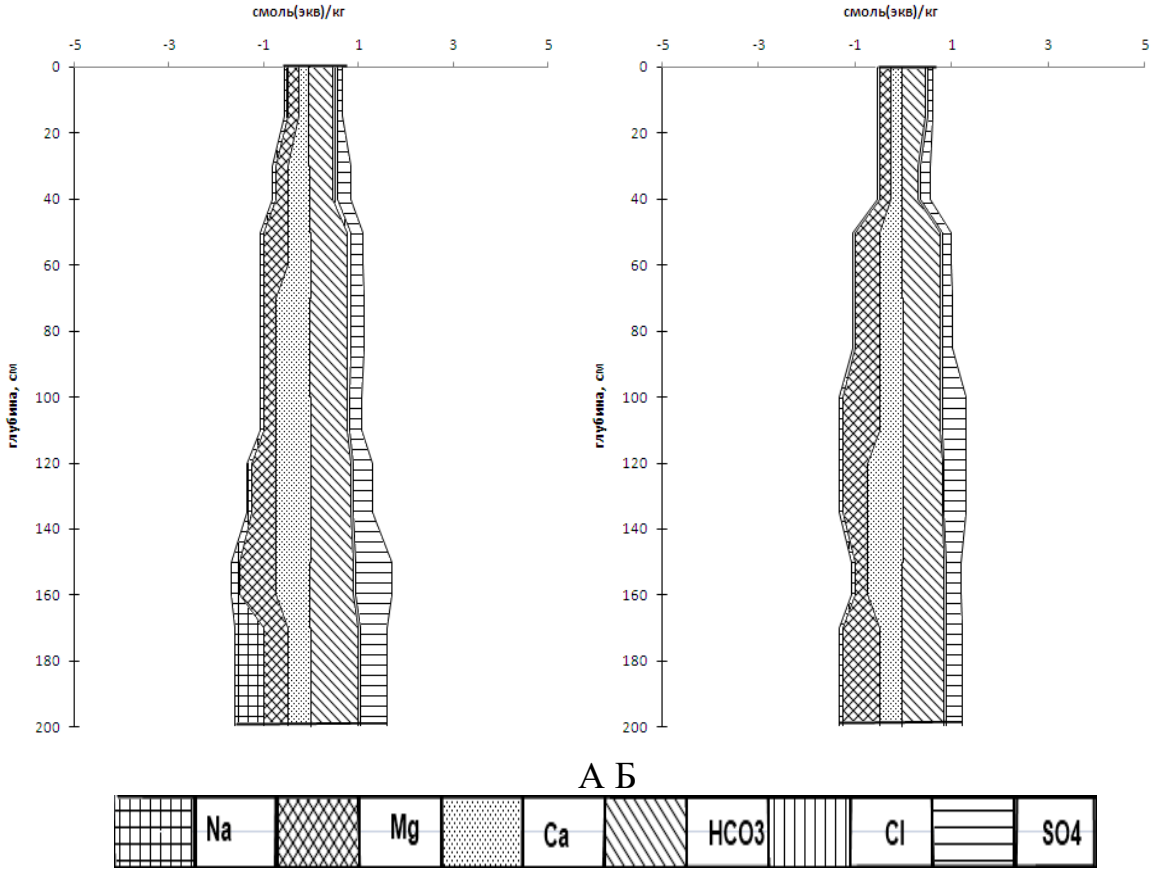


Рисунок – Солевые профили объектов исследования:
А – Лесная полоса; Б – Пашня, 2023 г.

Определяющим фактором при изменении активности иона натрия под лесной полосой и на прилегающей пашне послужил характер произрастающей растительности. В верхнем метровом горизонте концентрация ионов натрия под лесной полосой лежала в интервале от 0,20 до 0,66 ммоль/л, на пашне – от 0,15 до 0.22 ммоль/л. На глубине 170-200 см под лесной полосой была достигнута максимальная концентрация по содержанию натрия. Значения при движении под лесной полосой по центральной осевой линии (с севера на юг) изменялись в интервале от 0,81 до 4,79 ммоль/л. На пашне варьирование отмечено в пределах от 0,32 до 0.60 ммоль/л.

Таблица – Профильное изменение содержание натрия, 2023 г.

Глубина, см	Объекты исследования							
	ЛП-1	ЛП-2	ЛП-3	ЛП-4	Пашня1	Пашня2	Пашня3	Пашня4
	Na, ммоль/л							
0-20	0,33	0,56	0,5	0,56	0,22	0,16	0,15	0,19
20-30	0,35	0,6	0,66	0,62	0,19	0,17	0,17	0,17
30-50	0,35	0,76	0,33	0,43	0,22	0,17	0,15	0,19
50-70	0,34	0,35	0,32	0,35	0,26	0,2	0,19	0,25
70-100	0,2	0,24	0,32	0,46	0,22	0,26	0,2	0,28
100-120	0,25	0,26	0,36	0,46	0,31	0,31	0,3	0,26
120-150	0,29	0,33	0,48	0,51	0,37	0,33	0,42	0,27
150-170	0,34	0,35	1,17	0,98	0,35	0,38	0,46	0,26
170-200	0,81	0,6	3,89	4,79	0,32	0,43	0,6	0,27

Заключение. Характер формирования солевого профиля различался и зависел от места характера использования и произрастающей растительности (лесная полоса, пашня). Отмечено увеличение концентрации солей с глубиной, но с большей интенсивностью под лесной полосой по сравнению с пашней. Концентрация ионов натрия и в лесной полосе, и на пашне нарастала как с глубиной, так и при движении вдоль лесной полосы с севера на юг. Максимальное содержание натрия отмечено на глубине 170-200 см под древесной растительностью.

Библиографический список

1. Лебедева И.И., Королёва И.Е., Гребенников А.М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2013. – Вып. 71. – С. 18-26.
2. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / под ред. И.В. Иванова, А.Л. Александровского, А.О. Макеева и др. Издательство ГЕОС Москва, 2015. – С. 925.
3. Чендев Ю.Г., Беспалова Е.С. Оценка роли лесополос в оптимизации почв и ландшафтов: литературный обзор сведений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – Т. 43. – № 2. – С. 124-133.
4. Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Лукин С.В., Соэр Т.Д., Заздравных Е.А., Белеванцев В.Г., Смирнова М.А. Изменение лесостепных черноземов под влиянием лесополос на юге Среднерусской возвышенности // Почвоведение. – 2020. – № 8. – С. 934-947.
5. Чевердин Ю.И., Чевердин А.Ю. Современное соленакопление в черноземах под старовозрастными лесополосами Каменной Степи. Агрохимия. – 2022. – № 2. – С. 65-75.
6. Чевердин Ю.И. Особенности формирования засоленности чернозема в зоне влияния узкой лесной полосы // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – г. Курск, 26-28 апреля 2023 г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – С. 363-366.
7. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

УДК 631.41 (470.32)

К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЧР

Чуян О.Г., Золотухин А.Н.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ»
305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б
E-mail: agrochemgis@mail.ru

Резюме. *Разработаны методические подходы для создания системы управления плодородием почв в агроландшафтах Центрального Черноземья. Сформулированы принципы управления плодородием почв. На территории в масштабе отдельного хозяйства представлена дифференциация пашни по ресурсам продуктивности, проведено ранжирование территории по интенсификации агротехнологий.*

Ключевые слова: *почвенный покров, климатические факторы, морфометрические параметры рельефа, агрохимические свойства.*

Summary. *Methodological approaches have been developed to create a system for managing soil fertility in the agrolandscapes of the Central Chernozem region. The principles of soil fertility management are formulated. On the territory on the scale of a separate farm, the differentiation of arable land according to productivity resources is presented, the ranking of the territory is carried out according to the intensification of agricultural technologies.*

Key words: *soil cover, climatic factors, morphometric parameters of relief, agrochemical properties.*

Управление плодородием почв осуществляется основными элементами системы земледелия и включает оптимизацию структуры сельскохозяйственных угодий, посевных площадей, севооборотов, противоэрозионную организацию территории, рациональное размещение культур и агротехнологий в соответствии с почвенно-ландшафтными условиями. Основным инструментом на современном этапе выступает ГИС агроэкологической оценки и проектирования АЛСЗ [1, 2]. Центральное значение при этом приобретают учет рельефа, разнообразия почвенного покрова, максимальная дифференциация агропроизводства применительно к отдельным таксонам, поскольку это являются слабым звеном многих современных систем земледелия [3].

Для оценки и анализа на уровне масштаба хозяйства использовалась территория научно-производственного подразделения №2 (НПП №2) ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (п. Панино, Медвенский р-н, Курская область). Территория исследований расположена на европейской части России в пределах Средне-Русской возвышенности на высоте 179-263 м над уровнем моря. Рельеф отличается явно выраженной волнистостью. Использование ГИС-технологий предусматривало применение: 1. космических снимков для уточнения плана землеустройства; 2. климатических данных с использованием матриц базы данных WorldClim, Loc_Clim1.10 ; 3. данных матриц высот НАСА SRTM 3. Поскольку почвенный покров сельскохозяйственных земель с повышенной эрозионной опасностью имеет высокую пестроту, данные о свойствах почв не могут быть получены посредством дистанционного зондирования, поэтому необходима загрузка результатов почвенного и агрохимического мониторинга. Создаются системы ГИС – оболочек пространственно-координированных данных в среде QGIS 3.16.4. для оценки и визуализации расчетных параметров. Наиболее дифференцированными параметрами территории являются морфометрические, и они служат основой дифференциации расчетных параметров системы управления.

Система управления плодородием почв и продуктивностью агроценозов базируется на основе системы оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР с применением ГИС- технологий и включает элементы системы поддержки принятия решений по рациональному использованию природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах ЦЧР, элементы системы удобрений и элементы системы управления агрохимическими свойствами почв [4] (рис. 1, 2).

Принципы управления плодородием почв:

1. - устранение угрозы деградации почв на основе проведения агроэкологической оценки, оценки эрозионной опасности территории;
2. - размещение угодий, севооборотов, сельскохозяйственных культур в соответствии с а) ограничивающими факторами (по деградации),

б) ресурсным потенциалом агроландшафта;

3. - интенсификация агротехнологий с учетом ресурсов продуктивности агроландшафта, климатического потенциала, качества почв, окупаемости затрат;

а) б)

Рисунок 1 – Схема оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафта (а) и схема модели управления агрохимическими свойствами почв (б)

4. - устранение лимитирующих уровней параметров регулируемых свойств почв;
5. - управление плодородием почв путем дифференцированного применения удобрений с учетом баланса гумуса, элементов минерального питания, включая микроэлементы в зависимости от исходного состояния и буферности почвенной системы.

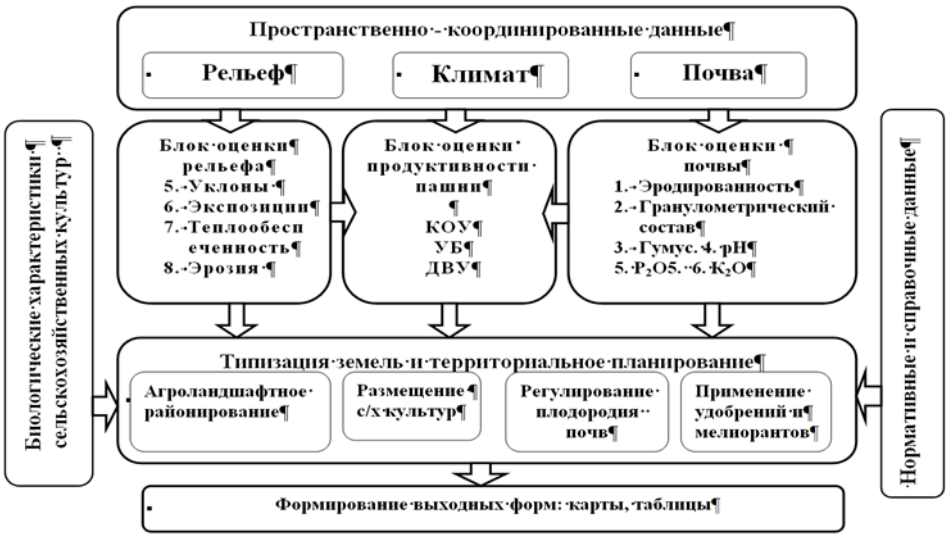


Рисунок 2 – Система поддержки принятия решений по рациональному использованию природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах ЦЧР

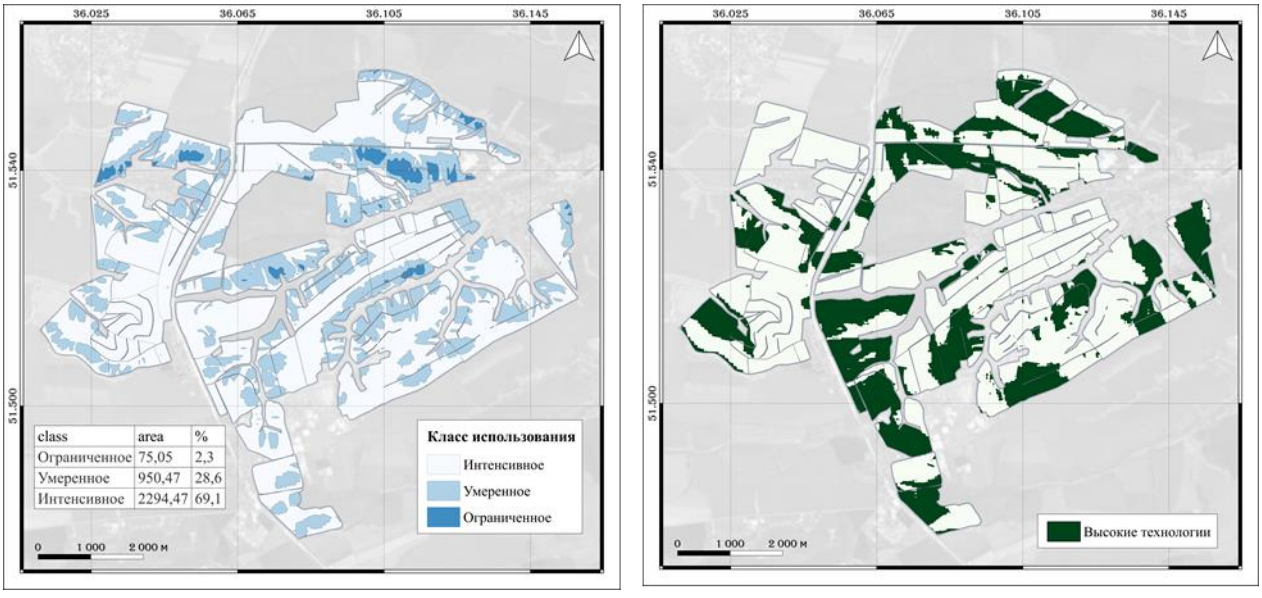
Параметры рельефа служат основой дифференциации ресурсов продуктивности пашни, а также климатических и почвенных данных (табл. 1). Пахотные участки имеют уклоны менее одного градуса на площади 23,04% от общей, 1…2º – 47,08 %, 2…3º – 22,10 %, 3º…4º – 6,08 %, более 4º – 1,4 %.

Таблица 1 – Морфометрические параметры пахотных земель НПП 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ», гидротермические условия и ресурсы плодородия

Показатель	X± sd	Lim	V,%
Превышения, м	226,6±15,4	178,9…263,0	6,8
Уклон, град	1,99±0,87	0,01…5,48	43,8
Азимут, град	177±110	0…360	62,1
ST/ST_0*	0,999±0,03	0,941…1,065	2,6
КПП, тыс. з.е./га	5,63±0,40	4,30…6,25	7,1
Гумус, %	5,66±0,36	4,31…6,61	6,4
pH_{KCl}	6,18±0,58	5,1…7,3	9,4
P_2O_5, мг/кг	164,9±44,8	78…240	27,1
K_2O, мг/кг	113,5±37,5	50…235	33,0

ST/ST_0* - относительная теплообеспеченность склонов,
КПП – климатический потенциал продуктивности пашни.

Значительная пространственная неоднородность почвенно-климатических условий, обеспеченная варьированием уклонов (44 %) и экспозиций склонов (62 %), обусловливает изменение действительно возможного уровня продуктивности пашни от 3,72 тыс. зерн. ед./га на юго-западных склонах до 6,20 тыс. зерн. ед./га на северо-восточных. Первичная дифференциация пашни по степени интенсификации агротехнологий регламентируется условиями рельефа. По классу эрозионной опасности основная территория НПП № 2 имеет 4 группы: незначительная - 32,5%, слабая - 36,5%, умеренная - 23,6 % и средняя - 5,0%. С учетом возможного смыва почв для интенсивного использования почв пригодны 69,1 % пашни, для умеренного – 28,6 % и ограниченного – 2,3 % (рис. 3, а).



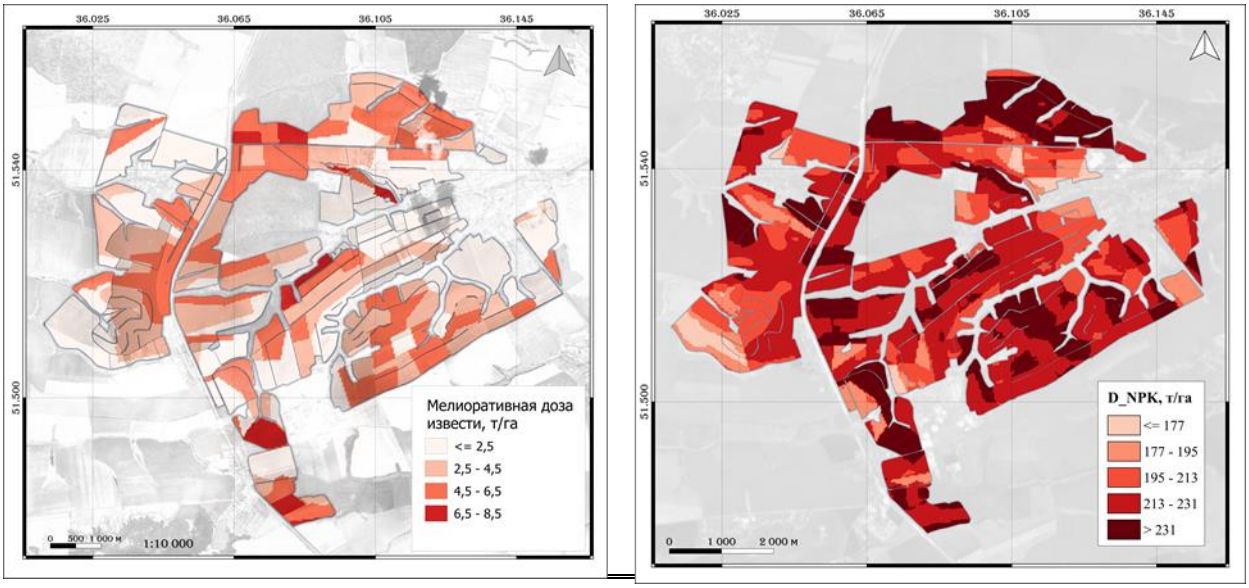
а) б)

Рисунок 3 – Распределение территории по интенсивности использования (а), территории для высоких технологий (б)

Анализ распределения параметров почвенного плодородия выявил 15 % истощенных и деградированных почв, требующих первоочередного

вмешательства, а 19 % площади обладают преимущественно высоким и очень высоким содержанием элементов питания, на которых требуются минимальные затраты на удобрения и мелиоранты. Для высоких технологий подходят 33 % территории с менее напряженным рельефом в категории интенсивного использования на почвах, не имеющих значимых лимитирующих уровней параметров плодородия, а также обладающих потенциально высокой отзывчивостью на агротехнические приемы, большим климатическим потенциалом продуктивности пашни (рис. 3, б).

Лимитирующие параметры плодородия почв располагаются в следующем порядке: pH_{KCl} > подвижный P_2O_5 > подвижный K_2O > содержание гумуса. Проведен дифференцированный расчет мелиоративных доз извести с учетом кислотности почв и их буферности (рис. 4, а). В дозах извести 2 – 4 т/га нуждаются 24 % пашни, 4 – 6 т/га - 32 % и более 6 т/га - 5 %. При оценке насыщения минеральными удобрениями учитывались климатические условия, плодородие почвы, рельеф территории, а также оперативные данные экономических условий по закупочной стоимости сельскохозяйственной продукции, удобрений, топлива (рис. 4, б).



а) б)

Рисунок 4 – Мелиоративные дозы извести (а) и насыщение удобрениями пашни на территории НПП 2 (б)

При среднем насыщении пашни минеральными удобрениями 216 кг NPK д.в /га и варьировании от 150 до 250 продуктивность пашни в зависимости от плодородия почв и рельефа составит в среднем 47 тыс. зерн. ед. /га (36 … 56).

Таким образом, для типичных условий ЦЧР рельеф, микроклимат, качество почв являются основными факторами дифференциации территорий по оптимизации использования пашни, интенсификации агротехнологий, предотвращения деградации почв и управления их плодородием.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. No 9. С. 1130–1139.

2. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011. 443 с.
3. Медведев, И.Ф. Дифференциация структуры ландшафта и экологические индикаторы / И.Ф. Медведев, Д.И. Губарев, С.С. Деревягин и др. // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14. – № 1. – С. 94–104.
4. Чуян О.Г., Золотухин А.Н., Караулова Л.Н., Митрохина О.А. Система поддержки принятия решений по рациональному использованию природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах ЦЧР //Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 9. – С. 5-12.

УДК 631.559: 631.445.24

МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ В СИСТЕМЕ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Шмелева Н.В.
ФГБНУ Ивановский НИИСХ – филиал «Верхневолжский ФАНЦ», г. Иваново
E-mail: *ivniicx@mail.ru*

***Резюме**. В условиях ограниченных финансовых возможностей большинства сельхозпроизводителей и низкого уровня химизации бобовые травы способны формировать высокие урожаи, за счет большого количества корневых и пожнивных остатков происходит поддержание и повышение почвенного плодородия.*
***Summary**. In conditions of limited financial capabilities of most agricultural producers and a low level of chemicalization, leguminous grasses are able to form high yields, due to a large number of root and crop residues, soil fertility is maintained and increased.*

В условиях развивающейся многоукладности хозяйствования и новых производственных отношений важно определить стратегию регулирования режима органического вещества почвы в системе управления их плодородием. При таких условиях важной задачей земледелия Верхневолжья является обеспечение сначала бездефицитного баланса гумуса в почве, а затем расширенное его воспроизводство [1-3].

Многолетние травы могут быть неисчерпаемым, постоянно возобновляемым источником органического вещества [4]. Это объясняется не только более продолжительным вегетационным периодом, чем у однолетних культур, но и отношением корней к надземной массе. При одинаковом по массе урожае, после многолетних трав остается органических остатков в 3-4 раза больше, чем после однолетних растений [5].

В Верхневолжском регионе влияние многолетних бобовых трав, особенно, таких как козлятник восточный и люцерна изменчивая, в чистых и смешанных посевах на плодородие дерново-подзолистых почв, особенности накопления ими азота слабо или совсем не изучены, что и послужило основанием для проведения нами исследований.

Возделывание перспективных высокоурожайных бобовых культур, таких как козлятник и люцерна обеспечит сокращение в 2,5-3 раза затрат невосполнимой энергии за счет ризобильной фиксации азота. Для аналогичной урожайности злаковых травостоев необходимо вносить порядка 200 кг/га д.в. азотных удобрений. Содержание органического вещества в почве под бобово-злаковыми травостоями более высокое в сравнении со злаками [6]. Козлятник восточный дает высокие урожаи зеленой массы на 15-20 дней раньше, чем

люцерна. Однако низкая продуктивность козлятника в первые годы жизни является одной из причин, сдерживающих широкое его внедрение. Посевы люцерны с клевером луговым широко используется в современном кормопроизводстве, но долголетие клевера не превышает 2-3 года [7]. Сдерживающим фактором в условиях Верхневолжья является слабая изученность технологии создания травостоев на основе козлятника и люцерны. Поэтому в 2011-2015 годах целью наших исследований стала разработка приемов конструирования долголетних травостоев.

Методика исследований. Полевые опыты проводили в стационаре отдела кормопроизводства Ивановского НИИСХ на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием в пахотном слое гумуса – 1,9 %, подвижного фосфора и обменного калия – 230 и 175 мг/кг почвы соответственно, $pH_{(KCl)}$ – 5,2. Повторность – 4-х кратная. Площадь делянки – 30 $м^2$. Размещение – систематическое. Варианты трав изучали на двух фонах минерального питания – без удобрений и $N_{30}P_{60}K_{90}$. Посев трав производили беспокровно в первой декаде мая 2010 года. В сложные травосмеси злаковые и бобовые травы включали в соотношении 12,5, 25, 50 и 75 % от полной их нормы высева. Перед посевом семена козлятника и люцерны скарифицированы и обработаны соответствующим штаммом клубеньковых бактерий.

Агротехника возделывания – общепринятая для зоны. Для нейтрализации избыточной кислотности перед закладкой травостоев вносили доломитовую муку в дозе 5 т/га. Скашивание производили два раза, первый в фазу бутонизации-начало цветения бобовых трав, второй – за 35 дней до наступления устойчивых заморозков. Все исследования и учеты проводили согласно методическим рекомендациям ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (1997), учет пожнивно-корневых остатков – методом рамочной выемки монолитов по Н.З. Станкову (1964), симбиотический азот определяли по методике Г.С. Посыпанова (1991).

Результаты исследований. В результате проведённых исследований установлено, что в одновидовых посевах на фоне без удобрений максимальные урожаи зеленой массы, сбор сухого вещества, кормовых единиц и переваримого протеина обеспечивала люцерна изменчивая (рис. 1). Урожай зеленой массы достиг 408 ц/га, сухой массы – 91, кормовых единиц – 67,9 и переваримого протеина – более 11 ц/га на контрольном варианте. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была высокой – 170 г. Максимальная обеспеченность кормовой единицы протеином была отмечена у козлятника, как на контроле, так и по фону минерального питания и составила – 183 г.

Продуктивность смешанных посевов была выше по фону минерального питания на основе люцерны изменчивой. Сбор зеленой массы достигал 433 ц/га, а кормовых единиц и переваримого протеина – 78,2 и 10,4 ц/га соответственно. Лучшим соотношением компонентов в травостоях на основе люцерны выделялась смесь люцерны 25 % + клевера 50 % + тимофеевка 25 %, на основе козлятника – козлятник 12,5 % + клевера 12,5 % + ежа 75 % на обоих фонах питания.

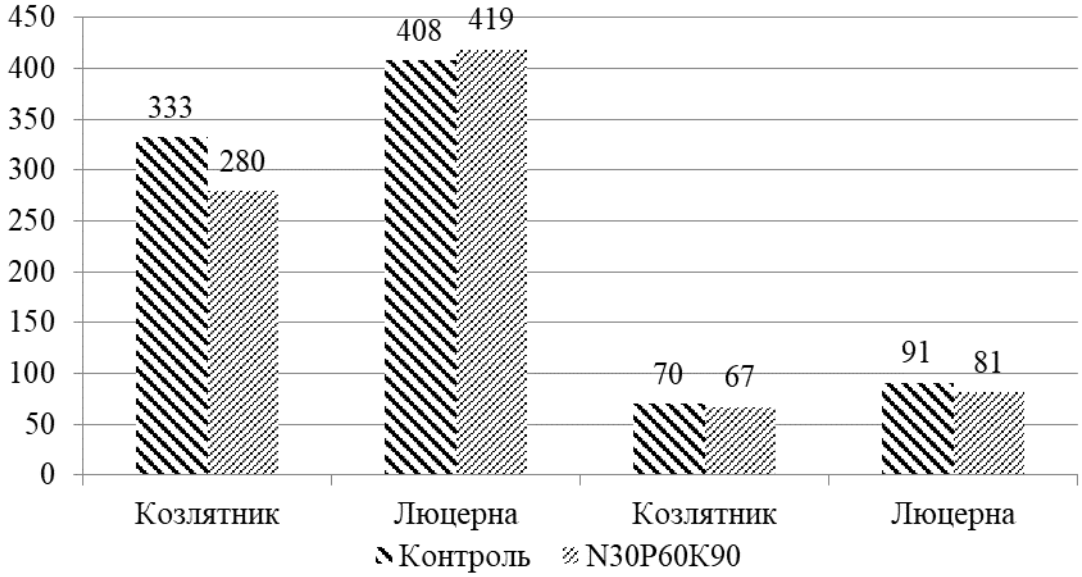


Рисунок 1 – Урожайность зеленой массы и абсолютно сухого вещества многолетних трав (в среднем за 2011-2015 гг.)

Несмотря на то, что ежегодно происходило загущение посевов за счет зимующих почек, угнетение, которое испытывал козлятник в первые годы жизни в многокомпонентных травосмесях, сказалось на продуктивности травостоев в последующие годы. Травосмеси на основе козлятника были менее продуктивны и изрежены.

Таблица 1 – Продуктивность и питательная ценность смешанных посевов многолетних трав (2011-2015 гг.)

Варианты	Урожайность, ц/га		Валовой сбор, ц/га		ПП в 1 корм. ед., г
	зеленой массы	сухого вещества	корм. ед.	ПП	
Контроль (без удобрений)					
Люцерна50%+ клевер25% + тимофеевка 25%	357	88,0	65,7	8,8	134
Люцерна12,5% + клевер12,5% + ежа 75%	319	78,1	71,0	9,1	128
Козлятник50%+клевер25%+тимофеевка25%	303	77,0	55,7	7,3	131
Козлятник 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	352	81,0	61,5	7,6	123
$N_{30}P_{60}K_{90}$					
Люцерна25%+клевер50%+тимофеевка 25%	433	82,1	71,3	9,5	132
Люцерна12,5%+ клевер12,5% + ежа75%	422	91,9	78,2	10,4	135
Козлятник25%+клевер50%+тимофеевка 25%	360	84,0	63,1	8,3	132
Козлятник 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	364	87,0	64,7	8,4	125
$НСР_{05}$	25,1				

Установлено, что питательность 1 кг сухого вещества зависела от состава смеси и уровня минерального питания. Бобово-злаковые травосмеси незначительно уступали одновидовым посевам многолетних бобовых трав, и так же отличались высоким качеством корма по содержанию белка и кормовых единиц. Минеральные удобрения увеличили сбор белка и обеспеченность кормовых единиц белком. Смешанные посевы обеспечили получение сбалансированного и полноценного корма. Содержание переваримого протеина в кормовой единице значительно превосходило зоотехническую норму. В лучших вариантах получено до 10 ц/га белка.

Высокая продуктивность козлятника восточного и люцерны изменчивой происходила на фоне последовательного увеличения корневой массы от первого к последующим годам жизни (табл. 2). При агроэкологической оценке видов многолетних бобовых трав важно определить их способность к фиксации атмосферного азота.

Таблица 2 – Накопление корневых остатков и азота многолетними травами (2011-2014 гг.)

Варианты	Корневые остатки, т/га	Накопление азота, кг/га	
		всего	симбиотического
Контроль (без удобрений)			
Козлятник восточный	9,4	108	50
Клевер луговой*	5,9	98	77
Люцерна изменчивая	17,9	235	182
Люцерна50%+клевер25%+ тимофеевка 25%	20,0	202	161
Люцерна 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	18,5	167	41
Козлятник50%+клевер25%+тимофеевка 25%	21,9	186	115
Козлятник 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	18,9	138	-
$N_{30}P_{60}K_{90}$			
Козлятник восточный	9,4	108	43
Клевер луговой*	9,6	156	130
Люцерна изменчивая	18,8	246	191
Люцерна25%+клевер 50% + тимофеевка 25%	18,7	139	48
Люцерна 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	21,5	181	71
Козлятник25%+клевер 50% + тимофеевка25%	18,2	134	-
Козлятник 12,5% + клевер 12,5% + ежа 75%	17,0	118	-

* – данные за 3 года.

Наибольшее количество, как общего, так и симбиотического азота накапливала люцерна в чистом виде. Количество симбиотического азота в контрольном варианте составило 182 кг/га, на фоне с минеральными удобрениями – 191 кг/га. У козлятника азотфиксирующая способность за все годы исследований оказалась значительно ниже.

Травосмеси на основе люцерны так же имели преимущество по

накоплению симбиотического азота, особенно активно это происходило на фоне без удобрений. Однако по сравнению с чистыми посевами бобовых трав этот показатель был ниже, что связано с использованием части накопленного азота злаковым компонентом. Поэтому в вариантах, где доля злаковых трав была выше, можно наблюдать отсутствие накопления симбиотического азота.

Введение козлятника и люцерны изменчивой позволяет длительное время использовать травостои и снизить затраты на производство кормов. На пятый год пользования кроме надземной массы получено большое количество пожнивно-корневых остатков, благодаря которым в почве остается значительное количество органического вещества с высоким содержанием питательных элементов. Было получено 5,9-21,9 т/га сухой массы пожнивно-корневых остатков и до 191 кг/га симбиотического азота.

Благодаря глубокой, проникающей в подпахотные горизонты, мощной стержневой корневой системе козлятник и люцерна изменчивая способствуют переводу соединений фосфора и калия с подпахотного в пахотный горизонт, тем самым накапливая их в составе органического вещества.

Таким образом, использование бобово-злаковых травосмесей на основе козлятника восточного и люцерны изменчивой позволяет решить несколько задач. Бобово-злаковые травосмеси – незаменимый ресурс сбалансированного по питательной ценности кормового сырья. Такие травосмеси позволяют обогатить почву органическим веществом с высоким содержанием питательных элементов, улучшая её агрофизические и агрохимические свойства, и заменяют использование дорогостоящих минеральных удобрений.

В целом, многолетние травы в чистом виде и смешанных посевах накапливали значительное количество корневых остатков, богатых азотом, так и самого симбиотического азота.

Возделывание многолетних трав экономически выгодно. Расчеты показали, что в лучших вариантах получено до 26,5тыс. руб. чистого дохода, рентабельность доходила до 623 %.

Библиографический список

1. Стихин М.Ф., Прокопов П.Е., Цивенко И.А. Севообороты в Нечерноземной зоне // Л.: Колос, 1982. – С. 287.
2. Дудкин В.М. Севообороты в современном земледелии России // Курск: Курской государственной сельскохозяйственной академии, 1997. – С. 4-5.
3. Дудкин В.М., Ларина Н.И. Методика математического моделирования структуры посевных площадей и севооборотов. – М.: ВАСХНИЛ, 1991. – 22с.
4. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
5. Лошаков В.Г. Севооборот как агроэкологическая основа системы земледелия // Научные основы систем земледелия и их совершенствование. – Н.- Новгород, 2007. – С.10-14.
6. Благовещенский Г.В. Инновационный потенциал бобового разнообразия травостоев // Кормопроизводство. – 2013. – № 12. – С.8-9.
7. Лазарев Н.Н. Урожайность люцерны изменчивой (MEDICAGO VARIA MARTYN.) в одновидовых посевах и травосмесях с бобовыми и злаковыми травами / Н.Н. Лазарев, А.М. Стародубцева, Д.В. Пятинский // Кормопроизводство. – 2013. – № 11. – С.10-12.

УДК 631.4

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН

Шулико Н.Н.
ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск
E-mail: *shuliko@anc55.ru*

***Резюме**. Установлено положительное влияние приема инокуляции семян ячменя на численность целлюлозоразрушающей микрофлоры. Воздействие бактеризации семян овса биопрепаратом Флавобактерин на численность грибной микрофлоры и нитрификаторов было положительным, увеличение по отношению к контролю составило 187 и 13 % соответственно.*

***Summary**. The positive effect of receiving inoculation of barley seeds on the number of cellulose-destroying microflora has been established. The effect of bacterization of oat seeds of the Flavobacterin biological preparation on the number of fungal microflora and nitrifiers was positive, the increase in relation to the control was 187 and 13 %, respectively.*

Введение. Изучение взаимодействий между растениями и микроорганизмами одно из бурно развивающихся направлений современной биологии. Они играют исключительно важную роль в жизни растений, обеспечивая их питание, защиту от патогенов и вредителей, а также адаптацию к стрессам и регуляцию развития [1-3].

В этой связи для реализации высокого потенциала микробно-растительных отношений необходимо развивать агробиологические исследования по возделыванию растений в условиях широкого применения микробных препаратов.

Объекты и методы. Территория Омской области расположена на юге Западно-Сибирской низменности по среднему течению реки Иртыш, занимает площадь 141,2 тыс. км^2 и представляет собой пологоволнистую равнину с незначительным уклоном с юга на север [4].

В 2021 г. в мелкоделяночном полевом опыте было исследовано влияние биопрепаратов Мизорин и Флавобактерин, (*производство ВНИСХМ, г. Санкт-Петербург, Пушкин)* на биологическую активность ризосферы новых сортов с.-х. культур омской селекции. Размещение вариантов систематическое.

Инокуляция семян с.-х. культур проводилась в день посева рекомендованной дозой. Площадь одной делянки – 13,5 м^2(15*0,9), предшественник – пар. Повторность вариантов 4-х кратная. Площадь под опытом – 942 м^2. Отбор проб почвы ризосферы проводился в фазы развития растений: кущение (июнь), колошение (июль), налив зерна (август).

Количественный учет бактерий-сапрофитов и амилолитических микроорганизмов осуществлялся в свежих образцах, на плотных питательных средах согласно общепринятым методикам [5].

Предшественник – чистый пар. Посев культур выполнен в оптимальные сроки с проведением комплекса весенне-полевых работ рекомендованной нормой высева, сортами, включёнными в Государственный реестр селекционных достижений с допуском по 10 региону.

Вегетационный период 2021 г. был неблагоприятным для роста и развития зерновых культур. Экстремально высокие дневные температуры воздуха в мае, на фоне сильного порывистого ветра, а также резкое понижение ночью до 0,3°С провоцировали интенсивную потерю почвенной влаги, отмечено рекордное увеличение среднемесячной температуры воздуха на 4,3°С выше нормы. Недобор тепла в июне составил 1,1°С, осадки ниже нормы на 10,3 мм, днём воздух прогревался до 32,6, ночью температура опускалась до 2,8°С. Июль также характеризовался резкими перепадами температур днём до 36,2, ночью до 8,4°С, дефицит осадков за месяц составил 32,2 мм. Август характеризовался тёплой погодой, основные осадки выпали в первой и второй декадах. Дефицит атмосферных осадков на фоне экстремально высоких температур воздуха в течение вегетации ускорил развитие и созревание зерновых культур.

Результаты исследований. Установлено, что численность почвенных микрогрибов достоверно снижалась при применении биопрепаратов Мизорин и Флавобактерин на ячмене Омский 101, это, вероятно, обусловлено фунгицидным действием азотфиксирующих бактерий. Снижение численности микроскопических грибов является положительной стороной применения удобрений, т.к. среди грибов имеется немало патогенных. В варианте применения Флавобактерина на овсе сорта Сибирский Геркулес отмечено увеличение численности грибной микрофлоры, превышение над контролем составило 187 % (рис.).

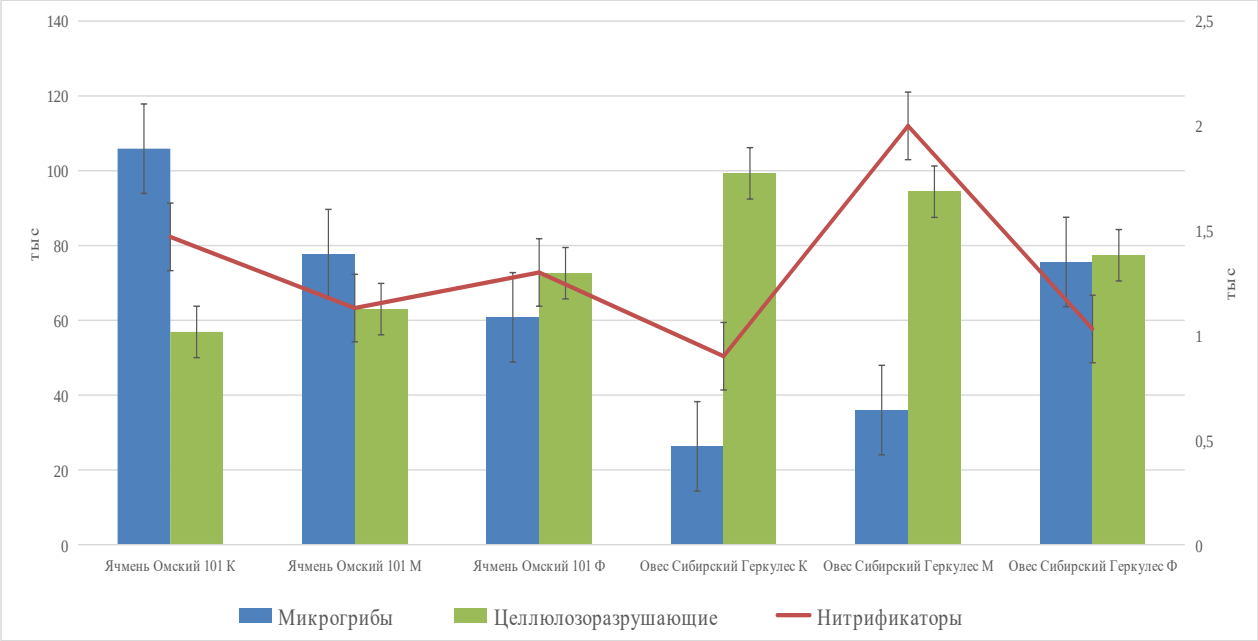


Рисунок – Численность микроорганизмов в ризосфере ярового ячменя и овса при применении биопрепаратов, КОЕ/г, 2021 г.:
К – контроль, М – мизорин, Ф – флавобактерин

Грибы являются разлагателями клетчатки в почве, для более интенсивного ее разложения требуется минеральный азот, поэтому при внесении дополнительного биологического азота за счет азотфиксации ассоциативными диазотрофами численность их возрастает. Различное влияние

биопрепаратов на численность почвенных микромицетов обусловлено генотипическими особенностями культур, отзывчивостью на инокуляцию и может быть проявлением синергического эффекта микроорганизмов в многокомпонентной системе, результатом взаимного воздействия микроорганизмов друг на друга [6].

При предпосевной обработке семян Флавобактерином в варианте овес Сибирский Геркулес наблюдалось увеличение численности автотрофных нитрификаторов на 13 % по отношению к контролю соответственно. Применение биопрепарата Мизорин оказало положительное влияние на численность определяемой группы микроорганизмов на сорте овса Сибирский Геркулес, увеличение по отношению к контролю составило 55 %. Известно, что при внесении удобрений (в том числе и бактериальных) в почве повышается содержание азотсодержащих соединений, вследствие чего возрастает численность нитрификаторов, значительно ускоряются процессы нитрификации [7].

Инокуляция Флавобактерином достоверно снижала численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов на овсе сорта Сибирский Геркулес на 28 %. Возможно, целлюлозоразрушающим микроорганизмам не хватало доступного азота нитратов из-за высокого потребления его с.-х. культурами.

Таким образом, установлено положительное влияние предпосевной инокуляции семян овса биопрепаратом Флавобактерин на численность грибной микрофлоры и нитрификаторов, увеличение по отношению к контролю составило 187 и 13 % соответственно. Применение Мизорина оказало положительное влияние на численность нитрифицирующих микроорганизмов в ризосфере сорта овса Сибирский Геркулес, увеличение по отношению к контролю составило 55 %. Применение биопрепаратов на ячмене приводило к увеличению целлюлозоразрушающей микрофлоры.

Библиографический список

1. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 153 с
2. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и продуктивность льна-долгунца / О.Ф. Хамова, А.И. Мансапова, М.А. Горбова и др. // Плодородие. – 2021. – № 2(119). – С. 52-55. – DOI 10.25680/S19948603.2021.119.14.
3. Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние лугово-черноземной почвы при длительном орошении // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(55). – С. 79-85. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-79-85.
4. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Морозова Е.Н. Калийный режим зональных почв Омского Прииртышья // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 10-12.
5. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1993. – 175 с.
6. Тихонович И.Т., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Плодородие. – 2001. – № 5 (32). – С. 9-12.
7. Анализ эффектов совместной инокуляции грибами арбускулярной микоризы и ризобиями на рост и развитие растений гороха Pisum sativum L / И.В. Леппянен, О.Ю. Штарк, О.А. Павлова и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 3. – С. 475-486.
8. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. – 790 С.
9. Кожевин П.А. «Здоровье» почвы как проблема биотехнологии // Биотехнология: состояние и перспективы развития: матер. конгресса. Ч. 2. М.: 2007. – С. 114

УДК 631.811:631.86:633.11

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ БИОЛОГИЗИРОВАННОГО ПОМЕТА КУР НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Щукин Н.Н., Окорков В.В.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *n9159803437@yandex.ru*

Резюме. *Внесение 120 т/га биологизированного куриного помета (БКП) в слабоокультуренную дерново-подзолистую почву улучшает её плодородие и повышает продуктивность яровой пшеницы, но в год действия помета отрицательно отражается на развитии растений и экологическом состоянии агроландшафтов. По действию БКП, в сравнении с контролем, урожайность пшеницы увеличилась в 5,4 раза (с 1,75 до 9,46 т/га). Наряду с ежегодным уменьшением в слое 0-40 см удобренной почвы запасов нитратного азота в фазу кущения пшеницы (с 251 кг/га в 2019 г. до 139 - в 2020 и 83 кг/га – в 2021) последовательно снижался и сбор зерна с 1 г (с 9,46 до 4,37 и 2,27 т).*

Ключевые слова: *дерново-подзолистая почва, биологизированный куриный помет, нитратный азот, урожайность, яровая пшеница.*

Summary. *The introduction of 120 t/ha of biologized chicken manure (BCP) into poorly cultivated sod-podzolic soil improves soil fertility and increases the productivity of spring wheat, but in the year of the action of the litter negatively affects the development of plants and the ecological state of agricultural landscapes. According to the action of BCP, in comparison with the control, wheat yield increased 5.4 times (from 1.75 to 9.46 t/ha). Along with the annual decrease in the layer of 0-40 cm of fertilized soil of nitrate nitrogen reserves in the tillering phase of wheat (from 251 kg/ha in 2019 to 139 - in 2020 and 83 kg/ha – in 2021), the grain harvest has also been consistently reduced from 1 g (from 9.46 to 4.37 and 2.27 tons).*

Key words: *sod-podzolic soil, biologized chicken manure, nitrate nitrogen, yield, spring wheat.*

Несмотря на ценность птичьего помета в качестве органического удобрения для земледелия, внесение его в необоснованно высоких дозах ухудшает свойства почв и развитие растений, экологическое состояние водной и воздушной среды [1, 2].

В исследованиях рассматривается влияние внесения высокой дозы (120 т/га) биологизированного ферментами пробиотиков помета кур клеточного содержания (без складирования в навозохранилище и специальной обработки - компостирования или высушивания, но с равномерным и дозированным распределением по площади поля) на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы для производства фуражного зерна при рациональном землепользовании [3-5].

В Ярославской области на малоплодородной дерново-слабоподзолистой почве в 2019-2021 гг. изучалось действие и последействие биологизированного куриного помета (БКП, помет) на агрохимические свойства почвы и урожайность яровой пшеницы.

В 2019 г. помет в дозе 120 т/га внесли разбрасывателем под весновспашку. Контроль - вариант без удобрения. В 2020 и 2021 гг. изучали последействие внесения БКП. Норма высева всхожих семян яровой пшеницы сорта Злата на 1

га – 5,0 млн. Повторность – 3-кратная. Размер учетных делянок – 120 м^2, размещение – систематическое.

Вегетация растений по годам исследований характеризовалась контрастными погодными условиями: 2019 и 2020 (ГТК-2,01 и 2,26) – избыточными выпадением осадков и увлажнением почвы, а 2021 (ГТК-1,11) – засушливыми периодами в критические фазы развития пшеницы.

Дерново-подзолистая почва в слое 0-43 см характеризовалась сильнокислой реакцией среды (pH_{KCl} 4,10-4,28), от низкого до среднего содержанием подвижного фосфора (3,4-5,2 мг/100 г) и обменного калия (9,5-9,8 мг/100 г), низкими запасами нитратного (13,3 кг/га) азота.

Проведение агротехнических работ по окультуриванию залежи в пашню без использования удобрений в 2019 г несколько улучшило агрохимические показатели почвы без удобрений в слое 0-40 см (табл. 1).

С годами использования (с 2019 по 2020 и 2021) без удобрений агрохимические показатели почвы в слое 0-40 см только ухудшались: кислотность среды (pH_{KCl}) увеличилась от слабо- до сильнокислой, снизилось содержание нитратного азота (с 94, до 17,9 и 10,9 кг/га). В прямой связи с этими показателями ежегодно снижалась и урожайность пшеницы – с 1,75 до 1,45 и 0,81 т/га.

Таблица 1 – Влияние действия (в 2019 г.) и последействия (в 2020-2021 гг.) внесения 120 т/га БКП, а также осадков (сумма за июнь-июль) на агрохимические свойства (в фазу кущения пшеницы) почвы в слое 0-40 см на вегетацию и сбор зерна с 1 га яровой пшеницы.

Год исследований и удобрение		Осадки, мм	pH_{KCl}	$N\text{-}NH_4$ всего, кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га		Вегетация, дней	Сбор с 1 га, т/га
					$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$		
2019	залежь	208	4,10-4,28	59,0	13,3	0,8	-	-
	контроль-б/у		4,53-4,96	48,2	94,0	1,6	82	1,75
	действие КП		4,24-5,41	198,4	250,6	16,4	106	9,46
2020	контроль-б/у	253	4,32-5,04	120,8	17,9	1,1	78	1,45
	1-й год п/д КП		5,66-6,08	66,1	139,3	1,7	82	4,37
2021	контроль-б/у	81	4,12-4,44	167,8	10,9	4,0	73	0,81
	2-й год п/д КП		6,06-6,24	134,9	83,4	4,2	76	2,27
	действие КП		5,24-5,37	306,4	211,3	13,4	76	2,18

Внесение БКП под весновспашку в 2019 г. привело к увеличению запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см до 250,6 кг/га (в 2,7 раза), аммонийного азота – до 198,4 кг/га (в 4,1 раз), а в его жидкой фазе – до 16,4 кг/га (в 10 раз), содержания обменного калия – от средней до высокой обеспеченности, снижению кислотности – от среднекислой до слабокислой в пахотном слое.

Улучшение агрохимических показателей почвы под влиянием действия БКП в 2019 г., наряду с высокой влагообеспеченностью, привело к повышению сбора зерна пшеницы с 1 га в 5,4 раза (с 1,75 до 9,46 т).

В последующие годы кислотность (pH_{KCl}) удобренной почвы сохранялась на благоприятном для растений уровне: в начале вегетации в 1-й год последействия помета – близкая к нейтральной и нейтральная (5,66-6,08), во 2-й – нейтральная (6,06-6,24), но средне- и слабокислая – в контроле (табл. 2). При этом в почве 1-го года последействия помета содержалось больше фосфора (17,6-21,7 мг/100 г) и несколько меньше калия (13,8-19,8 мг/100 г), чем во 2-й (соответственно, 11,2-17,0 и 17,6-20,2 мг/100 г).

Таблица 2 – Действие и последействие внесения 120 т/га БКП на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в слое 0-40 см в 2019-2021 гг.

Глубина почвы, см	Контроль (без удобрений)					Действие и последействие БКП				
	pH_{KCl}	P_2O_5	K_2O	N-NO_3	N-NH_4	pH_{KCl}	P_2O_5	K_2O	N-NO_3	N-NH_4
		мг/100 г почвы					мг/100 г почвы			
2019 г. (действие 120 т/га БКП) - начало вегетации										
0-20	4,96	14,1	13,7	2,09	0,96	5,41	13,8	21,0	5,75	3,94
20-30	4,99	13,0	12,0	1,35	0,73	4,95	10,1	20,1	4,36	4,69
30-40	4,53	12,5	9,8	0,74	0,49	4,24	7,4	14,1	0,85	0,65
2019 г.- окончание вегетации										
0-20	5,02	11,1	13,9	0,37	1,31	5,38	15,0	15,7	0,64	1,71
20-30	5,00	14,1	10,6	0,48	1,46	6,68	27,7	33,0	3,72	6,38
30-40	5,04	14,3	12,7	0,39	1,06	7,09	31,0	45,4	5,75	13,6
2020 г. (1-й год последействия БКП) - начало вегетации										
0-20	5,04	18,0	16,4	0,36	2,24	6,08	21,7	19,8	2,40	1,46
20-30	4,56	18,0	13,2	0,28	1,84	5,98	21,5	18,4	2,63	0,83
30-40	4,32	19,7	10,2	0,19	1,73	5,66	17,6	13,8	1,86	0,66
2020 г. - окончание вегетации										
0-20	5,15	14,8	15,6	0,39	0,98	5,93	15,8	16,7	0,63	1,36
20-30	4,78	15,3	12,5	0,37	0,97	5,86	14,6	14,4	0,98	1,05
30-40	4,61	16,0	10,2	0,23	0,60	5,35	13,5	10,3	0,66	0,79
2021 г (2-й год последействия БКП) - начало вегетации										
0-20	4,44	8,2	14,4	0,23	3,18	6,24	17,0	20,2	1,32	2,27
20-30	4,27	5,3	11,6	0,14	2,43	6,08	16,5	21,7	1,58	2,28
30-40	4,12	6,0	12,6	0,12	2,40	6,06	11,2	17,6	1,35	2,17
2021 г. - окончание вегетации										
0-20	4,87	10,8	13,4	0,24	1,72	7,05	13,8	22,3	0,98	1,37
20-30	4,41	8,5	12,6	0,25	1,34	6,96	11,6	20,0	0,86	1,11
30-40	3,95	5,9	13,0	0,22	1,02	6,29	15,6	15,8	0,86	0,83

Запасы нитратного азота в слое 0-40 см удобренной почвы в фазу кущения пшеницы с годами неуклонно снижались (с 250,6 кг/га – в 2019 г до 139,3 – в 2020 и 83,4 кг/га – в 2021). От кущения до восковой спелости пшеницы наблюдалась миграция нитратного азота вглубь почвы (табл. 3). С годами, наряду со снижением запасов нитратов в почве, последовательно уменьшалась и

урожайность яровой пшеницы (соответственно, с 9,46 до 4,37 и 2,27 т/га).

В год внесения помета запасы нитратов в слое 0-40 см (в фазу кущения пшеницы – 250,6 кг/га) в 1,4 раза превышали гигиенический норматив ПДК (3 мг/100 г) эквивалентный величине запасов нитратного азота – 180 кг/га.

Под влиянием внесения помета в почве (по сравнению с контролем) возрастали и запасы аммонийного азота: в 3-7 раз (с 48,2-71,2 до 198,4-351,0 кг/га).

Подобно миграции нитратного азота в почве, но несколько медленнее, перемещался и аммонийный азот. При этом активней передвигалась жидкая фаза $N\text{-}NH_4$ – водорастворимый аммоний. Но доля последнего не превышала 1,2-27,0% от общих (с нитратным) запасов минерального азота в жидкой фазе.

Таблица 3 – Действие и последействие внесения 120 т/га БКП на запасы минерального азота в дерново-подзолистой почве в слое 0-40 см в 2019-2021 гг.

Глубина почвы, см	Контроль (без удобрений)			Действие и последействие БКП		
	Всего $N\text{-}NH_4$, кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га		Всего $N\text{-}NH_4$, кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га	
		$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$		$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$
Начало вегетации - 2019 г. (действие БКП)						
0-20	28,8	62,7	1,1	118,2	172,5	10,3
20-30	11,0	20,2	0,3	70,4	65,4	5,9
30-40	7,4	11,1	0,2	9,8	12,7	0,2
∑	**48,2**	**94,0**	**1,6**	**198,4**	**250,6**	**16,4**
окончание вегетации – 2019 г.						
0-20	39,3	11,1	0,8	51,3	19,2	2,1
20-30	21,0	7,2	0,3	95,7	55,8	11,8
30-40	10,9	7,0	0,3	204,0	86,2	45,9
∑	**71,2**	**25,3**	**1,4**	**351,0**	**161,2**	**59,8**
Начало вегетации - 2020 г. (1-й год последействия БКП)						
0-20	67,2	10,8	0,7	43,8	72,0	1,2
20-30	27,6	4,20	0,3	12,4	39,4	0,3
30-40	26,0	2,90	0,1	9,9	27,9	0,2
∑	**120,8**	**17,9**	**1,1**	**66,1**	**139,3**	**1,7**
окончание вегетации – 2020 г.						
0-20	29,4	11,7	0,4	40,8	18,9	0,9
20-30	14,6	5,6	0,1	15,8	14,7	0,3
30-40	9,0	3,4	0,1	11,8	9,9	0,1
∑	**53,0**	**20,7**	**0,6**	**68,4**	**43,5**	**1,3**
Начало вегетации - 2021 г. (2-й год последействия БКП)						
0-20	95,4	6,9	3,2	68,1	39,5	2,3
20-30	36,4	2,2	0,48	34,2	23,7	1,1
30-40	36,0	1,8	0,35	32,6	20,2	0,8
∑	**167,8**	**10,9**	**4,0**	**134,9**	**83,4**	**4,2**
окончание вегетации – 2021 г.						
0-20	51,6	7,2	0,43	41,1	29,4	0,8
20-30	20,1	3,8	0,25	16,6	12,9	0,2
30-40	15,3	3,3	0,15	12,4	12,9	0,2
∑	**87,0**	**14,3**	**0,83**	**70,1**	**55,2**	**1,2**

По действию БКП (в связи с очень высоким содержанием нитратов в почве) наблюдались полегание пшеницы и подгон, что сопровождалось

удлинением вегетации растений (по сравнению с контролем) до фазы полного созревания зерна с 82 до 106 дней. Появление подгона и его полное дозревание после десикации одновременно с основными побегами явилось не только причиной удлинения вегетации, но и дополнительного урожая.

В годы последействия помета превышения нормы ПДК нитратов в почве и биологических отклонений в развитии растений пшеницы не наблюдалось.

Таким образом, естественное плодородие изучаемой почвы не способно обеспечить урожайность яровой пшеницы выше 2 т/га без применения удобрений. Лимитирующими урожайность яровой пшеницы факторами в изучаемых природно-климатических условиях являются содержание нитратного азота в почве и количество выпавших осадков в период кущения и молочной спелости зерна культуры.

Внесение в малоплодородную дерново-подзолистую почву высокой дозы БКП (120 т/га) в сочетании с приемами обработки почвы способствует улучшению степени окультуренности почвы от слабой до повышенной и увеличению урожайности яровой пшеницы, но негативно отражается на экологии (накопление нитратного азота выше ПДК, миграция запасов нитратов в малодоступные для растений водоносные почвенные горизонты) и биологическом развитии пшеницы. В годы последействия помета урожайность яровой пшеницы последовательно уменьшается, не наблюдается и отрицательного его влияния на экологию в связи со снижением содержания нитратного азота в почве.

Библиографический список

1. Окорков В.В. Усовершенствованные приемы управления продуктивностью культур в севообороте и плодородием на серых лесных почвах Верхневолжья//ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». - Суздаль, 2018. – 148 с.
2. Окорков В.В., Щукин Н.Н. Действие и последействие куриного помета на запасы минерального азота в дерново-подзолистой почве и их взаимосвязь с урожайностью зерновых культур // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов XVI международной научно-практической конференции, посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. ФГБНУ «Курский ФАНЦ». - Курск, 2021. С. 324-329.
3. Окорков В.В., Щукин Н.Н., Окоркова Л.А. Влияние куриного помета на изменение плодородия дерново-подзолистой почвы // Современные направления в решении проблем АПК на основе инновационных технологий. Сборник статей ФГБНУ «ФИЦ Немчиновка». - М., 2021. С. 300-309.
4. Щукин Н.Н., Окорков В.В. Изменение содержания NPK и нитратов в зерне фуражных культур и семенах рапса под влиянием удобрения дерново-подзолистой почвы свежим пометом кур в условиях Верхневолжья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVIII международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». ФГБНУ «Курский ФАНЦ». – Курск, 2023. С. 398-403.
5. Щукин Н.Н., Окорков В.В. Влияние действия и последействия биологизированного помета кур на продуктивность пленчатых и голозерных сортов овса в условиях Верхневолжья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVIII международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». ФГБНУ «Курский ФАНЦ». – Курск, 2023. С. 392-398.

УДК 631/635; 502/504; 911

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОЛАНДШАФТОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Яковлева Е.П.
ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня
E-mail: *viktrofi@mail.ru*

Резюме. *Разработано агроландшафтно-экологическое районирование Северного Кавказа с использованием разных источников информации. Экологическое состояние агроландшафтов Краснодарского края оценивается как кризисное. В распашку вовлекаются эрозионно-опасные склоновые земли, что ведет к развитию процессов эрозии.*
Ключевые слова: *земельные угодья, пашня, пастбища, сенокосы.*
Summary. *Agro-landscape and ecological zoning of the North Caucasus has been developed using various sources of information. the ecological state of the agricultural landscapes of the Krasnodar Territory is assessed as a crisis. Erosively dangerous slope lands are involved in plowing, which leads to the development of erosion processes.*
Key words: *land, arable land, pastures, hayfields.*

В ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование Северного Кавказа на основе Почвенно-экологического районирования Российской Федерации факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. Использованы также многие другие источники информации [1-5].

В результате проведенного агроландшафтно-экологического районирования Северного Кавказа выделены равнинные зоны и горные территории, в них – провинции, округа.

Установлено пространственное распределение биологических и экологических закономерностей изучаемой территории для создания и рационального использования адаптивных к местным условиям регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированных сортов сельскохозяйственных растений, природоподобных технологий и систем ведения сельского хозяйства.

Краснодарский край расположен в Степной зоне Предкавказской провинции, на территории 3-х равнинных округов и 2-х горных провинций агроландшафтно-экологического районирования Северного Кавказа. Общая площадь края составляет 7548,5 тыс. га. Основная его часть расположена в Кубано-Приазовской низменности. Южная окраина приурочена к горам Кавказа.

Азово-Кубанский округ приморских равнин характеризуется плоским, пологоволнистым, реже волнистым рельефом, с балками, в придолинных частях с оврагами.

В почвенном покрове преобладают черноземы южные и обыкновенные мицелярно-карбонатные, в южной части округа – черноземы типичные мицелярно-карбонатные. В структуре земельных угодий более ¾ (76,5 %) всей площади округа занимает пашня, 3,7 % – пастбища, 0,4 % – сенокосы.

Среди возделываемых земель преобладают неорошаемые пашни. Сильно и средне сбитые типчаковые, полынковые, реже ромашниковые, мятликовые пастбища расположены по балкам и прибалочным склонам. Экологическое состояние пашни – кризисное, пастбищ – напряженно-кризисное.

Нижне-Кубанский округ древнеаллювиальных, озерно-аллювиальных и озерных равнин отличается плоским рельефом, с многочисленными озерами, участками болот; на западе, вдоль побережья Азовского моря, с обширными лиманами.

Почвенный покров довольно пестрый. На западе округа преобладают лугово-болотные, в т. ч. солончаковатые и солонцеватые, встречаются торфяные болотные солончаковатые почвы. В центральной части округа (дельта Кубани) – пойменные карбонатные; восточную и юго-восточную части занимают лугово-черноземные выщелоченные почвы.

Распаханность в округе составляет 52,3 %: в юго-западной половине округа преобладают орошаемые пашни, в северо-восточной – неорошаемые. Пастбища занимают 6,4 % площади округа и представлены средне и сильно сбитыми пырейными, вейниковыми, осочковыми травостоями, группировками однолетников. Вдоль морского побережья распространены галофитнозлаковые и солянковые сообщества.

Экологическое состояние пахотных земель – кризисное, пастбищ – напряженное.

Майкопский округ характеризуется разнообразием ландшафтов. Преобладают наклонные подгорные аллювиальные, пролювиальные, делювиальные ландшафты возвышенных и высоких предгорий. Русло Кубани и ее притоков сопровождают древнеаллювиальные ландшафты. Полуостров Таманский представлен аккумулятивно-морскими, а самая северная часть округа – приморскими ландшафтами.

Рельеф преимущественно плоский, иногда пологоволнистый, с балками, с неглубокими террасированными долинами. В южной части округа – предгорья, холмогорья, горы.

Почвенный покров отличается разнообразием: основные площади занимают буровато-темносерые, буровато-светлосерые лесные и серые лесные, а также лугово-черноземные выщелоченные почвы; в восточной и северо-восточной частях округа – черноземы южные, обыкновенные и типичные; в юго-восточной – черноземы выщелоченные мицелярно-карбонатные. Почти половина площади округа (49,4 %) распахана. Преобладают неорошаемые пашни, фрагментами распространены орошаемые пашни. На Таманском полуострове основные сельскохозяйственные угодья заняты виноградниками.

Пастбища занимают 12,4 % площади округа. В их типологическом составе доминируют сильно и средне сбитые типчаковые, мятликовые, полынковые травостои, часто с большим участием сорнотравья. В поймах Кубани и Лабы на нераспаханных участках встречаются сенокосные луга (1,4 %) с лисохвостом, пыреем, свинороем, бескильницами, тростником, а также галофитно-злаковые и солянковые пастбища. Экологическое состояние пашни в округе – кризисное, пастбищ и сенокосов – напряженное.

Северо-Кавказская горная провинция лесостепных низкогорий, лесных среднегорий и луговых высокогорий, с увалистым рельефом, с широкими плоскими водоразделами, крутыми и обрывистыми склонами.

В почвенном покрове в основном дерново-карбонатные почвы и буроземы кислые оподзоленные; в северной части (предгорья) – буровато-темно-серые лесные почвы.

Наибольшие площади в провинции заняты лесами (64,8 %) большей частью дубовыми и грабово-дубовыми. Выположенные места распаханы (13,7 %). Пастбища занимают 8,1 % площади провинции, сенокосы – 1,7 %. Среди пастбищ преобладают разнотравные, разнотравно-дерновиннозлаковые, сорнотравно-типчаковые, сорнотравно-мятликовые лугово-степные травостои. Пастбища сбиты в разной степени.

Экологическое состояние пашни – тяжелое, пастбищ – напряженное, лесов – удовлетворительное.

Западно-Кавказская горная провинция субтропических лесных среднегорий и низкогорий характеризуется рельефом, представленным грядовыми горами и плоскогрядовыми низкогорьями. К черноморскому побережью приурочены плоские и волнистые, местами слабо террасированные равнины.

Почвы представлены буроземами кислыми оподзоленными, на равнинном побережье – подзолисто-желтоземными почвами.

Большую часть провинции (83 %) занимают смешанные широколиственные и буковые леса.

На равнинных территориях наибольшие площади сельскохозяйственных земель занимают плантации чая, цитрусовых и других плодовых насаждений. Пашнями занято лишь 1,2 % площади округа, пастбищами – 4,1 %. По плоским понижениям развиты свинороиные и другие, в разной степени деградированные травостои.

Экологическое состояние пашни оценивается как напряженное, пастбищ – удовлетворительное, лесов – удовлетворительное.

В целом, экологическое состояние агроландшафтов Краснодарского края оценивается как кризисное. Основное влияние на экологическое состояние агроландшафтов оказывает кризисное состояние распаханных земель. В распашку вовлекаются эрозионноопасные склоновые земли.

То же самое происходит и с природными кормовыми угодьями. Занимая всего 7 % от общей площади края (сенокосы – 0,8 %), они испытывают мощный прессинг бессистемного и чрезмерного выпаса, приведшего к постоянному депрессивному состоянию: сбитость, низкая урожайность, засоренность непоедаемыми травами.

Наибольшую угрозу для сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае представляют процессы эрозии и дефляции почв. Этому способствуют чрезмерные антропогенные нагрузки. Нарушение сбалансированности структуры агроландшафтов, структуры посевных площадей и севооборотов, увеличение в них доли зерновых и технических культур и уменьшение доли посевов многолетних трав приводит к истощению почвы, делают ее более уязвимой к водной и ветровой эрозии. Отмечается также рост переувлажненных, заболоченных и засоленных земель. Это связано с созданием Краснодарского водохранилища и рисовых систем, которые спровоцировали подтопление и

переувлажнение прилежащих территорий.

Библиографический список

1. Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: ТОО “ЭКОР”, 1997. 4 л.
2. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. Карта масштаб 1:8000000. – МСХ, ГИЗР. М.: ГУГК, 1984. – 1 л.
3. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А. Н. Каштанова. – М.: Колос, 1983. – 336 с.
4. Природные кормовые угодья Российской Федерации и сопряженных государств (карта м 1 : 4 000 000). – М.: ФСГК, 2001. – 4 л.
5. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова, А.А. Зотов, Г.Д. Харьков, Т.В. Прологова, Д.М. Тебердиев, Л.С. Трофимова, Т.М. Лебедева, Е.П. Яковлева, Г.В. Благовещенский, В.Д. Штырхунов. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 44 с.

3 СЕКЦИЯ «ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ, ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ»

УДК 632.6.14

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ

Вытовтов В.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *v.a.vitovtov@mail.ru*

Резюме. *Проведена оценка влияния лесомелиоративного комплеса на температуру почвы. Исследования проведены на стационарном многолетнем полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ) ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенного в северной части Медвенского района Курской области. Температуру измеряли на поверхности почвы и в корнеобитаемом слое.*

Ключевые слова: *температура почвы, гречиха, лесомелиоративный комлекс, лесные полосы.*

Summary. *An assessment of the impact of agroforestry meliorative complex on soil temperature has been conducted. The research was carried out on a long-term stationary field experiment focused on contour-meliorative agriculture (CMA) at Federal Agricultural Kursk Research Center-situated in the northern part of the Medvensky District, Kursk region. Soil temperature was measured both at the surface and in the root-inhabited layer.*

Key words: *soil temperature, buckwheat, agroforestry meliorative complex, forest shelter-belt.*

Температура почвы оказывает существенное влияние на развитие всходов и рост растений. При значениях темепратуры почвы ниже «критической» (по И.Б. Ревуту) семена не прорастают, если выше – прорастают быстрее. Во время всходов почва должна быть достаточно прогрета до так называемых «критических» температур прорастания. Например, для семян гречихи оптимальная температура для прорастания находится в интервале от 15 до 30 °С. При более низкой температуре прорастание семян замедляется, и появление всходов задерживается. Если при температуре 15-20 °С всходы гречихи отмечаются на 5-7й день после посева, то при температуре 8-10 °С – лишь через 10-16 дней [1].

В связи с этим уделяется пристальное внимание изучению температуры почвы [2-6].

Цель исследования – оценить влияние лесомелиоративного комплекса на температуру почвы на склонах.

Исследования проведены на стационарном многолетнем полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ) ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в северной части Медвенского района Курской области.

Температура почвы на склонах западной и восточной экспозиций различается лишь в ходе суточной кривой. В большинстве случаев эти склоны по агроклиматическим показателям отличаются мало и при прочих равных условиях приравниваются. В нашем случае были выбраны имеющиеся склоны западной экспозиции.

В условиях малой облачности замеры температуры проводили на ранее выбранных ключевых участках, которые расположены на водораздельных частях и внизу склонов. На одном склоне находились водорегулирующие лесные полосы, усиленные канавами в междурядиях и валами по нижней опушке (лесомелиоративный комплекс). На другом контрольном слоне лесные насаждения отстутствуют.

Выбор ключевых участков основан на одинаковом эрозионном воздействии для параллельных участков [7].

Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый, в нижней части склона слабоэродированный.

Измерения температуры почвы проводили с применением комплектов почвенных ртутных термометров Савинова. Эти термометры предназначены для измерения температуры почвы на глубинах: 5, 10, 15 и 20 см и имеют шкалу с ценой деления 0,5 ºС. Чуть выше ртутного резервуара термометры согнуты под углом в 135º. Капилляр от резервуара до начала шкалы изолирован термонепроницаемым материалом, чтобы уменьшить влияние на показания термометра слоев почвы, которые находятся выше ртутного резервуара.

Для установки термометров выкапывали узкую канавку в направлении восток – запад. Землю доставали пластами, сохраняя порядок ее залегания. Северную стенку канавки делали вертикальной. В нее вставляли резервуары термометров в горизонтальном положении по мере возрастания глубин в последовательности с востока на запад. Потом канавку засыпали землей в последовательности доставания пластов. Шкалы термометров были повернуты на север, а они сами наклонены к поверхности почвы под углом 45º.

Паралельно проводились измерения температуры термометром-щупом походным почвенным АМ-6, предназначенным для измерения температуры в пахотном слое почве на глубинах от 3 до 40 см. Он состоит из оправы и толуолового термометра длинной 580 мм с ценой деления в один градус с интервалом измерения температуры от 0ºС до 60ºС.

Дополнительно измеряли температуру на поверхности почвы и на двухметровой высоте. Для этого использовали электронные термометры, менее инерционные с ценой деления в 0,1º.

Замер температуры был проведен по всходам гречихи.

На рисунках 1-2 представлена динамика температуры по часам для четырех ключевых участков.

Более подробно остановимся на показаниях температуры почвы на глубине 5 см (рис. 1). Более высокая температура в течение всего дня отмечена на участках, закрытых лесополосами, что вызвано их меньшим продуванием ветром. Существенная разница в температуре отмечена в девять часов утра на ключевых участках на плакорах. На контроле она значительно ниже.

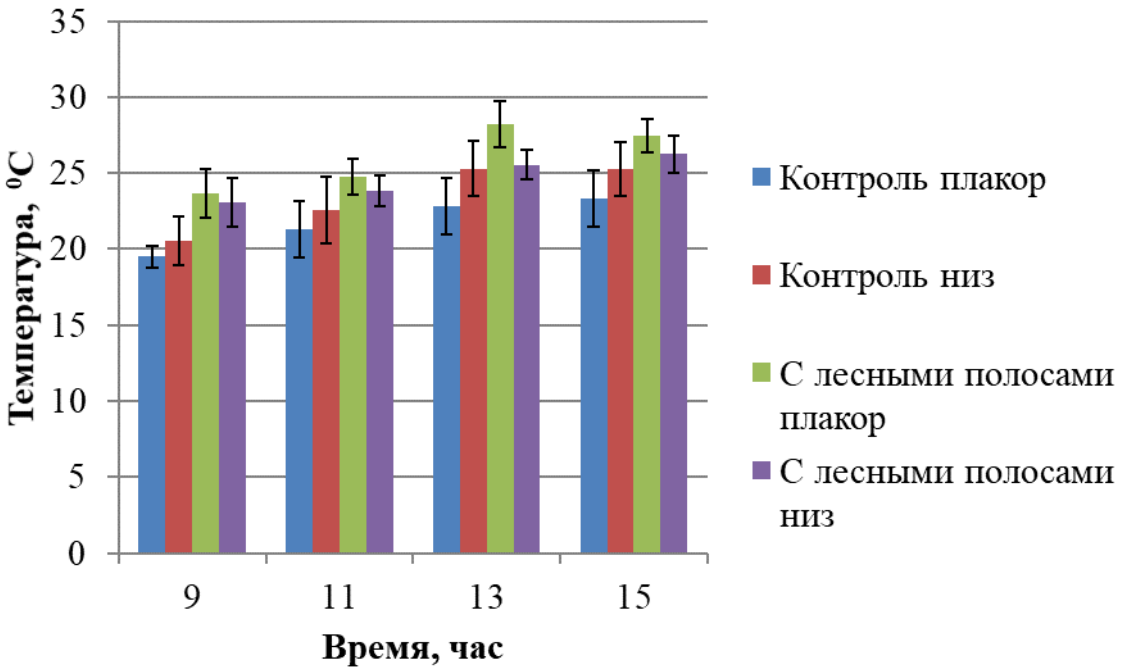


Рисунок 1 – Температура почвы на глубине 5 см

На глубине почвы 20 см рост температуры в течение дня имеет меньшее значение. Максимальные различия в температуре отмечены на ключевых участках контрольного водосбора в 15 часов. Выше температура отмечена на контроле внизу склона. К 13 часам температура была одинакова в пределах погрешности на всех ключевых участках.

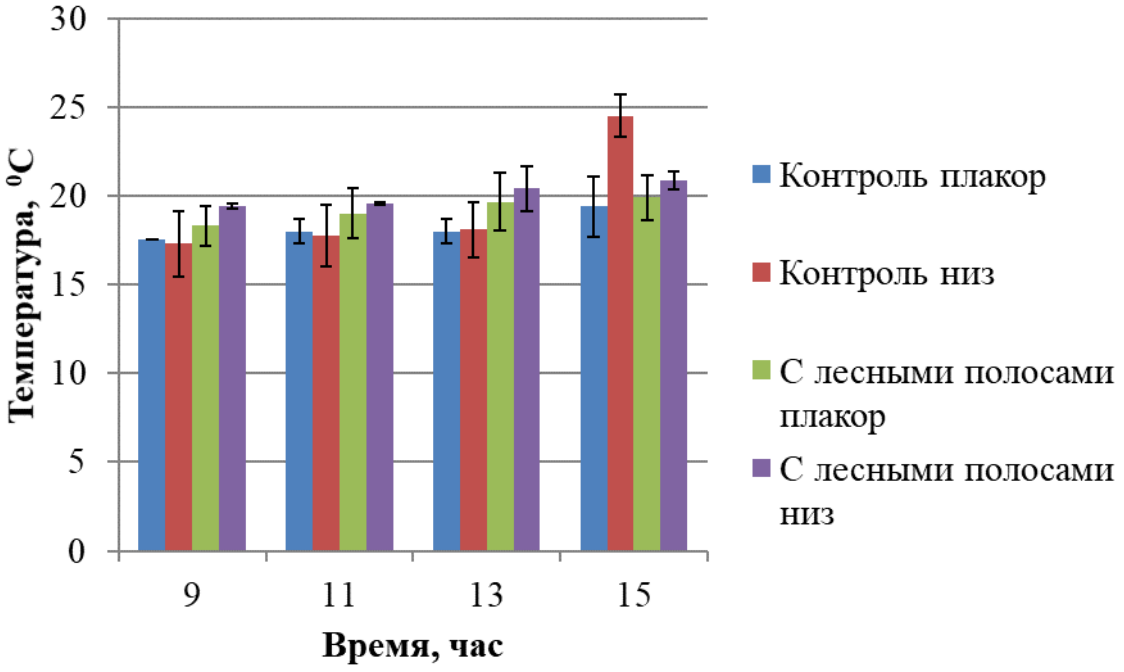


Рисунок 2 – Температура почвы на глубине 20 см

В заключении можно отметить, что более комфортная температура почвы зафиксирована на склоне с лесными полосами. Связано это с меньшей ветровой нагрузкой, сдерживаемой лесными полосами.

Библиографический список

1. Важов В.М. Гречиха на полях Алтая: монография. – М: Академия Естествознания, 2013. – 188 с.
2. Махатков И.Д., Ермолов Ю.В. Пространственное варьирование температуры корнеобитаемого слоя почв северной тайги Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 16-24. – DOI: 10.31251/pos.v1i1.4.
3. Бадахова Г.Х. Температура поверхности почвы в среднегорной зоне Центрального Предкавказья в теплый период года // Символ науки: международный научный журнал. – 2023. – № 8-1. – С. 30-32.
4. Рыспеков Т.Р. Зависимость данных почвенных термометров от их расположения относительно генетических почвенных трещин в степной зоне Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2012. – №1. – С. 88-97.
5. Шеин Е.В., Банников М. В., Трошина О. В., Чуркина О. А. Температурное поле комплексного почвенного покрова на примере почвенного покрова Владимирского ополья // Почвоведение. – 2009. – №2. – С.144-151.
6. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.А., Титов А.Г. Применение дождевальной установки для оценки влияния температуры почвы на потери биогенных веществ // Агрохимический вестник. – 2020. – № 6. – С. 54-58. – DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10086.
7. Sukhanovsky Yu.P., Prushchik A.V., Vitovtov V., Titov A. On methodology problems of developing innovative technologies taking into account anti-erosion measures// Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions: BOI Web of conf., Kursk, Russia, June 28-30, 2021 / Kursk FARC. – Kursk, 2021. -–Vol. 32. – № 01008. – DOI: 10.1051/bioconf/20213201008.

УДК 631.44

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПЛОЩАДЕЙ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ И ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Меженков А.А., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А., Жолудев Р.О., Кучменко Е.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: *aotpo.nfhfolpc@yandex.ru*

Резюме. *На сегодняшний день состояние лесных полос на территории Ростовской области недостаточно контролируется государством и собственниками сельскохозяйственных земельных участков. Однако для степной зоны полезащитные лесные насаждения играют важную роль в поддержании плодородия почвы, препятствованию развития эрозионных процессов и сохранении жизнедеятельности растений. Поэтому важно отслеживать динамику изменения их состояния для целей агроэкологической оценки почв степной и сухостепной зон.*

Summary*. To date, the condition of forest strips on the territory of the Rostov region is insufficiently controlled by the state and the owners of agricultural land plots. However, for the steppe zone, protective forest plantations play an important role in maintaining soil fertility, preventing the development of erosion processes and preserving plant life. Therefore, it is important to monitor the dynamics of changes in their condition for the purposes of agroecological assessment of soils of steppe and dry steppe zones.*

Полезащитные лесные полосы для степной зоны имеют важное значение для поддержания микроклимата агроценозов и препятствования развитию ветровой и водной эрозии. Так, например, по данным Б.В. Карузина (1954) [2]

выживаемость растений озимой пшеницы по полях, расположенных между двумя лесными полосами (межполосные поля), составляет 70 %, а в незащищенных полях при тех же условиях – 50 %, т.е. наблюдается снижение выживаемости на 20 %. На полях, с сетью взаимодействующих ажурных и продуваемых лесных полос испаряемость на защищенной лесными полосами территории по сравнению с испаряемостью открытой степи снижается в среднем на 20-25 % [3]. Таким образом важно отслеживать динамику изменения площадей, занимаемых лесными полосами для оценки их состояния и способности реализовывать свою защитную функцию на прилегающие поля.

Оцифровка лесных полос осуществляется с помощью актуальных многоканальных спутниковых снимков Landsat 8/9, доступных на сайте геологической службы США (USGS) [4] с пространственным разрешением 30 м/пиксель. На их основе рассчитывается нормализованный индекс растительности (NDVI). Расчет индекса NDVI представляет собой отношение суммы и разностизначений отражения в инфракрасной и красной областях спектра. Связано это стем, что максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений приходится на красную область спектра (0.6-0.7 мкм), а максимум отражения клеточных структур зеленого листа лежит винфракрасной области спектра (0.7-1.0 мкм) [1]. Таким образом, чем выше фотосинтетическая активность, тем меньше отражение в красной и больше – винфракрасной области спектра. Отношение этих показателей позволяет однозначно выделять растительные объекты среди других природных объектов. В зависимости от значений индекса полученные результаты можно интерпретировать согласно рисунку 1. Для оцифровки лесных полос выбираются значения индекса, которые соответствуют древесной и кустарниковой растительности.

Рисунок 1 – Интерпретация значений индекса NDVI

Для оценки динамики состояния лесных полос на территории Малоорловского сельского поселения Мартыновского района Ростовской области были использованы снимки Landsat 8 за конец июня 2013 года и начало июля 2022 года (рис. 2).

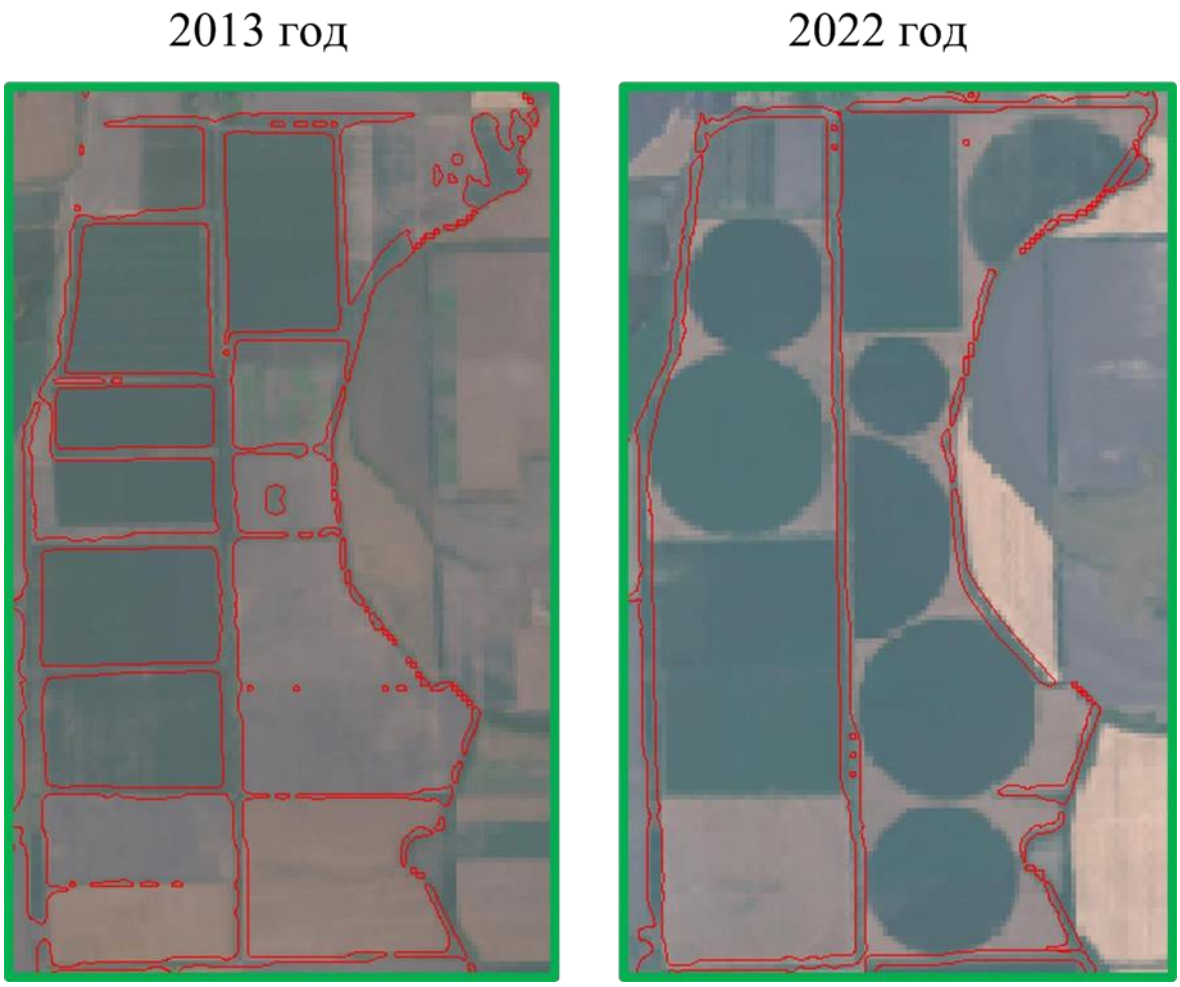


Рисунок 2 – Сравнение фрагментов оцифрованных лесных полос для Малоорловского сельского поселения Мартыновского района Ростовской области за 2013 и 2022 год.

На их основе были рассчитаны индексы NDVI и была проведена оцифровка полезащитных и противоэрозионных лесных насаждений по вышеописанной методике. Результаты сравнения площадей лесных полоспредставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика площади лесных полос для Малоорловского сельского поселения Мартыновского района

Год получения снимка	Площадь (га)	Убыль	
		га	%
Снимок 2013 года	2084.2	-	-
Снимок 2022 года	2036.1	48.1	2.31

Исходя из данных, представленных в таблице, делаем вывод, что наблюдается небольшое снижение площади лесных полос (на 48,1 га). Выпадение лесных полос может объясняться климатическими особенностямирегиона, ненадлежащим контролем их состояния, а также целенаправленным сведением лесных полос в целях преобразования участков под иной вид использования,

например, под орошаемую пашню.

Библиографический список

1. Безуглова О.С., Ильинская И.Н., Закруткин В.Е., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А., Гаевая Э.А., Меженков А.А., Жумбей А.И. Динамика деградации земельв Ростовской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – № 86 (1). – С. 41–54. – DOI: 10.31857/S2587556622010034.
2. Карузин Б.В. Лесные полосы и урожай в Заволжье. – Куйбышев: Кн. изд-во, 1954. – 108 с.
3. Сергеева И.С. Агроэкологический потенциал и противодефляционная эффективность лесных полос на пашнях сухой степи в новых условиях землепользования: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Волгоград, 2009, – 23 с.
4. Официальный сайт геологической службы США (USGS) (https://earthexplorer.usgs.gov/) (Дата обращения: 17.08.2023).

УДК 631.617:631.11

ВЛИЯНИЕ ГЛАВНЫХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ[5]

Петелько А.И., Выпова А.В.
ФНЦ агроэкологии РАН, Новосильская ЗАГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, г.Мценск
E-mail: *zaglos@mail.ru*

***Резюме**. Целью исследования является определение влияния комбинированной стокорегулирующей лесной полосы с низкорослым кустарником на основные природные факторы стока талых вод на серых лесных почвах в Центральной части Нечерноземья. В результате наблюдений выявлена роль главных природных факторов и их взаимодействие на формирование весеннего стока талых вод. Приводятся закономерности снегоотложения в стокорегулирующей лесополосе комбинированной конструкции с низкорослым кустарником. Установлено, что неглубокое промерзание почвы (до 50 см) способствует просачиванию всей талой воды в почву. За годы наблюдений вся талая вода просочилась в нижележащие горизонты. Снеготаяние проходило в спокойном режиме, не вызывая смыва и размыва почвы.*

***Ключевые слова:** почва, снегоотложение, промерзание, влажность почвы, снегозапасы, водопоглощение, низкорослый кустарник, комбинированная стокорегулирующая лесополоса.*

***Summary**. The aim of the study is to determine the effect of a combined runoff-regulating shelter-belt forest with low-growing shrubs on the main natural factors of melt water runoff on gray forest soils in the Central Non-Chernozem Region. As a result of observations, the role of the main natural factors and their interaction on the formation of spring meltwater runoff was revealed. The regularities of snow deposition in a runoff-regulating shelter-belt forest of a combined design with low shrubs are given. It has been established that shallow freezing of the soil (up to 50 cm) contributes to the infiltration of all melt water into the soil. Over the years of observations, all melt*

[5] *Работа выполнена в рамках госзадания ФНЦ агроэкологии РАН, по вопросу № FNFE-2022-0012 «Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологичных систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв».*

water seeped into the underlying horizons. Snow melting took place in a calm mode, without causing washout and erosion of the soil.
Key words: *soil, snow deposition, freezing, soil moisture, snow reserves, water absorption, low-growing shrub, combined flow-regulating shelter-belt forest.*

Введение. На Новосильской опытный станции внедрен противоэрозионный комплекс. Важной составной частью являются защитные лесные насаждения, которые способствуют задержанию и распределению снежного покрова, уменьшают глубину промерзания почвы, сокращают эрозионные процессы. Все это способствует сохранению почвенного плодородия и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Важной задачей противоэрозионной мелиорации является улучшение и поддержание благоприятного увлажнения полей. Сложившиеся погодные условия холодного периода способствовали накоплению снега и впитыванию влаги в почву. Зная закономерности главных природных факторов, можно управлять эрозионно-гидрологическим процессом.

Объект и методы исследований. Стационарный опыт со стоковыми площадками заложен на склоне 3-4^{o}, экспозиция южная. Расположен между суходолом Большие Зерёнки и лощиной Генералов Верх. Почвы здесь серые лесные, средне- и сильносмытые, смытость увеличивается сверху вниз по склону. В нижней части склона расположена 4-рядная лесная полоса 1960 г. посадки. Схема - Б-Т-Т-Б, размещение 2,5х1 м. В лесополосе опытного участка были проведены посадки низкорослого кустарника спиреи Японской *Froebeli*.

Схема опыта:

1. Зяблевая вспашка поперёк склона, без лесной полосы (контроль).
2. Зяблевая вспашка поперёк склона + низкорослый кустарник по верхней опушке.
3. Зяблевая вспашка поперёк склона + низкорослый кустарник по нижней опушке.
4. Зяблевая вспашка поперек склона + низкорослый кустарник по верхней и нижней опушкам.

Научный объект со стоковыми площадками показан на рисунке 1.

По программе научных исследований изучали снегоотложение, промерзание, влажность, оттаивание, сток талых вод и смыв почвы. Перед снеготаянием высоту снежного покрова на стоковых площадках измеряли по двум снегомерным ходам через 2-4 м в 3-5 кратной повторности. Плотность снега определяли весовым снегомером на каждой стоковой площадке в 6-ти точках в 2-х кратной повторности. Глубину промерзания почвы определяли по наличию кристаллов льда при бурении. Почву на влажность отбирали в 3-х кратной повторности со следующих глубин: 0-3, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 см. Применяли термостатно-весовой метод Запасы воды в снеге Q (мм) вычисляли по формуле:

$$Q = 10\ Hd,$$

где H –- высота снежного покрова,
d – плотность снега, г/см^3.

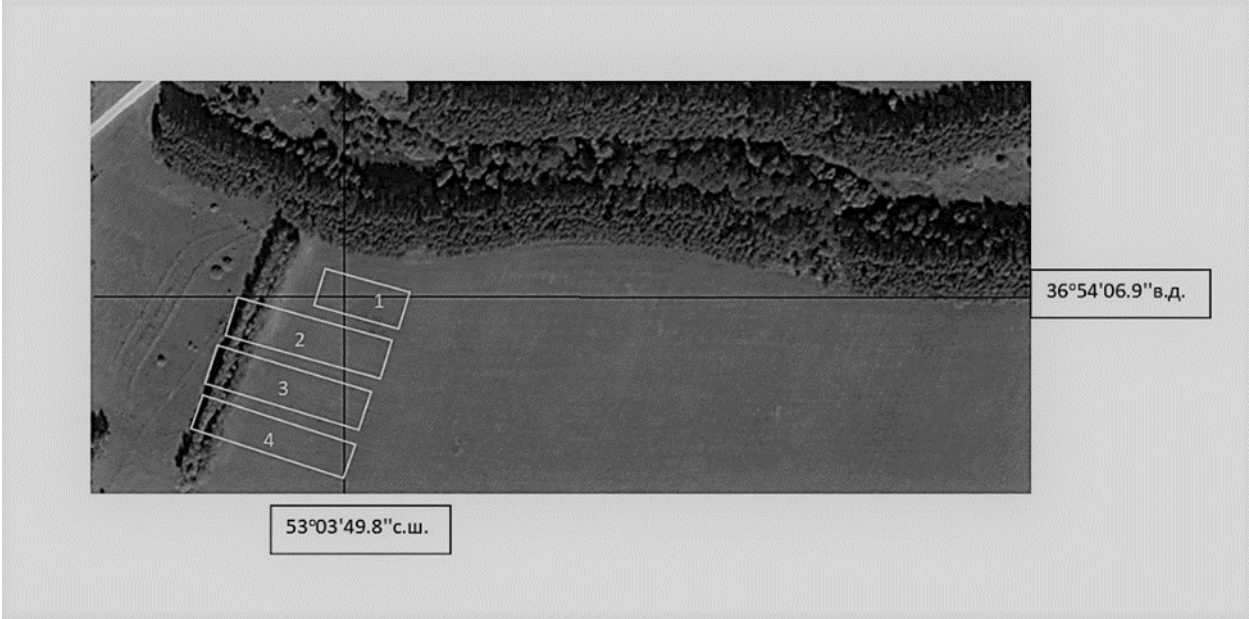


Рисунок 1 – Схема расположения стоковых площадок

Примечание. В 2020 и 2022 годах агрофоном на стоковых площадках была зяблевая вспашка, а в 2021 г. – озимые.

В период снеготаяния наблюдения за оттаиванием проводили при помощи металлической шпильки в 5-ти кратной повторности в верхней, средней и нижней частях стоковых площадок.

В связи в тем, что за годы исследований поверхностный сток талых вод не сформировался, замеры воды на порогах водосливов не проводили.

Научно-исследовательская работа выполнялась согласно программе и методике, методическим рекомендациям, указаниям и др. материалам [1-11].

Результаты и их обсуждение. Охарактеризуем полевые наблюдения за 3 года (2019-2022).

2019-20 г. В сентябре, октябре и ноябре температурный режим был теплее по сравнению с многолетними величинами. В целом осень была теплее на 2,6°С. Сумма осадков составила 100 мм, то есть меньше нормы на 20,7 %.

Декабрь был теплее обычного. В условиях необычно теплого температурного режима (20-25 числа) почва повсеместно полностью оттаяла, но установившаяся с 26 декабря слабо морозная погода вызвала на большей части территории промерзание почвы до 1-4 см. Сумма осадков за месяц равнялась 25 мм или 67,5 % от многолетних величин.

В январе температура воздуха впервые за послевоенный период наблюдений оказалась выше многолетних значений. Всё это вызвало таяние снежного покрова. Эти погодные условия способствовали небольшому оттаиванию почвы, а местами она была талая. На 31 января глубина промерзания почвы составила 5-10 см. Месячная сумма осадков достигла 34 мм (106,2 %) от нормы.

Февраль оказался теплее обычного. Средняя месячная температура воздуха составила -0,8°С. Аналогичная температура воздуха за февраль наблюдалась в 1989 году. На протяжении всей третьей декады февраля днем температура

воздуха превышала 0°С. В ночные и утренние часы отмечались небольшие морозы. 23 февраля выпал снег, который днём, при положительной температуре воздуха, во второй половине декады начал таять. В условиях повышенного температурного режима наблюдалось оттаивание почвы. Ночные понижения температур воздуха до отрицательных значений вызвали небольшое промерзание почвы сверху до 1-2 см. Верхний слой почвы днём вновь оттаивал.

Февральские осадки превысили норму почти в два раза – 60 мм или 196,7 %. Осадки наблюдались в виде снега, мокрого снега, а в отдельные дни с дождем.

За зиму выпало 129 % осадков. Почва в течение зимы неоднократно замерзала и оттаивала. Зимняя температура воздуха превышала средние многолетние значения на 8,4°С.

В марте среднемесячная температура воздуха составила 4,2°С тепла, что значительно выше нормы. Такой температурный режим за многолетний период наблюдался впервые.

В целом за месяц осадков выпало 19 мм, что ниже нормы (63,3 %).

В связи с потеплением 21 февраля на опытных участках провели снегомерную съемку (рис. 2).

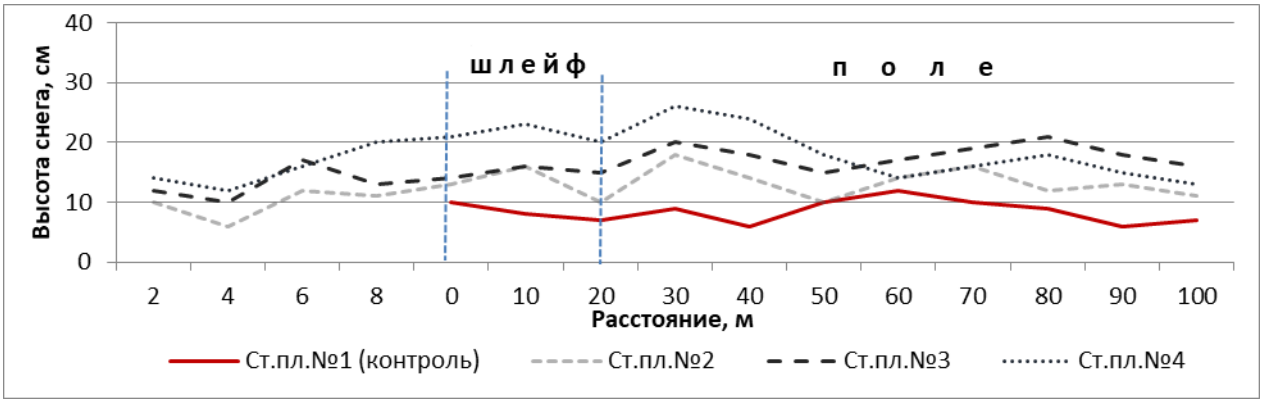


Рисунок 2 – Изменение высоты снежного покрова перед снеготаянием

Из него следует, что на контроле без лесной полосы высота снега меньше, по сравнению с другими вариантами со стокорегулирующей лесной полосой комбинированный конструкции с низкорослым кустарником.

Для гидрологической оценки противоэрозионных приемов широко применяют метод определения влажности почвы. При использовании этого метода наблюдается довольно сильное варьирование данных по влажности. Г.Н. Высоцкий указывал, что среди равномерно влажной почвы попадается вдруг образец, который характеризуется сухостью или сыростью из-за неоднородности грунта [12].

О несогласованности и противоречивости полученных результатов при изучении увлажнительной роли стокорегулирующих приёмов термостатно-весовым методом было отмечено в работах И.А. Скачкова и П.С. Трегубова [13], Г.П. Сурмача и др. [14]. Г.П. Сурмач пришёл к выводу, что большие изменения колебания запасов и прибавок влаги связаны с неоднородностью механического состава почвы.

В наших условиях перед весенним снеготаянием влажность и влагозапасы по слоям изменялись значительно. В слое 0-30 см влажность почвы в лесной полосе была наивысшая – 22,9 %, а на зяби в разных точках колебалась от 18,2 до 20,2 %. Влагозапасы в этом же слое равнялись в стокорегулирующей лесной полосе 83,1 мм, на зяблевой вспашке – 72,4-83,6 мм.

В слоях 0-50 см влажность почвы составила на контроле без лесной полосы (зябь) 18,2-19,9 %, а на вариантах с лесной полосой – 17,9-20,5 %, влагозапасы на контроле – 134,6-142,2 мм, на агрофонах с лесополосой – 131,6-133,2 мм. Глубже 50-ти см происходит перераспределение влажности почвы и влагозапасов. Здесь наблюдается варьирование полученных данных.

В метровом слое почвы запасы влаги на контроле – 204,3-220,5 мм, а на вариантах с лесной полосой несколько выше – 208,6-236,7 мм, т.е. разница составила 4,3-16,2 мм. Такие колебания влажности почвы и влагозапасов связаны с неоднородностью литологического состава почвы на склоновых землях. В исследуемом году промерзание почвы перед снеготаянием было слабое – до 10 см.

На стоковых площадках перед снеготаянием высота снежного покрова была незначительная, в среднем 14 см. На контроле она составила 8 см, на других вариантах с лесной полосой и низкорослым кустарником – 12-18 см. Плотность снега колебалась от 0,342 до 0,365 г/см^3. Наибольшие запасы воды в снеге – 62 мм наблюдались на агрофоне зяби со стокорегулирующей лесной полосой комбинированный конструкции и низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам. Средние снегозапасы для всего опыта равнялись 48 мм.

Снеготаяние началось 22 февраля и длилось до 1 марта. В связи с похолоданием в ночные часы оно прерывалось. В дневные часы снег таял и оседал. Вода постепенно просачивалась в оттаявший слой почвы. Таяние снега в дневное время начиналось при температуре 0-1°С тепла. Кристаллы снега покрывались тонкой водяной плёнкой и между ними скапливалась талая вода, которая медленно впитывалась. 23 февраля выпал небольшой снег, который растаял во второй половине третьей декады. За третью декаду февраля температура воздуха составила 1 °С тепла, что на 8 °С выше нормы. Аналогичный температурный режим наблюдался в 2017 году. Осадков выпало мало. 4 дня боли с осадками в 1 мм и более за сутки. Сумма осадков – 5 мм.

В условиях повышенного температурного режима наблюдалось оттаивание днём верхнего слоя почвы. Установлено отепляющее влияние снежного покрова, которое предохранило почву от глубокого промерзания. Весенний сток талых вод не сформировался. Этому способствовало неглубокое промерзание почвы перед снеготаянием и сложившиеся погодные условия холодного периода. Вся талая вода просочилась в почву. Водопоглощение на контроле составило 34 мм, а на вариантах зяби со стокорегулирующей лесополосой и низкорослым кустарникам были больше на 13-33 мм (47-64 мм).

2020-21 г. В целом осень была теплее обычного на 3,6 °С. 11-13 ноября среднесуточная температура воздуха понижалась до отрицательных значений. Осадков выпало 12,4 мм или 98,4 % от нормы.

Устойчивый снежный покров образовался во второй декаде декабря. Частые

снегопады, наблюдавший в третьей декаде декабря способствовали снегонакоплению. Среднемесячная температура воздуха декабря была –4 °С, что на 2,9 °С выше многолетних значений. За месяц выпало 39 мм осадков (105,4 %).

В январе преобладал повышенный температурный режим с частыми оттепелями, которые ухудшали условия перезимовки озимых. В среднем за месяц температура воздуха равнялась –5,2 °С, что на 4,6 °С выше климатических величин. Осадки превысили средние многолетние значения более чем в 2 раза и достигли 32 мм, что составляет 225 % месячной нормы.

В феврале наблюдалась холодная погода с частыми снегопадами. Максимальное снегонакопление отмечалось во второй декаде февраля, средняя высота снега на полях равнялась 30-35см. Отмечавшиеся в период 25-28 февраля оттепели с осадками в виде мокрого снега и дождя вызвали таяние и оседание снега. Осадки в феврале значительные – 63 мм или 203,2 % от средних многолетних данных. Истекший месяц оказался на 0,8 °С холоднее обычного. Средняя температура воздуха достигла 10,2°С. Аналогичная температура воздуха отмечалась в 2005 году.

За зимний период средняя температура воздуха была –6 °С, что на 2,1 °С теплее средних многолетних значений. Осадков выпало много - 174 мм, из них в декабре – 39 мм, в январе – 72 мм, в феврале – 63 мм. На конец февраля промерзание почвы неглубокое – 23-32 см.

В марте среднемесячная температура воздуха составила +2,3 °С, что намного выше нормы. Такой температурный режим за многолетний период наблюдался впервые. За месяц выпало 19 мм осадков (63,3 %) от нормы. В середине марта потеплело. Перед началом снеготаяния 15 марта провели снегомерную съемку на опыте. На стоковых площадках высота снежного покрова – на контроле – 18 см, а на вариантах с лесной полосой до 24 см. Плотность снега имела колебания: 0,296-0,370 г/см^3. Запасы снеговой воды на варианте без лесной полосы составили 53 мм, а на агрофонах с лесополосой произошло увеличение их от 69 до 89 мм, т.е. превысили контроль на 16-36 мм. Снегоотложение на стоковых площадках показано на рисунке 3.

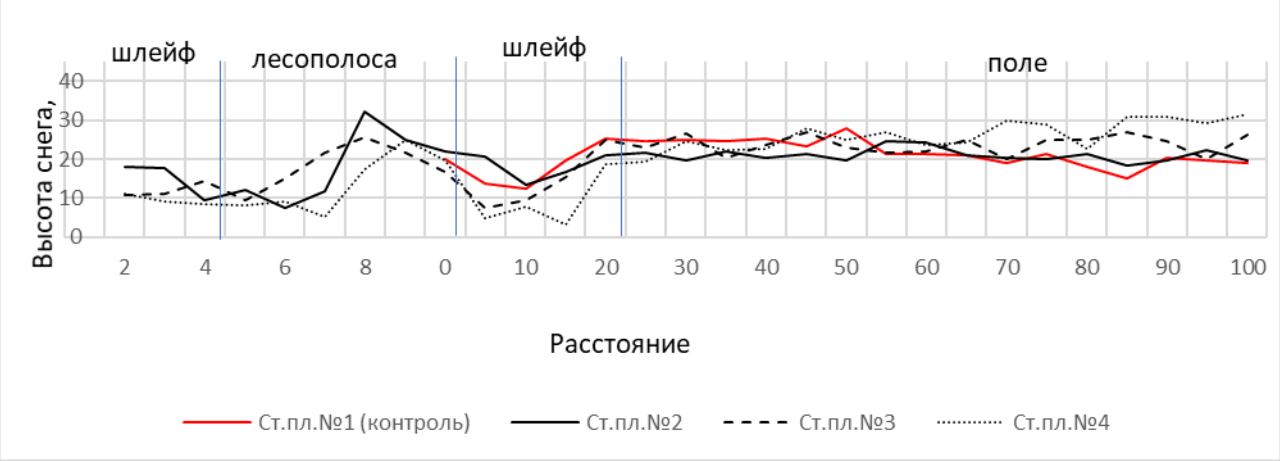


Рисунок 3 – Снегоотложение на стоковых площадках

На неглубоком промерзании почвы сказались теплые погодные условия

холодного периода. На опыте глубина промерзания почвы на контроле без лесной полосы составила 46 см, а на агрофонах с лесной стокорегулирующей полосой комбинированной конструкции с низкорослым кустарником была 22-36 см, т.е. меньше на 10-24 см. За период снеготаяния выпало 10 мм осадков. При слабом промерзании почвы весенний сток не сформировался. В сложившихся погодных условиях стока не бывает, происходит впитывание всей талой воды в почву. Отсюда следует, что слабопромёрзшая почва обладает высокой впитывающей способностью.

Оттаивание почвы происходило снизу и сверху. Перед установлением положительных температур воздуха почва под снегом была талая.

Водопоглощение на контрольной стоковой площадке составило 63 мм, а на агрофонах с лесной полосой и низкорослым кустарником произошло увеличение на 13-36 мм. Вся талая вода просочилась в почву.

2001-2022 г. Осень была теплее обычного на 4,3 °С. Минимальная температура почвы на глубине 3 см была в наиболее холодные ночи, при отсутствии снежного покрова она понижалась до 1-7 °С мороза.

В декабре средняя температура воздуха за месяц равнялась –4,8 °С, что на 2,1 °С выше нормы. На 30 декабря высота снега достигла 12-15 см. Промерзание почвы неглубокое – 20-25 см. Выпавшие осадки за месяц превысили средние многолетние показатели и равнялись 52 мм или 140,5 %.

В течение января продолжалось накопление снега на полях. В конце месяца высота снежного покрова достигла 32-49 см. Глубина промерзания колебалась от 4 до 19 см. Из-за глубокого снега почва начала оттаивать снизу. Средняя температура января составила –5,2 °С, осадков выпало много – 90 мм или 281,2 % от многолетних значений.

В феврале в дневные часы наблюдалось потепление, а ночью слабые морозы. Температура воздуха за месяц –1,6 °С. Наблюдались частые оттепели, что вызвало уплотнение снежного покрова. В условиях повышенного температурного режима местами происходило небольшое оттаивание почвы на 1-3 см снизу. Промерзание почвы небольшое 5-10 см. Осадков выпало меньше нормы – 29 мм, отклонение составило 93,5 %.

Зимний период в основном был теплым. Температура воздуха –4,9 °С. Осадков выпало 171 мм. Установившийся снежный покров способствовал слабому промерзанию почвы. В третье декаде февраля 2022 г. сохранялся повышенный температурный режим, который наблюдался в 1995 и 2002 годах. В период оттепелей днем происходило слабое таяние снега, а в морозные ночные часы – промораживание его и уплотнение.

В марте средняя температура воздуха равнялась –1,6 °С. Аналогичная температура воздуха наблюдалась в 2001 году. Сумма осадков за месяц – 16 мм или 53,3 % от многолетних значений.

15 марта на стоковых площадках провели снегомерную съемку. На вариантах опыта высота снега составила перед снеготаянием 28-36 см. Плотность снежного покрова была в пределах от 0,315 до 0,331 г/см^3. Большие запасы воды в снеге (116 мм) наблюдались на агрофоне зяблевой вспашки поперёк

склона + стокорегулирующая лесная полоса комбинированный конструкции с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам, а на контроле без лесной полосы – 88 мм. Из полученных данных видно, что имеются различия по снегоотложению на агрофонах с низкорослым кустарником по сравнению с контролем. Превышение по запасам воды в снеге было от 10 до 28 мм. Снегозапасы для всего опыта в среднем равнялись 103 мм.

В стокорегулирующей лесополосе с низкорослым кустарником высота снега была 27-31 см, в шлейфовой зоне – 32-36 см, а в середине поля на зяби – 24-29 см.

Полевые наблюдения показали, что наиболее эффективным по снегозадержанию был вариант при размещении низкорослого кустарника по верхней и нижней опушкам. Высота снега наивысшая – 37 см, запасы воды в снеге – 120 мм, т.е. превышение составило, соответственно, 10 см и 33 мм по сравнению полевой частью зяблевой вспашки. В самой стокорегулирующей лесополосе комбинированной конструкции высота снежного покрова – 28-32 см, снегозапасы – 90-103 мм. Снегоотложение на вариантах опыта показано на рисунке 4.

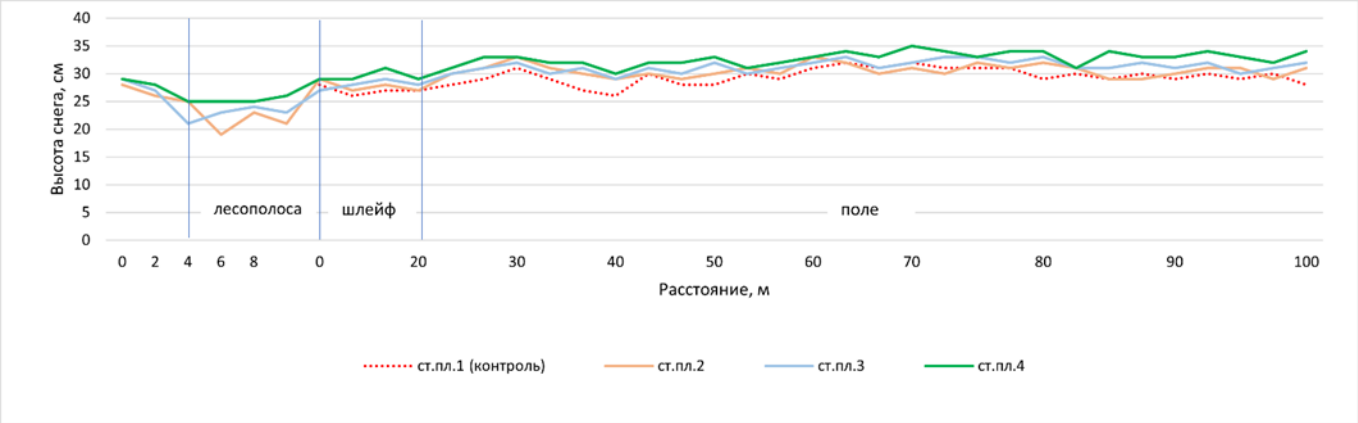


Рисунок 4 – Снегоотложение на вариантах опыта

Влажность почвы, определённая перед снеготаянием, изменялась в значительной степени. На агрофонах более увлажненным был слой 0-30 см. Влагозапасы распределялись неравномерно. В верхнем слое (0-30 см) влагозапасы на контроле в середине поля на зяби составили 87,4 мм. В этом же слое (0-30 см) в лесополосе запасы влаги несколько выше (88,1-99,5 мм) – по сравнению с контролем без лесной полосы. Наибольшее накопление влаги произошло в шлейфовой зоне – 171,6 мм. Глубже 50-ти см происходит перераспределение показателей влажности почвы. Здесь наблюдается варьирование влагозапасов. Такие колебания запасов влаги в почве связаны не только с влиянием лесополосы, обработки почвы и др., но и с пестротой литологического состава серых лесных почв. Имеющие отклонения изменения влажности почвы зависят от наличия прослоек разного механического состава. Полученные данные позволили провести сопоставление различных агрофонов на накопление влаги в почве.

Перед снеготаянием промерзание почвы на вариантах опыта было

неглубокое – 4-25 см, местами почва была талая, что повлияло на формирование стока талых вод. Период снеготаяния прерывался морозами и длился 24 дня (с 15 марта по 7 апреля). 7 апреля снег полностью растаял. За период снеготаяния выпало 9 мм осадков в виде мокрого снега и дождя. В дневные часы талая вода впитывалась в оттаявший слой почвы. Из-за слабого промерзания почвы сток талых вод не сформировался.

Во время таяния снега смыва и размыва почвы не наблюдалось, так как вся снеговая вода просочилась в почву. Водопоглощение на стоковых площадках зависело от снегозапасов. На контроле водопоглощение наименьшее – 97 мм, а наибольшее (125 мм) на поле зяби + комбинированная лесная полоса с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам.

Материалы показателей водного баланса по годам исследований даны в сводной таблице.

Таблица – Показатели водного баланса по годам исследований

Номера стоковых площадок	Запасы воды в снеге, мм	Осадки за период снеготаяния, мм	Общие снегозапа-сы, мм	Продолжительность снеготая-ния, сут.	Водопоглощение, мм	Весенний сток талых вод, мм	Коэффициент стока
2020 год (зябь)							
№1 (контроль)	29	5	34	8	34	0	0
№2	42	5	47	8	47	0	0
№3	57	5	62	8	62	0	0
№4	62	5	67	8	67	0	0
2021 год (озимые)							
№1 (контроль)	53	10	63	19	63	0	0
№2	70	10	80	19	80	0	0
№3	69	10	79	19	79	0	0
№4	89	10	99	19	99	0	0
2022 год (зябь)							
№1 (контроль)	88	9	97	24	97	0	0
№2	98	9	107	24	107	0	0
№3	109	9	118	24	118	0	0
№4	116	9	125	24	125	0	0
Среднее за 3 года	74	8	82	17	82	0	0
$НСР_{05}$	5,6						

Наблюдения научных исследований за 3 года показали, что на стоковых площадках главные природные факторы оказали своё влияние на сток талых вод. Слабо промёрзшая почва, независимо от увлажнения и снегозапасов, обладает высокой впитывающей способностью, что вызывает поглощение всей талой воды в почву. Продолжительность снеготаяния колебалась от 8 до 24 суток. Водопоглощение в 2020 году было 34-67 мм, в 2021 – 63-99 мм, в 2022 г. – 97-125 мм. Сток талых вод не сформировался.

Выводы.

1. За период наблюдений сложившиеся гидрометеорологические условия способствовали неглубокому промерзанию почвы. В многофакторном полевом

опыте промерзание почвы не превышало 50-ти см, что способствовало просачиванию всей снеговой воды в нижележащие горизонты.

2. Перед снеготаянием наиболее увлажнённым был верхний слой почвы 0-30 см, а глубже происходило перераспределение влажности почвы, что связано неоднородностью механического состава почвы.

3. Эрозионно-гидрологические процессы протекают под влиянием природных и антропогенных факторов. В результате исследований были выявлены главные природные факторы (снегозапасы, влажность и промерзание почвы), которые оказывают влияние на формирование поверхностного стока талых вод.

4. Установлены закономерности влияния лесной полосы комбинированной конструкции с низкорослым кустарником на снегоотложение и промерзание почвы, повышается водопоглощение и улучшается влагообеспечение самой лесополосы. Регулируя характер снегоотложения низкорослым кустарником, можно добиться предохранения почвы от глубокого промерзания или резкого снижения его.

5. Научные исследования показали очевидную роль основных природных факторов. При слабом промерзании почвы, независимо от снегозапасов и влажности почвы, формирование весеннего стока талых вод не происходит. Водопоглощение наивысшее (125 мм) наблюдалась в 2022г. на варианте зяби со стокорегулирующей лесной полосой комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам, а на контроле без лесной полосы лишь 97 мм, т.е. на 28 мм меньше. Зная закономерности главных природных факторов, можно управлять эрозионно-гидрологическим процессом и надежно защитить почву водной эрозии.

Библиографический список

1. Сурмач Г.П., Барабанов А.Т., Гаршинев Е.А., Кузнецов А.П., Панов В.И. Изучение водопоглощающего и противоэрозионного влияния защитных лесонасаждений в комплексе с другими мероприятиями (методические рекомендации). – Москва, 1995. – 96 с.
2. Сурмач Г.П. и др. Методические рекомендации по проведению агротехнических опытов на склонах. – М., 1978. – 43 с.
3. Сурмач Г.П. и др. Методика изучения водорегулирующей эрозионной роли лесных полос и агротехнических приемов. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1967. – 39 с.
4. Сурмач Г.П. и др. Рекомендации по защите почв от эрозии в Орловской области. – Орел, 1973. – 43 с.
5. Доспехов Б.Я. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1968. – 335 с.
6. Петелько А.И. Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья: автореф. дис…доктора с.-х. наук. – Волгоград, 2012. – 39 с.
7. Барабанов А.Т., Петелько А.И., Левшин А.О. Влияние стокорегулирующих лесополос на снегоотложение // Природопользование в аграрных регионах России. – М., 2006. – С. 86-89.
8. Гаршинёв Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. Экспериментальная оценка, расчёт, проектирование. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. – 220 с.
9. Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и полевых участках. – М.: Изд.-во МГУ, 1927. – 168 с.

10. Дюнин А.К. В царстве снега. – М.: Наука, 1983, – 161 с.
11. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. - Волгоград, 2017. - 188 с. – DOI: 1628/9110 01192682_8PS/ST 881/20.
12. Высоцкий Г.Н. Почвенные и почвенно-гидрологические работы. – Избран. соч.: В 2-х т. – М., 1962. – 399 с.
13. Скачков И. А., Трегубов П.С. Эффективность агротехнических приёмов на склонах в системе Докучаевских лесополос // Борьба с эрозией почв. – М., 1968. – С. 16-48.
14. Сурмач Г.П., Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А., Ломакин М.М. К оценке методов изучения увлажнительной роли противоэрозионных приёмов. // Защита почв от эрозии: науч.-тех. бюл. – Курск, 1976. – Вып.6. – С.11-16.

УДК 632.6.14

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ НА СКЛОНЕ С ЛЕСНЫМИ ПОЛОСАМИ

Пручик А.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *model-erosion@mail.ru*

Резюме. *Проведена оценка влияния лесной полосы на впитывающую способность почвы в зависимости от расстояния в сравнении с контролем. Исследования проведены на стационарном многолетнем полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенного в Курской области. Водопроницаемость определяли методом дождевания стоковых площадок. Установлено, что при удалении от лесной полосы на 50 м вниз по склону в первые 15 минут интенсивность впитывания в этой точке превышает в 3 раза все остальные точки отбора. В целом, установившаяся величина впитывания одинакова в пределах погрешности для склона с лесными полосами. При сравнении зависимостей впитывания от эрозионного индекса дождя получили превышение интенсивности впитывания на склоне с лесной полосой в 2,5 раза по сравнению с контролем.*
Ключевые слова: *водопроницаемость почвы, лесные полосы, метод дождевания стоковых площадок.*
Summary. *An evaluation was conducted on the influence of forest strips on the soil's absorption capacity depending on the distance compared to a control group. The study was carried out on a long-term stationary field experiment related to contour-remediation farming at the Kursk FARC, located in the Kursk region. Water permeability was determined using the rainfall-runoff plot method. It was found that at a distance of 50 meters downhill from the forest strip, in the first 15 minutes, the absorption rate at this point exceeds by three times all other sampling points. Overall, the established absorption rate is consistent within the margin of error for slopes with forest strips. When comparing absorption dependencies from the erosion index of rainfall, there was a 2.5-fold increase in absorption intensity on the slope with a forest strip compared to the control.*
Key words: *soil water permeability, forest shelter-belt, the method of sprinkling runoff sites.*

Эрозия почвы распространена практически по всей планете. Существенно сокращая плодородный слой почвы и косвенно оказывая отрицательное воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур, она определена как наиболее серьезная и актуальная угроза, стоящая перед Человечеством [1-4].

Центрально-Черноземный район характеризуется глубоким расположением почвенно-грунтовых вод, следовательно, атмосферные осадки представляют собой единственный источник пополнения влаги в почве. В таких

условиях лесные полосы оказывают положительное влияние на водный баланс почвы, увеличивая снегонакопление и микроклимат в прилегающих к ним полях [5, 6].

На склонах с лесными полосами важен баланс между сохранением почвы, регулированием водного режима и поддержанием экосистемы. Взаимодействие между древесными растениями, почвой и водой играет ключевую роль в регулировании водопроницаемости почвы.

Цель исследования – оценка изменения впитывающей способности почвы при удалении от лесной полосы.

Исследования проведены на многолетнем стационарном полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область).

Выбраны склоны западной экспозиции ложбинно-балочных водосборов. На одном размещены водорегулирующие двухрядные лесные полосы, ориентированные параллельно контурам рельефа, усиленные водоулавливающей канавой, размещенной между рядами деревьев, а также валом, сформированным в нижней части опушки. Полосы однопородные – гибрид тополя евроамериканского "Робуста" (*Populus euramericana Robusta*). Расстояние между рядами составляет 3 метра. На контрольном водосборе лесные полосы отсутствуют.

Объект исследований – чернозём типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках (WRB – Haplic Hortic Chernozems). Среднее содержание общего гумуса (ГОСТ 26213-91) в пахотном слое – 4,7 ± 0,5 %.

Впитывание изучали с применением портативной лабораторно-полевой дождевальной установки (патент на полезную модель 184625 RU) по методу дождевания стоковых площадок. Повторность трехкратная.

Дождь монодисперсный с диаметром капель – 3,99±0,30 мм. Высота падения капель – 1м. Интенсивность дождевания для всех вариантов в среднем составила 1,71±0,02 мм/мин.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, плотность – по Н.А. Качинскому до глубины 0,30 м с шагом 0,10 м.

Для проведения исследования на поле были отобраны монолиты на разном удалении от лесной полосы: 10, 50 и 108 метров вниз и вверх по склону. Одновременно взяты монолиты и на контрольном участке, соответствующе по расположению точек 108 м вверх и вниз от лесной полосы.

Анализ полученных данных (рис. 1) показал, что нет достоверной разницы между значением установившейся интенсивности впитывания при удалении от лесной полосы как вниз, так и вверх по склону.

При одинаковом значении эрозионного индекса отличается характер кривой впитывания на расстоянии 50 м вниз по склону от лесной полосы. В первые 15 минут интенсивность впитывания в этой точке превышает в 3 раза все остальные точки отбора.

На контроле не было получено достоверной разницы по изучаемой почвенной характеристике между точками отбора.

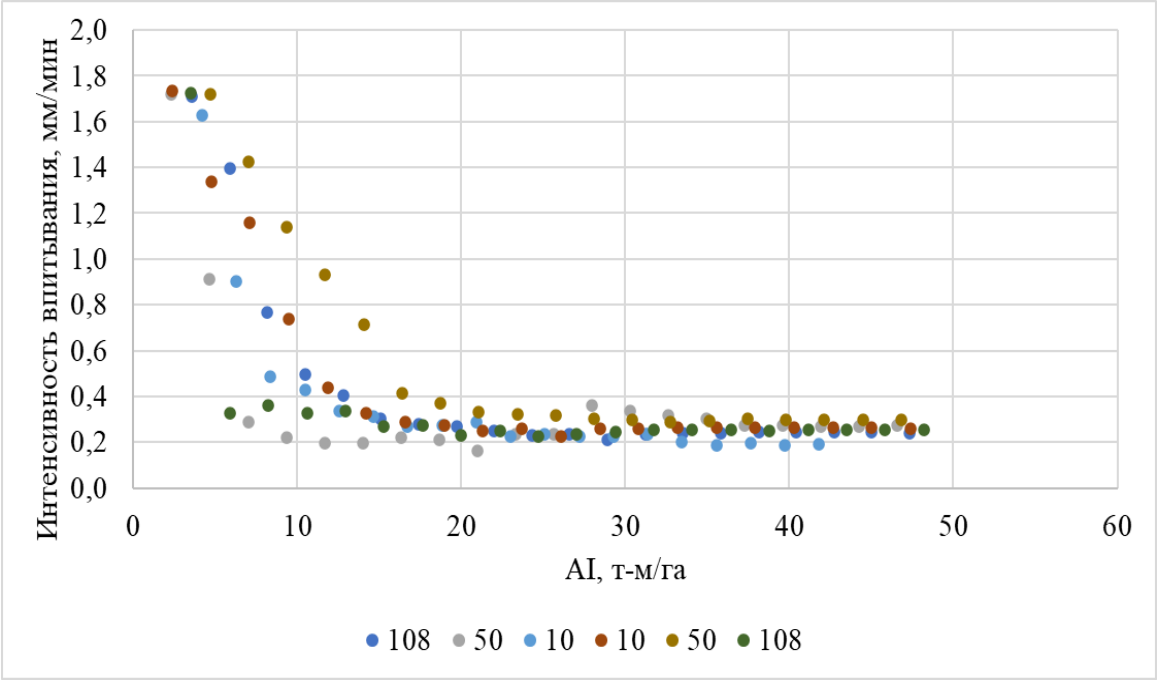


Рисунок 1 – Зависимость интенсивности впитывания от эрозионного индекса дождя на разном удалении от лесной полосы

По полученным данным были рассчитаны средние значения интенсивности впитывания для контрольного водосбора и склона с лесными полосами (рис. 2).

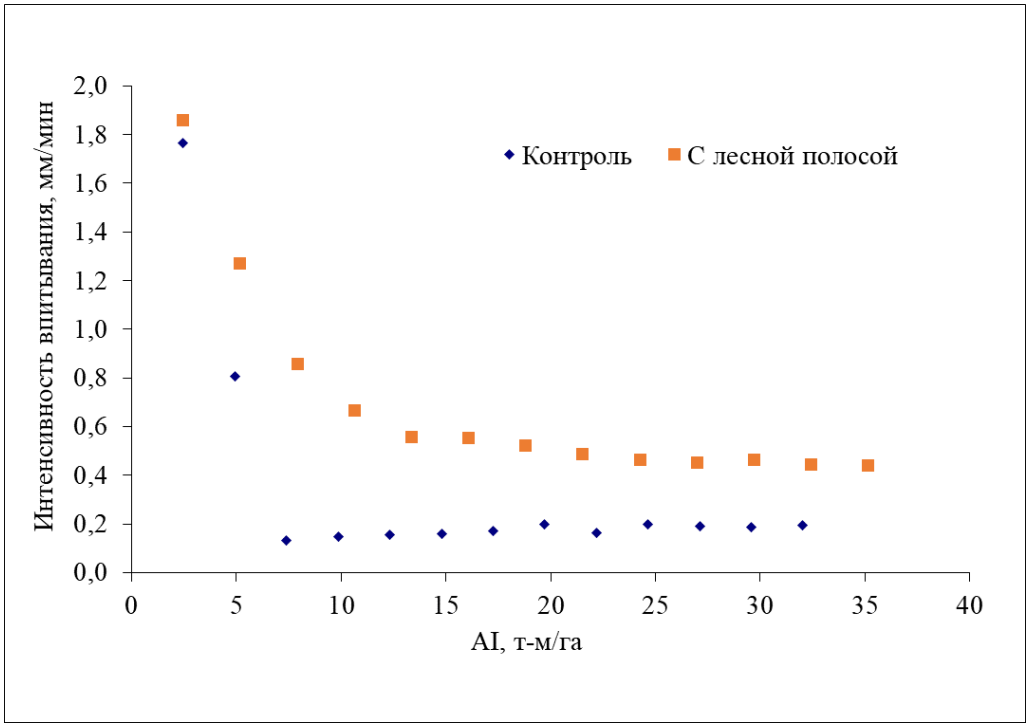


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности впитывания от эрозионного индекса дождя на поле с лесными полосами (среднее) и контроле

При сравнении зависимостей впитывания от эрозионного индекса дождя получили превышение интенсивности впитывания на склоне с лесной полосой. Для установившейся величины впитывания превышение составило 250 %, т.е. в 2,5 раза. Разница между интенсивностью впитывания в течение процесса

дождевания резко увеличилась с 5 минуты выпадения дождя на почву.

Лесные полосы на склонах играют важную роль в регулировании водопроницаемости почвы. Они способствуют улучшению структуры почвы, предотвращают эрозию, регулируют влажность и снижают скорость стока воды. Этот комплексный эффект помогает поддерживать баланс в водном режиме и улучшать условия для роста растений и поддержания экосистемы.

Библиографический список

1. Impacts of land use land cover and soil property changes on soil erosion in the black soil region, China / Shuai Ma, Liang-Jie Wang, Hui-Yong Wang, et al. // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 328. – No 117024. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.117024 URL: https://www.sciencedirect.com/science/ar-ticle/pii/S030147972202597X (дата обращения: 19.08.2023).
2. Map of anthropogenic soil erosion of Russia / A.L. Ivanov, I.Y. Savin, V.S. Stolbovoy, et al. // Doklady Earth Sciences. – 2020. – Vol. 493. – No 2. P. – 654-657. – DOI: 10.1134/S1028334X20080097.
3. Dynamics of agricultural soil erosion in European Russia / L.F. Litvin, Z.P. Kiryukhina, S.F. Krasnov, et al. // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50. – No 11. – P. 1344-1353. – DOI: 10.1134/S1064229317110084.
4. Dynamics of agricultural soil erosion in Siberia and Far East / L.F. Litvin, Z.P. Kiryukhina, S.F. Krasnov, et al. // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – No 1. – P. 150-160. – DOI: 10.1134/S1064229321010075.
5. Ивонин В.М. Эрозия почв при талом стоке на склонах с лесными полосами // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 126-143. – DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-126-143.
6. Полуэктов Е.В., Батищев И.В. Мониторинг водопроницаемости и эрозионных процессов при различных способах основной обработки черноземов юга России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 158-173. – DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-158-173.

УДК 633.12

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПОЛОСЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГРЕЧИХИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СКЛОНАХ

Рубаник Ю.О.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия
E-mail: j.r.97@mail.ru

Резюме. *В статье анализируется высота растений гречихи по фазам её развития в зависимости от экспозиции, элемента склона и расстояния от лесополосы. Охарактеризованы закономерности влияния изученных факторов на рост и развитие гречихи.*
Ключевые слова: *гречиха, рост, высота, фаза развития, склон, экспозиция, лесополоса.*
Summary. *The article analyzes the height of buckwheat plants in the phases of its development depending on the exposure and element of the slope, and the distance from the forest belt. The regularities of the influence of the studied factors on the growth and development of buckwheat are characterized.*
Key words: *buckwheat, growth, height, development phase, slope, exposure, forest belt.*

Агроландшафт в Центрально-чЧерноземной зоне характеризуется высокой степенью расчлененности территории, где около 70% сельскохозяйственных земель расположены на склонах. Склоновые земли сильнее подвержены водной эрозии, что в свою очередь приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Лесные полосы играют важную роль в обеспечении благоприятного

микроклимата для культурных растений и могут значительно снижать эрозионный эффект поверхностного стока, переводя его во внутрипочвенный [2]. Из всех мероприятий по борьбе с эрозией, лесомелиоративные меры считаются наиболее эффективными, особенно если они соответствуют по структуре и свойствам естественным аналогам [3].

Гречиха относится к тем растениям, урожайность которых в наибольшей степени снижается под воздействием водной эрозии [4]. Поэтому, для сохранения потенциала для высокой урожайности, важно учитывать морфологические, биологические и экологические особенности этой культуры, и особенности её развития в условиях склонового агроландшафта [5].

На развитие растений, их адаптацию и взаимодействие в экосистеме влияют функциональные признаки растений. Они влияют на рост, размножение и выживание. Эти признаки включают морфологические, физиологические и фенологические характеристики, такие как высота растения, толщина листа, удельная поверхность корней и содержание элементов питания в корнях и листьях [6].

Некоторые из этих признаков, такие как высота растения, диаметр стебля, площадь поперечного среза корня и масса семян, могут служить маркерами для определения стратегии роста и поглощения ресурсов растений [7]. Высота растений играет важную роль в видовой конкуренции. Высокие растения имеют конкурентное преимущество в борьбе за свет, а также успешнее опыляются и распространяют семена [8].

Функциональные признаки растений так же позволяют выявлять корреляционные связи между этими признаками и влиянием на них лесополос [9].

Исследование проводилось на четвертом водосборе стационарного опытного участка ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном между населенными пунктами Николаевка и Черниченские дворы Медвенского района Курской области. Здесь через 216 метров посажены узкие двухрядные стокорегулирующие лесные полосы с канавами в междурядье и валом по нижней опушке. Между лесными полосами через 54 метра расположены валы-террасы.

Посадка лесных полос осуществлена весной 1985 г. серийными лесопосадочными машинами. Лесные полосы – однопородные, представлены тополем евро-американским гибрид «Робуста».

Согласно данным метеорологической станции города Курска, фактические среднемесячные температуры в период исследования в целом соответствовали норме. Количество осадков же превысило норму в июне и июле – 110% и 253% от месячной нормы соответственно.

Фенологические наблюдения проводились по методике государственного сортоиспытания [10].

Наблюдения за ростом растений проводились в 6 сроков по следующим фазам: фаза появления первой пары листьев, фаза начала цветения, цветение +10 дней, цветение +20 дней, цветение +30 дней (фаза начала созревания), фаза полной спелости [11]. Отбирались по 25 растений в трех повторениях на каждой точке отбора.

Отбор растений производился на расстоянии в 60, 30 и 10 метров выше и

ниже лесной полосы на склонах южной и северной экспозиции. Сорт гречихи Деметра. Посев производился 13 мая 2023 года.

За период наблюдения установлено, что на расстоянии 10 м от ЛП отмечаются минимальные значения средней высоты растений во все фазы развития на южном склоне (рис. 1), с более высокими показателями выше по склону от ЛП. На северном склоне исключение составляет фаза первой пары листьев. В эту фазу на северном склоне максимальная высота в 5,08 см фиксируется на расстоянии 10 м выше ЛП, а минимальная в 60 м выше по склону – 3,93 см (рис 2).

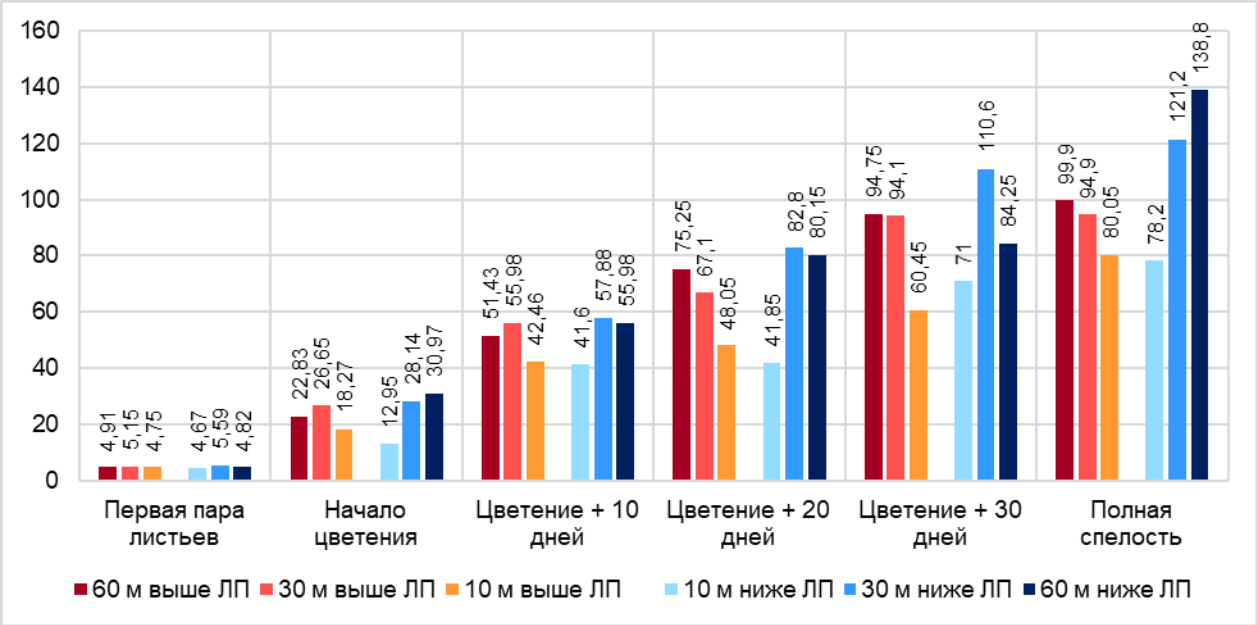


Рисунок 1 – Средняя высота растений гречихи по фазам развития на склоне южной экспозиции

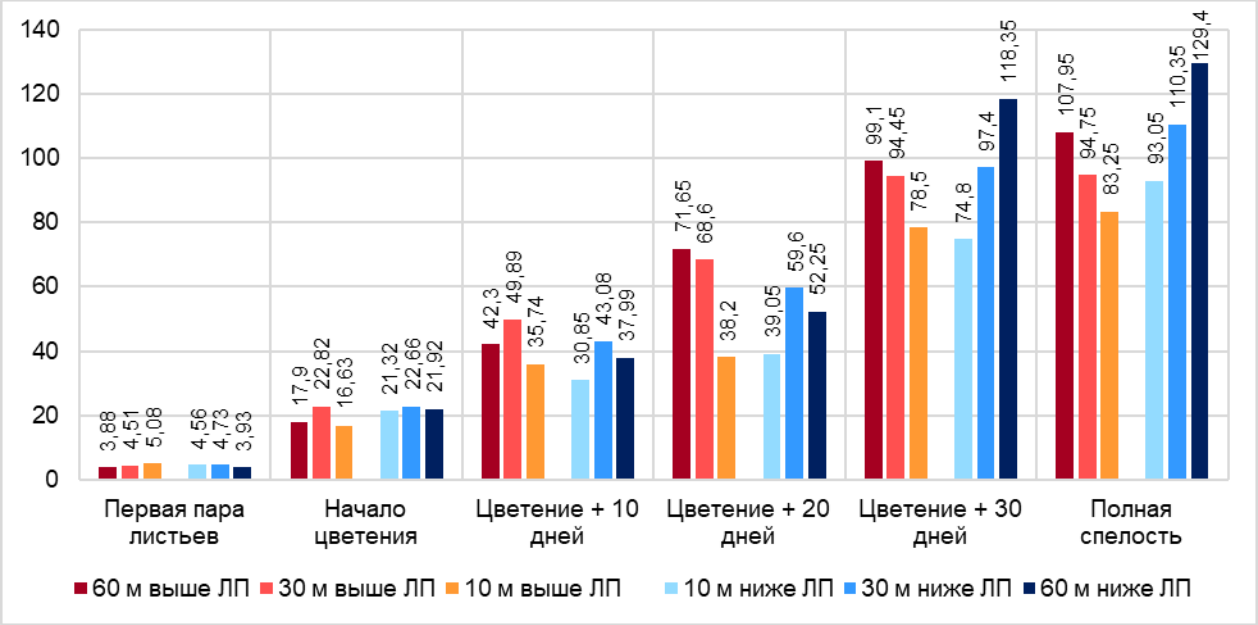


Рисунок 2 – Средняя высота растений гречихи по фазам развития на склоне северной экспозиции

На расстоянии 30 м от ЛП на южной экспозиции все значения выше по склону превышают значения ниже ЛП от 1,5% до 22%, и являются

максимальными во все фазы, кроме фазы полной спелости. На севере влияние элемента склона не так заметно, но показатели высот на этом расстоянии превосходят остальные вплоть до фазы начала созревания (цветение +30 дней).

В 60 м от ЛП на склонах двух экспозиций отмечается преобладание в высоте растений, начиная с первой половины периода цветения растений, достигнув максимума в фазу полной спелости с показателями 138,8 см в 60 м ниже ЛП на юге, и 129,5 см в 60 м ниже ЛП на севере.

На основе полученных аналитических данных был проведен корреляционный анализ зависимости высоты растений гречихи от экспозиции и элемента склона, и расстояния от ЛП по фазам развития (табл. 1).

Таблица 1 – Корреляционная зависимость высоты растений от изучаемых факторов по фазам развития гречихи

Фаза развития	Исследуемые факторы		
	Экспозиция склона	Элемент склона	Расстояние от ЛП
Первая пара листьев	**0,58**	0,00	**-0,34**
Начало цветения	0,28	0,22	**0,51**
Цветение + 10 дней	**0,65**	-0,10	**0,45**
Цветение + 20 дней	**0,36**	-0,07	**0,74**
Цветение + 30 дней	-0,25	0,18	**0,71**
Полная спелость	-0,03	**0,49**	**0,78**

Установлено, что в фазу первой пары листьев заметное влияние на рост гречихи оказывает экспозиция склона. С расстоянием от ЛП же отмечается умеренная обратная связь, то есть чем меньше расстояние от ЛП, тем выше рост растений. Это обуславливается изменением микроклимата и скорости ветра вблизи лесополос.

В фазу начала цветения отмечается заметная связь с расстоянием от ЛП. А следующие 20 дней на рост растений так же влияет и экспозиция склона.

С начала созревания гречихи (цветение +30 дней) проявляется слабая корреляционная связь с элементом склона, и высокая с расстоянием от ЛП. К фазе полной спелости эти зависимости увеличиваются.

Итак, корреляционный анализ подтверждает, что лесные полосы оказывают первостепенное влияние на рост растений гречихи во все фазы её развития. Экспозиция склона так же умеренно влияет на высоту растений до начала их созревания.

Библиографический список

1. Коковина Т.П. Водный режим черноземов // Русский чернозем - 100 лет после Докучаева. -М., 1983. - С.50-68.
2. Агролесомелиорация / под ред. А.Ю. Черемисинов, А.С. Спахова. – Воронеж: ВГАУ, 2004. – 176 с.
3. Здоровцов И.П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 7. – С. 53-54.
4. Балакай Н.И. Критерии оценки и состояния противоэрозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 64. С. 222-234.
5. Стебаков В.А., Драп И.И., Наумкин В.Н. Возродить гречиху в Центрально-

Черноземном регионе // Земледелие. -2013.- №1.- С.33-34.
6. Bello F.D., Lavorel S., Lavergne S., Albert C.H., Bou-langeatI., Mazel F. and Thuiller W. Hierarchical effects of environmental filters on the functional structure of plant communities: a case study in the French Alps // Ecography. 2013. Vol. 36. N 3. P. 393-402.
7. Chalmandrier L. A family of null models to distinguish between environmental filtering and biotic interactions in functional diversity patterns // J. Veg. Sci. 2014. Vol. 24. N 5. P. 853-864.
8. Дудова К.В., Атабаллыев Г.Г., Ахметжанова А.А., Гулов Д.М., Дудов С.В., Елумеева Т.Г., Клинк Г.В., Логвиненко О.А., Семенова Р.Б., Онипченко В.Г. Высота как функциональный признак альпийских растений // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2019. №1. – С. 33-46
9. Рулева О.В., Казиева З.М. Методологический подход при исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос нижнего поволжья // Известия НВ АУК. 2023. №1 (69). – С. 106-114.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М, 1989.- 193 с.
11. Чарыков Евгений Сергеевич. Хозяйственно-биологическая оценка сортов гречихи в основных и промежуточных посевах в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края: Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09: Ставрополь, 2004 167 с. РГБ ОД, 61:04-6/612

УДК 631.459.2:631.421

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЭРОЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Сухановский Ю.П.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *soil-er@kursknet.ru*

Резюме*. На конкретном примере рассмотрено применение методов математической статистики в разработке математической модели дождевой эрозии почвы. Также рассмотрено применение этих методов в полевом эксперименте по исследованию долгосрочных последствий эрозии почвы.*
Ключевые слова: *эрозия почвы, статистический анализ, математические модели, полевые эксперименты*.
Summary*. Using a specific example, the application of mathematical statistics methods in the development of a mathematical model of rain erosion of soil is considered. The application of these methods in a field experiment to study the long-term effects of soil erosion is also considered*
Key words*: soil erosion, statistical analysis, mathematical models, field experiments.*

Все природные процессы и, как следствие, их измеряемые величины имеют случайный характер. В качестве меры случайности используют вероятность. Полной характеристикой случайной величины является функция распределения вероятностей. Зная эту функцию, можно быстрее и проще решать задачи, как фундаментальных исследований, так и практического применения. Далее, если не оговорено, рассмотрены непрерывные случайные величины. Вероятность, что такая случайная величина примет конкретное значение, равняется нулю. Поэтому для них указывают интервал значений и вероятность, с которой её значение будет в этом интервале.

Исследование эрозии почвы как случайного процесса. Приведём несколько понятий, которые необходимы для исследования процессов водной

эрозии почвы. Рассмотрим это на примере дождевой эрозии. Из разных величин, характеризующих дождевые осадки, для упрощения будем рассматривать только слой и продолжительность осадков, а также даты выпадения и их количество в году. Случайное единичное событие – это выпадение одного дождя и связанные с ним слой стока и смыв почвы. Дата выпадения дождя, его продолжительность и слой являются случайными непрерывными величинами. Как следствие, такими величинами являются слой стока и смыв почвы. Количество дождей в году также является случайной величиной, но она может принимать только целые значения (например, 0, 1, 2, …). На воднобалансовых (ВБ) станциях проводят измерения дождей и связанные с ними слои стока и смыв почвы. Единичные события, произошедшие за определённый интервал времени (например, за 10 лет) называют реализацией случайного процесса. Реализация также является случайным событием. Для оценки таких событий используют вероятность. Например, для случайной величины X (это может быть слой стока или смыв почвы) получают ряд измеренных значений

$$\{x_i\},\ i = 1, 2,\ldots n, \quad (1)$$

где i – порядковый номер измеренного значения x_i; n – количество значений. Ряд (1) называют случайной выборкой с объёмом n. Если для неё найти функцию распределения вероятности, то использование её свойств может упростить и ускорить решение разных задач. Для анализа этой выборки (т.е. реализации случайного процесса) и поиска функции распределения вероятности используют разные методы математической статистики. Выборку (1) часто характеризуют выборочными значениями среднего арифметического $\bar{x}$, стандартного отклонения s и коэффициента вариации C_v. С увеличением объёма выборки погрешность в оценке их значений уменьшается (улучшается точность, т.е. улучшается качество измерений). В разных областях науки и техники используют два понятия. Первое: риск не получить запланированный результат, оцениваемый вероятностью $P_{\text{риск}}$. Второе: надёжность получить запланированный результат – вероятность $P_{\text{надеж}}$. Их сумма $P_{\text{риск}} + P_{\text{надеж}} = 1$. Простейшие противоэрозионные гидротехнические сооружения (ГТС) проектируют на задержание объёма воды, соответствующему значению слоя стока для вероятности превышения 0,05 [1]. Т.е. допускается вероятность риска $P_{\text{риск}} = 0{,}05$, что ГТС не задержит полностью дождевой сток для слоёв больше определённого значения $X_{0,05}$, соответствующего этой вероятности. Другими словами, надёжность проектируемого ГТС равняется вероятности $P_{\text{надеж}} = 1 - P_{\text{риск}} = 0{,}95$. Оценку значения такого слоя стока $X_{0,05}$ (и его смысл). показывает следующий пример. Имеем выборку (1) измеренных значений слоя стока с объёмом $n = 100$. Из них выбираем 5 с наибольшими значениями. Из отобранных 5 значений выбираем наименьшее, его принимают за искомое значение слоя стока $X_{0,05}$, соответствующего вероятности превышения $P(X > X_{0,05}) = 0{,}05$. Если объём выборки $n = 200$ (в два раза больше), то значение $X_{0,05}$ нужно выбирать из 10 наибольших значений (точность будет лучше).

Выбор противоэрозионных мер основан на концепции допустимых среднемноголетних потерь почвы [2]. Для смыва почвы по выборке (1) можно

рассчитать среднемноголетние потери почвы $\bar{x}$. Для почвенно-климатических условий США период наблюдений должен быть не менее 22 лет [3]. Для условий России не известен период наблюдений (по причине отсутствия необходимых данных наблюдений), примем тоже 22 года. Для среднего значения необходимо оценить погрешность, с которой оно получено (это необходимо для оценки его достоверности). Для этого потребуется не менее четырёх реализаций (каждая не менее 22 лет наблюдений). В таком случае для оценки достоверности общая продолжительность наблюдений должна быть не менее 88 лет. Практически нереально провести такой полевой эксперимент. Эту задачу можно решить, используя математическую модель, которая описывает дождевую эрозию как случайный процесс, например, модель [4]. Для этого, в частности, необходимо найти распределения вероятностей для случайных величин: количество дождей в году, даты их выпадения, слой и продолжительность дождя. Для этих величин необходимо иметь выборку (1) измеренных значений за период не менее 22 лет. Задача сводится к поиску функций распределения вероятностей. Для этого существуют разные методы проверки гипотез. Имея эти функции, для заданного землепользования можно численно моделировать реализации для смыва почвы и стока за любой интервал времени, а также любое их количество [4]. Для случайного процесса по этим реализациям (выборкам) можно оценить разные характеристики. Например: 1) погрешность среднемноголетнего значения потери почвы и слоя стока; 2) вероятность, с которой значения потери почвы (и слоя стока) будут в заданном интервале значений; 3) риск превышения потери почвы допустимого значения; 4) риск превышения слоя стока заданного значения.

Исследование последствий эрозии почвы в полевых экспериментах. К основным последствиям эрозии можно отнести уменьшение урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение свойств почвы. В методологии проведения таких исследований существовала проблема: как провести измерения случайных показателей урожайности и свойств почвы и как оценить достоверность полученных результатов измерения на разных участках с неэродированной и эродированной почвой (включая достоверность их разности). Универсального (для всех случаев) определения достоверности нет, поскольку эти случаи по своей природе могут быть разными. Например, результаты измерений будут недостоверными для следующих ошибок: измерительное устройство неисправное; отсутствует проверка исследуемой выборки (1) условиям применения выбранного метода (формулы); неправильная интерпретация полученных результатов. Примем, что такие ошибки отсутствуют. В этом случае результат прямого или косвенного измерения достоверный, если его абсолютная погрешность меньше измеренного значения. В противоположном случае измеренное значение находится в пределах его погрешности, оно недостоверное.

На примере многолетнего полевого эксперимента по контурно-мелиоративному земледелию Курского федерального аграрного научного центра проведено усовершенствование методологии оценки долгосрочных последствий эрозии почвы [5]. Это усовершенствование можно назвать новым методом

ключевых участков. Были выбраны два одинаковых квадратных участка: один на неэродированной почве, другой на эродированной. Квадрат разделили на четыре одинаковые ячейки. В каждой ячейке проводили *прямое измерение* (*Р 50.2.038-2004*) мощности гумусового слоя или отбор образцов для проведения *косвенных измерений* (*МИ 2083-90*) плотности, влажности и впитывающей способности почвы, а также урожайности гречихи. Такая схема измерений обеспечила минимальную 4-кратную повторность на каждом участке. Для косвенных измерений использован *метод приведения* (*МИ 2083-90*) к многократным *прямым измерениям* (*ГОСТ Р 8.736-2011*). Для каждого участка почвы и каждой измеряемой величины получали выборку измеренных значений (1) с объёмом $n = 4$ (для 4-кратной повторности). Согласно ГОСТ Р 8.736-2011, для каждой величины результат измерения должен быть представлен в следующей форме

$$\overline{x} \pm \Delta, P, \quad (2)$$

где $\overline{x}$ – среднее арифметическое для выборки (1) (его принимают за измеренное значение); Δ – его абсолютная погрешность; $\overline{x} \pm \Delta$ – интервал погрешности (определяет его нижнюю и верхнюю границы); P – вероятность, соответствующая интервалу погрешности. Для каждой выборки (1): 1) проверена гипотеза о распределении вероятности, которое достаточно близко к функции нормального распределения; 2) в (2) рассчитаны значения $\overline{x}$, Δ и P; 3) проведена оценка достоверности разности средних значений на неэродированной и эродированной почве. По результатам измерений, проведённых в полевом эксперименте в сентябре 2021 г., сделаны выводы о долгосрочном влиянии эрозии почвы на мощность гумусового горизонта, плотность, влажность и впитывающую способность почвы, а также на урожайность гречихи. Проведённый статистический анализ измеренных значений обеспечил получение выводов о последствиях эрозии почвы с оценкой их достоверности. Также он показал необходимость совершенствования метода ключевых участков в направлении расширения области его применения (использование ещё других методов статистического анализа).

Вывод. Использование в эрозионных исследованиях методов математической статистики обеспечило: 1) разработку математических моделей водной эрозии почвы как случайных процессов; 2) оценку достоверности последствий эрозии почвы в полевом эксперименте.

Библиографический список

1. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР (ВСН 04-77). – Л.: Гидрометеоиздат. 1979. – 62 с.
2. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Соловьева Ю.А., Санжарова С.И. Проблема обоснования допустимых эрозионных потерь почвы и подход к её решению // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – Т.78. – С.3-19.
3. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses. Agricultural handbook. № 537. – Washington, 1978. – 65 p.
4. Сухановский Ю.П. Модель дождевой эрозии почв // Почвоведение. – 2010.– № 9.– С. 1114-1125.
5. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.А., Титов А.Г., Тарасов С.А.

Совершенствование методологии оценки последствий эрозии почвы в полевых экспериментах // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 8. – С. 44-48. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_8_44.

УДК: 631.61: 631.459: 631.86

УЛУЧШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ АГРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Сюрис А.И., Боаге Л.В., Быстрова Н.Л.
Институт Почвоведения, Агрохимии и Защиты Почв им. «Н.Димо»,
г. Кишинэу, Республика Молдова
E-mail: *siurisandrei@mail.ru*

Резюме. *В Республике Молдова преобладают черноземные почвы с высоким плодородием. Из них 500 тысяч гектар подвержены эрозии средней и сильной интенсивности, что приводит к снижению плодородия и экономического потенциала на 30-60 % по сравнению с неэродированными почвами. В статье рассматриваются способы воспроизводства эродированных почв при использовании различных агрохимических методов. Доказано, что при их применении увеличивается плодородие почв и урожай сельскохозяйственных культур.*
Summary. *In the Republic of Moldova, chernozem soils with high fertility prevail. Of these, 500 thousand hectares are subject to erosion of moderate and severe intensity, which leads to a decrease in fertility and economic potential by 30-60 % compared to non-eroded soils. The article discusses the methods of reproduction of eroded soils using various agrochemical methods. It is proved that when they are used, soil fertility and crop yield increase.*

В многочисленных публикациях по эрозии почв, недостаточно внимания уделяется влиянию на этот процесс агрохимических методов. Между тем, с помощью минеральных и еще больше органических удобрений можно воздействовать на пищевой режим, регулировать его и даже повышать плодородие смытых почв.

Нужно отметить, что из органических удобрений гумифицируется не более 25 % органического вещества – часть, которая является резервом для повышения потенциального плодородия. Остальная часть, которая имеет не меньшее значение, минерализуется. Из этой части растения обеспечиваются углеродом, азотом и фосфором, макро- и микроэлементами. Для микроорганизмов органические вещества из удобрений и растительных остатков более доступны чем из гумуса [1]. Органические удобрения повышают биологическую активность, посредством которой образуется структура почвы, а она, как известно, определяет остальные физические свойства почв. На эродированных почвах она находится в первом минимуме среди других показателей плодородия и требует первоочередного восстановления [2, 3, 4].

В качестве удобрений используется навоз от всех видов животных, осадок городских стоков, твердые отходы от переработки промышленных отходов сельскохозяйственной продукции и другие вещества промышленного происхождения. Целесообразно, чтобы промышленные отходы, особенно те, которые имеют повышенную влажность, применялись в форме компостов. В

качестве поглотителя, наряду с традиционной соломой, можно использовать делювиальные почвы и иловые отложения осушённых водоемов.

Исследования проводились на опытной станции почвоведения и эрозии почв Института Почвоведения, Агрохимии и Защиты Почв им. Н. Димо расположенной в селе Лебеденко Кагульского района Республики Молдова. Экспериментальный участок расположен на склоне 5-7° северо-восточной экспозиции. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный средне эродированный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 2,07-2,54 % и слабощелочной реакцией (pH 7,5-7,6).

Испытывались разные виды органических удобрений. Схема опыта приводиться в таблице 4. Варианты 3, 4, 6, 7 заложены с целью выделения доз и периодичности внесения навоза. Исследовали две годовые дозы (12,5 и 25 т/га). Первая доза характеризуется как оптимальная для поддержания гумуса, вторая предполагает увеличение плодородия почвы.

Особый интерес представляет делювиальная почва с намытым гумусовым материалом мощностью порядка 300 см из окрестностей г. Кагул, в которой в расчёте на 1 га сконцентрировано около 1400 т гумуса и 70 т валового азота. Исходя их этих соображений, мы использовали в опыте компост, состоящий из навоза – 80 % и делювиальной почвы – 20 % (вариант 9).

Солома оказывает большое влияние на содержание в почве органического вещества. В Республике Молдова ежегодно на 1 га пашни поступает 3,2-3,5 т органического вещества за счет растительно-корневых остатков, что на 27-40 % компенсирует потери гумуса.

В нашем опыте (вариант 2) солома была внесена в почву с добавлением азотных удобрений с целью сокращения соотношения C:N, затем опытные делянки были обработаны дисковой бороной.

Каждый год на делянках в заранее определенных точках отбирались образцы (площадь делянок 6 м х 40 м = 240 м^2) для определения агрофизических и агрохимических показателей почвы. Основные показатели органических удобрений, использованных в опыте представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели органических удобрений использованных в опыте, % в расчете на сырую массу

Показатели	Навоз	Компост	Солома
N	0,53	0,20	0,62
P_2O_5	0,32	0,24	0,14
K_2O	1,31	1,45	1,28

Применение органических удобрений является первостепенным фактором для восстановления плодородия эродированных почв. Из результатов химических анализов следует отметить, что удобрения положительно повлияли на содержания гумуса в почве (табл. 2). Также повысилось содержание биофильных элементов питания. В пахотном слое на удобренных вариантах количество подвижного фосфора и обменного калия повысилось соответственно на 1,17-2,10 и 7,5-31,9 мг/100 г почвы по сравнению с их начальным содержанием.

Таблица 2 – Агрохимические показатели пахотного слоя почв при внесении органических удобрений

Вариант опыта	Содержание		
	Гумус	P_2O_5	K_2O
	%	мг/100 г почвы	
Содержание до закладки опыта			
Контроль	2,07	1,89	16,8
Солома, 4 т/га через 4 года + $N_{60}P_{60}$	2,19	1,75	15,9
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,09	1,93	15,3
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,54	1,78	16,7
Компост	2,19	1,54	16,8
Одиннадцатый год действия удобрений			
Контроль	2,15	1,93	18,1
Солома, 4 т/га через 4 года + $N_{60}P_{60}$	2,45	3,41	23,4
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,42	4,03	28,5
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,42	3,68	31,8
Компост	2,66	2,71	48,5
Прибавка по сравнению с начальным содержанием			
Контроль	0,08	0,04	1,3
Солома, 4 т/га через 4 года +	0,26	1,66	7,5
Навоз, 50 т/га через 4 года	0,47	2,10	13,2
Навоз, 100 т/га через 4 года	0,44	1,90	15,5
Компост	0,39	1,17	31,9

Органические удобрения положительно повлияли и на физические свойства почвы. Плотность и плотность твердой фазы уменьшились соответственно на 0,04-0,10 и 0,02-0,03 г/см^3. Твердость почвы уменьшилась на 3,3-10,1 кг/см^3. Также выявлена тенденция к увеличению общей пористости (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние органических удобрений на физические показатели пахотного слоя почвы

Вариант опыта	Плотность, г/см^3	Плотность твердой фазы, г/см^3	Общая пористость %	Твердость почвы, кг/см^3
Контроль	1,26	2,66	52,6	23,4
Навоз, 50 т/га через 4 года	1,22	2,64	53,8	20,1
Навоз, 100 т/га через 4 года	1,18	2,63	55,1	13,3
Компост	1,16	2,63	55,8	16,8

Благоприятное влияние органических удобрений на агрохимические и агрофизические свойства почвы привело к увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур (табл. 4). В результате внесения 50-200 т подстилочного навоза, прибавка урожая полевых культур повысилась за девять лет на 67,67-107,7 ц/га зерновых единиц по сравнению с контролем. Максимальная прибавка получена при использовании 150 т навоза один раз в шесть лет. Общая прибавка за двенадцать лет на испытуемых вариантах с подстилочным навозом составляет 147-164 ц/га зерновых единиц. При внесении 4 т/га соломы и 100 т/га компоста уровень прибавки в эти же годы составил соответственно 59 и 87 ц/га зерновых единиц.

Таблица 4 – Влияние органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц/га

Вариант опыта	Урожай на контроле и прибавки на испытуемых вариантах									
	Ячмень	Кукуруза, зерно	Горох + ячмень	Озимая пшеница	Кукуруза зерно	Ячмень	Кукуруза, зерно	Подсолнечник	Озимая пшеница	Люцерна (среднее за 3 года)
1.Контроль	29,6	33,3	56,6	12,4	31,7	14,3	34,2	12,7	14,3	77
2.Солома, 4 т/га через 4 года +$N_{60}P_{60}$	6,4	11,0	24,0	2,4	5,2	2,7	7,3	3,1	3,1	25
3.Навоз, 50 т/га через 2 года	7,6	12,5	11,1	5,3	12,8	7,1	15,3	7,4	6,7	95
4. Навоз, 100 т/га через 4 года	7,4	8,3	8,6	4,2	10,4	8,2	11,3	6,3	8,6	114
5. Навоз 50 т/га через 4 года + $N_{60}P_{60}$	10,1	10,7	70,8	6,5	13,3	9,4	12,4	7,1	9,4	121
6. Навоз, 100 т/га через 4 года	17,7	11,7	26,3	8,0	10,8	11,3	10,1	8,2	10,0	119
7. Навоз 150 т/га через 6 лет	10,3	15,9	41,4	11,4	11,4	10,4	16,2	9,21	11,7	118
8.Навоз 200 кг/га через 8 лет	7,8	17,5	48,6	13,4	13,5	12,3	8,3	7,5	10,5	129
9. Компост,100 т/га (навоз, 80%+ делюв. почва, 20%)	6,2	13,7	26,6	1,1	7,2	3,1	5,8	3,9	2,6	85

Также было выявлено повышение урожайности озимого ячменя на 6,4-17,7 ц/га, кукурузы на зерно 8,3-17,5 ц/га, горохово-овсянной смеси на 8,6-70,8 ц/га, озимой пшеницы на 2,4-13,7 ц/га, подсолнечника на 3,1-9,2 ц/га, люцерны на 25-129 ц/га по сравнению с контролем.

Исходя из полученных результатов следует, что органические удобрения на исследуемых почвах необходимо вносить в дозах 50-100 т/га, рассчитанных эквивалентно подстилочному навозу.

В случае нехватки органических удобрений следует вносить по 50 т/га навоза в сочетании с минеральными удобрениями $N_{60}P_{60}$.

В качестве органических удобрений могут быть использованы все отходы животноводческого сектора, отходы предприятий перерабатывающей промышленности и городского хозяйства (осадки городских сточных вод, хозяйственный мусор, дефекат сахарных заводов), гумусированный материал делювиальных почв, илы, накопления в прудах, жидкие отходы животноводческих комплексов и предприятий сельскохозяйственного сырья.

Жидкие удобрения можно компостировать. В качестве поглощающего

материала используется делювиальная почв, дефекат сахарных заводов, солома и другие.

Библиографический список

1. Эрозия почв. Сущность. Последствия, минимализация и стабилизация. Пособие. - Ch: Pontos, 2004. -С. 318-329.
2. Siuris A., Ciolacu T. Local organic waste-important resources for soil fertility remediation. // Lucrări științifice. Seria Agronomie. USAMV. Ed.” “Ion Ionescu de la Brad”, Iași, Vol.62 (2), 2019. - P. 27-30.
3. Ганжара Н.Ф. Факторы обуславливающие уровни относительной стабилизации содержания, запасов и состава гумуса в почвах. // Органическое вещество и плодородие почв. Сборник научных трудов ТСХА. -М.,1983.-С.18-19.
4. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусирования. -М.: Агропромиздат, 1989. -239 с.

УДК 630*116.64: 631.43

ЗАПАСЫ ВЛАГИ И ТВЕРДОСТЬ ПОЧВЫ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОМ КОМПЛЕКСЕ НА СКЛОНАХ ЦЧР

Тарасов С.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *sergejtarasov1989@mail.ru*

Резюме. *Показано влияние водосборных площадей с различной насыщенностью почвозащитными элементами, сроков определения показателей и элементов рельефа на запасы влаги и твердость в тридцатисантиметровом слое почвы. Установлено, что на водосборной площади с агролесоландшафтным комплексом запасы влаги на посевах гречихи были на 8,9 мм больше, чем на водосборе без противоэрозионных элементов. В середине вегетации гречихи отмечалось заметное снижение запасов влаги в сравнении с началом вегетации, которое наиболее выражено на водосборной площади с агролесоландшафтным комплексом. В нижней части склона, как правило, запасы влаги на посевах гречихи меньше, чем на плакоре.*

Ключевые слова: *элементы рельефа, почвозащитный агролесоландшафтный комплекс, запасы доступной влаги, твердость почвы.*

Summary*. The influence of watershed areas with different saturation with soil-protective elements, the timing of determining indicators and relief elements on moisture reserves and hardness in a thirty-centimeter soil layer is shown. It was established that in the catchment area with the agroforestry-landscape complex, the moisture reserves on buckwheat crops were 8.9 mm more than in the catchment area without anti-erosion elements. In the middle of the growing season of buckwheat, a noticeable decrease in moisture reserves was noted in comparison with the beginning of the growing season, which is most pronounced in the catchment area with the agroforestry landscape complex. In the lower part of the slope, as a rule, the moisture reserves on buckwheat crops are less than on the upland.*

Key words: *relief elements, soil-protective agroforestry and landscape complex, reserves of available moisture, soil hardness.*

Пашня на склонах нуждается в особом подходе к организации и ведению систем земледелия. В отличие от плоской поверхности на склонах в определенных условиях формируется поверхностный водный сток, который, как правило, сопровождается смывом наиболее плодородного верхнего слоя почвы. Поэтому высокопродуктивное и экологически обоснованное земледелие на

склоновых землях в долгосрочной перспективе возможно только при условии, что обеспечивается надежная защита почвы от водной эрозии, сохранение и повышение почвенного плодородия.

Практика показывает, что борьба с водной эрозией почв на склонах – не простая задача, и она, как правило, не решается за счет единичных почвозащитных мероприятий. Это объясняется тем, что на водно-эрозионные процессы оказывают влияние множество факторов. Интенсивность водного стока и смыва почвы на склонах зависит от количества снега и скорости процесса снеготаяния, от запасов влаги в почве перед уходом в зиму и глубины промерзания почвы, от крутизны, длины, формы и экспозиции склона, от состояния поверхности почвы, от ее агрофизических свойств и других факторов [1]. Поэтому эффективная защита склоновых почв от водной эрозии предполагает использование комплекса мероприятий, которые дополняют друг друга, усиливая противоэрозионный эффект. В современных системах земледелия защита почв от эрозии на склоновых землях включает приемы, начиная от рациональной организации территории при землеустройстве и заканчивая конкретными агротехническими мероприятиями с почвозащитным эффектом на полях [2, 3], организуется и реализуется в составе агролесоландшафтных комплексов.

Одним из эффективных приемов снижения стока и смыва почвенного покрова талыми и ливневыми водами на склоновых землях является создание благоприятных агрофизических свойств почвенного профиля. Формирование высокой инфильтрационной способности почвы и водопрочной структуры почвенных агрегатов обеспечивает снижение интенсивности водного стока и предотвращение ее смыва на склонах. Основным фактором высокой инфильтрационной способности почвы является ее рыхлое состояние [4]. Интенсивное впитывание талых вод и вод осадков в почву на склонах значительно снижает вероятность или полностью исключает поверхностный сток и водную эрозию почвенного покрова. Такие условия для инфильтрации вод и накопления влаги в почве формируются на участках склонов с лесной растительностью [5]. По мнению многих авторов научных статей, лесомелиорация на склонах, наряду с правильной организацией территории и почвозащитными севооборотами, является одним из наиболее эффективных элементов системы защиты почв от эрозии [6-8], в том числе и за счет формирования благоприятных агрофизических свойств почвы [9].

Исследование влияния элементов почвозащитного агролесоландшафтного комплекса на запасы доступной влаги и твердость почвы было выполнено в стационарном полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию на посевах гречихи в условиях 2023 г. Изучаемые показатели определяли на двух водосборах со сложным ложбинно-балочным рельефом. Почвенный покров опытного участка представлен типичными и выщелоченными тяжелосуглинистыми черноземами. В условиях одного из водосборов, который принят за контрольный вариант опыта, отсутствуют элементы противоэрозионной защиты. На другом водосборе в качестве элементов противоэрозионной защиты имеются узкие стокорегулирующие лесополосы, усиленные

водоулавливающей канавой, нарезанной в центре лесополосы между деревьями и водоудерживающим валом, который напахан по склону в нижней части лесополосы. Тополевые лесополосы произрастают с 1985 г., и размещены по горизонталям склона в три ряда через 216 м друг от друга. В пределах каждого водосбора запасы влаги и твердость почвы в слое 0-30 см определяли на плакорном участке и в нижней части склона западной экспозиции.

Метеорологические условия в исследуемый период были следующие. В апреле 2023 г до посева гречихи температура воздуха была почти на 2,0ºС выше многолетней нормы, и осадков за месяц выпало на 5,0 мм выше многолетней нормы. В июне температура воздуха была близкой к многолетней норме (ниже лишь на 0,4ºС) и осадков выпало на 37 мм меньше многолетнего значения. В июне среднемесячная температура воздуха была на 1,0ºС выше многолетней нормы, и осадков выпало на 7,0 мм больше многолетней нормы. В период до 2-й декады июля температура воздуха была близкой к многолетней норме и осадков, которые в основном выпали в первой декаде месяца, было также в пределах многолетней нормы. В целом по температурному режиму и количеству выпадающих осадков условия для вегетации гречихи были благоприятные.

Анализ экспериментальных данных по запасам влаги в слое почвы 0-30 см, полученных по вариантам опыта, показывает, что на водосборе с агролесоландшафтным противоэрозионным комплексом запасы доступной влаги были существенно, на 8,9 мм больше, в сравнении с водосбором без противоэрозионных элементов (табл.).

Таблица – Влияние элементов почвозащитного агролесоландшафтного комплекса на запасы влаги и твердость почвы в слое 0-30 см на посевах гречихи

Водосбор (фактор А)	Срок определения показателя (фактор В)	Элементы рельефа (фактор С)	Запасы влаги, мм	Твердость почвы, кг/см^2
Без противоэрозионных элементов (контроль)	Начало вегетации (19.05.2023 г.)	Плакор (контроль)	70,6	24,7
		Низ склона	69,5	25,3
	Середина вегетации (19.07.2023 г.)	Плакор (контроль)	71,6	37,8
		Низ склона	61,9	33,3
С лесными полосами	Начало вегетации (19.05.2023 г.)	Плакор (контроль)	77,7	41,0
		Низ склона	84,8	44,6
	Середина вегетации (19.07.2023 г.)	Плакор (контроль)	80,7	32,6
		Низ склона	65,9	33,2
$НСР_{05}$ фактора А			2,6	0,9
$НСР_{05}$ фактора В			2,6	0,9
$НСР_{05}$ фактора С			2,6	0,9
$НСР_{05}$ обобщенная			5,2	1,7

Со временем за период от начала вегетации гречихи (май) до середины вегетации (июль) запасы влаги в почве снизились в среднем по вариантам опыта на 5,7 мм. Характерно, что на водосборе без элементов противоэрозионной защиты запасы влаги снизились на 3,2 мм, тогда как на водосборе с лесополосами – на 7,9 мм. При сравнении запасов влаги на плакоре с запасами влаги в нижней части склона установлено, что в среднем по вариантам опыта в нижней части склона они были на 4,7 мм меньше, чем на плакоре. Однако в зависимости от водосборов и сроков определения показателя изменение запасов влаги по элементам рельефа были неоднозначными. В начале вегетации гречихи на водосборе без противоэрозионных элементов в нижней части склона запасы влаги были на 1,1 мм меньше, чем на плакаре, однако на водосборе с лесными полосами, наоборот, в нижней части склона запасы влаги были на 7,3 мм больше, чем на плакоре. В середине вегетации гречихи на всех водосборах в нижней части склона запасы влаги были существенно меньше, чем на плакоре – соответственно, на 9,7 мм на водосборе без противоэрозионных элементов, и на 14,8 мм – на водосборе с лесными полосами.

Оценивая влияние элементов агролесоландшафтного комплекса на твердость почвы, можно отметить, что в среднем по срокам определения и элементам рельефа на водосборе с лесополосами она была на 7,6 кг/см^2 больше, в сравнении с водосбором без противоэрозионных элементов. В зависимости от сроков определения показателя (май и июль 2023 г.) твердость почвы в среднем по водосборам и элементам рельефа практически не изменилась. Отмечалась лишь слабая тенденция (на 0,3 кг/см^2) увеличения твердости почвы к середине вегетации гречихи, в сравнении с началом вегетации. Также несущественно изменялась твердость почвы по элементам рельефа. В среднем по водосборам и срокам определения показателя на плакоре она составила 34,0 кг/см^2, и в нижней части склона – 34,1 кг/см^2.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что на водосборе с агролесоландшафтным комплексом в слое почвы 0-30 см запасы влаги на посевах гречихи существенно больше, чем на водосборе без противоэрозионных элементов. В середине вегетации гречихи отмечалось заметное снижение запасов влаги в сравнении с началом вегетации, которое наиболее выражено на водосборе с агролесоландшафтным комплексом. В нижней части склона, как правило, запасы влаги на посевах гречихи меньше, чем на плакоре.

Библиографический список

1. Рожков В.А. Оценка эрозионной опасности почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2007. – № 59. – С. 77-91.
2. Полуэктов Е.В., Балакай Н.И., Балакай Г.Т. Система мероприятий по снижению поверхностного стока и водной эрозии на землях сельскохозяйственного назначения // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 103-107.
3. Недикова Е.В., Садыгов Э.А. Оглы, Недиков К.Д. Особенности защиты земель сельскохозяйственного назначения от водной и ветровой эрозии // Регион: системы, экономика, управление. – 2019. – № 3 (46). – С. 112-117.
4. Петелько А.И., Барабанов А.Т., Лобков В.Т. Противоэрозионные агроприёмы при формировании стока талых вод // Природообустройство. – 2018. – № 1. – С. 84-88.

5. Кравченко А.Н. Запасы влаги в почве и её водопроницаемость на склонах при залесении балок // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 47-48.
6. Балакай Н.И. Критерии оценки и состояния противоэрозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 64. – С. 222-234.
7. Разработка систем мероприятий по защите почв от эрозии на примере СПК «Победа Октября» Хотынецкого района Орловской области / Л.Е. Тучкова, И.А. Верховец, Е.С. Чувашева, И.М. Тихойкина // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2020. – № 2 (26). – С. 44-47.
8. Абдусаламова Р.Р., Баламирзоева З.М. Методы защиты почвы от водной и ветровой эрозии // Вестник Социально-педагогического института. – 2021. –№ 4 (40). – С. 30-40.
9. Влияние агролесомелиоративного комплекса на агрофизические свойства почвы и урожайность культур на склонах Центрального Черноземья / С.А. Тарасов, И.В. Подлесных, А.В. Пручик, Т.Я. Зарудная // Земледелие. – 2022. – № 5. С. 3-7. doi:10.24412/0044-3913-2022-5-3-7.

УДК 631.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ АГРОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Трузина Л.А.
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», Лобня, Россия
E-mail: *truzina2012@yandex.ru*

***Резюме**. Козлятник восточный имеет мощную корневую систему, поэтому перспективен для возделывания на склоновых землях как средство борьбы с эрозией почвы.*
***Ключевые слова:** Козлятник восточный, урожайность, биологические особенности, элементы технологии.*
***Summary.** Galega has a powerful root system, therefore it is promising for cultivation on slope lands as a means of combating soil erosion.*
***Key words:** Galega, yield, biological characteristics, elements of technology.*

Перспективная многолетняя бобовая культура козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) наибольшую перспективу для распространения имеет в районах достаточного увлажнения. Благоприятные условия для его выращивания имеются в Нечерноземной зоне, Волго-Вятском и Уральском районах, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, Северном Кавказе.

Мощно развитая корневая система козлятника дает возможность использовать его посевы на склоновых землях как средство борьбы с эрозией почвы.

На одном месте козлятник восточный может произрастать более 15 лет. Урожайность этой бобовой культуры доходит до 70-80 т зеленой массы с 1 га. В отделе полевого кормопроизводства на дерново-подзолистой почве в среднем за 20 лет использования травостоя получено в среднем около 10,3 т/га абсолютно сухого вещества. Возделывание козлятника восточного на одном месте без перепашки в течение многих лет позволяет значительно сократить материальные и трудовые затраты [1, 4, 5].

Корма из козлятника отличаются высокой питательной ценностью: концентрация обменной энергии достигает 9-10,5 МДж/кг сухого вещества, на

одну кормовую единицу приходится до 200 граммов переваримого протеина, большим содержанием аминокислот [3].

К ценным хозяйственно полезным признакам козлятника восточного относится и то, что его листья – наиболее ценная в кормовом отношении часть растения – при сушке не осыпаются [2].

Ценная биологическая особенность козлятника восточного – способность к активному вегетативному размножению за счет зимующих почек и корневых отпрысков, благодаря чему его травостой с годами делается гуще. Поэтому козлятник и отличается большим долголетием без снижения продуктивности.

Вследствие раннего отрастания урожай первого укоса стабильно высок. Складывающиеся в этот период погодные условия на него особенно не влияют, так как урожай формируется, главным образом, за счет осенне-зимних осадков.

Основные элементы технологии выращивания козлятника восточного.

Основная и предпосевная обработка почвы. Система основной обработки почвы должна предусматривать максимальное очищение ее поверхности от сорняков и выравнивание поверхности поля. Осенняя вспашка на глубину пахотного слоя имеет особое значение при борьбе с многолетними сорняками, особенно корнеотпрысковыми.

Предпосевную обработку почвы начинают с боронования с целью сохранения влаги и выравнивания поверхности. Основные задачи предпосевной обработки достигаются одной – двумя культивациями, выравниванием и прикатыванием для равномерной заделки семян и появления дружных всходов. Культивацию проводят на глубину 5-6 см, сочетая ее в зависимости от выбранной технологии с заделкой гербицидов и минеральных удобрений.

Способы, сроки посева, нормы высева. Козлятник восточный на корм можно возделывать беспокровно или под покров с применением гербицидов. Нашим Институтом разработана технология выращивания козлятника без покрова и под покровом кукурузы раннеспелых гибридов.

Данная технология позволяет максимально увеличивать сбор питательных веществ в год посева без отрицательного последействия на продуктивность травостоев в последующие годы жизни козлятника.

Срок посева рекомендуется ранневесенний при наступлении физической спелости почвы и прогревании ее на глубине заделки семян до 6-7°С. Под покров кукурузы посев проводят в оптимальные сроки более теплолюбивой культуры, то есть кукурузы. Ранневесенний срок посева обусловлен тем, что для успешной перезимовки растений козлятника необходимо, чтобы образовались зимующие в почве почки и корневые отпрыски с достаточным запасом пластических веществ. Для этого требуется не менее 120 дней активного роста. При меньшей продолжительности периода «всходы – окончание вегетации» наблюдается частичная гибель растений зимой и значительное снижение продуктивности во второй год жизни. Оптимальным сроком посева в Центральном районе Нечерноземной зоны считается первая или вторая декада мая.

Способ посева на корм – обычный рядовой (ширина междурядий 15 см). Посев под кукурузу проводят одновременно. Сначала высевают кукурузу

широкорядным способом (на 45-60 см) с нормой высева семян 80 тыс. шт./га, затем зернотравяными сеялками высевают козлятник с нормой высева 4 млн.шт./га (или 28-30 кг/га). Оптимальная глубина заделки семян 1-2 см, на более легких почвах – 3 см.

Удобрения. Козлятник восточный выносит из почвы большое количество элементов питания. Так, с 10 ц сухого вещества вынос составляет азота – до 30 кг, фосфора – 5 кг и калия – 21 кг.

Поэтому без внесения достаточного количества органических и минеральных удобрений трудно рассчитывать на получение высоких урожаев. При внесении фосфорно-калийных удобрений исходят из планируемого урожая козлятника и обеспеченности почвы подвижным фосфором и обменным калием или берут среднюю норму (РК 90 кг/га д.в.). При посеве под кукурузу дополнительно применяют азотные удобрения от 60 до 90 кг/га д.в.

В дальнейшем при необходимости проводят осеннюю подкормку травостоев фосфорными и калийными удобрениями. Азотных удобрений козлятник не требует, так как способен фиксировать азот за счет клубеньковых бактерий, образующихся на его корнях.

Подготовка семян к посеву. Основные приемы подготовки семян козлятника к посеву – скарификация и инокуляция.

Скарификация – обязательный технологический прием при возделывании козлятника. Семена его отличаются твердокаменностью, препятствующей набуханию и прорастанию. Смена пропускают через скарификаторы или клеверотерки. Мелкие партии можно обработать наждачной бумагой. Поскольку скарифицированные семена быстро теряют всхожесть, обработку проводят не ранее, чем за 15-20 дней до посева.

Обязательным приемом при возделывании козлятника является и инокуляция семян, то есть обработка специфичными штаммами клубеньковых бактерий (ризобиум). Для инокуляции семян козлятника используют только специфичный препарат ризоторфин. На гектарную норму семян козлятника достаточно 200 г ризоторфина. Способ его применения весьма прост: семена смачивают водой из расчета 1 % к массе семян, затем на них высыпают препарат и тщательно перемешивают. Затем слегка подсушивают в тени до сыпучести и высевают в тот же день.

Применение гербицидов. Отличительной биологической особенностью козлятника восточного является медленный рост и развитие растений, особенно в первые 1,5-2 месяца после всходов, поэтому посевы его сильно подавляются сорной растительностью, особенно в беспокровных посевах.

Внесение почвенных гербицидов (Эрадикан, 72 % к.э., 6 л/га) значительно снижает засоренность посевов, но через 40-45 дней их фитотоксичность существенно снижается, и сорняки вновь появляются в результате так называемой второй волны роста. В этом случае проводят обработку повсходовыми препаратами в фазе 2-3 листьев козлятника или 4-5 листьев у кукурузы (2,4-ДМ, 80 % р.п., 1,2 кг/га; Базагран, 48 % в.р., 2 л/га).

При отсутствии гербицидов сильно засоренные беспокровные посевы

подкашивают 1-2 раза за вегетацию на высоком срезе, не затрагивая при этом растений козлятника.

При посеве под покров кукурузы применение гербицидов обязательно! Иначе посевы так зарастают сорняками, что практически полностью погибают. При уничтожении сорной растительности козлятник прекрасно развивается под покровом кукурузы, которая в начальный период также растет медленно, не затеняя растения подпокровного козлятника.

Кукурузу рекомендуем убирать в первой половине августа на зеленую массу или ранний силос на высоте 10-15 см. После этого козлятник отрастает, но скашивать его осенью не следует. Беспокровные посевы подкашивают, если они достигают высоты 25-30 см в конце августа или после окончания периода вегетации, то есть после 1 октября, не ранее.

При хорошо сформированном по густоте травостое, а это достигается при соблюдении рекомендуемых приемов технологии в год посева, в дальнейшем уход за посевами козлятника минимален. Он сводится к весенним или осенним подкормкам фосфорно-калийными удобрениями и при необходимости уничтожению многолетних корневищных сорняков (таких как пырей ползучий, а также ромашка, осоты, бодяки).

Во второй и последующие годы козлятник восточный убирают дважды за сезон: в начале фазы бутонизации, чередуя с началом фазы цветения в первом укосе, при втором укосе в конце сентября.

Таким образом, для сохранения плодородия и борьбы с эрозией почвы, а также увеличения производства объемистых кормов, посевы козлятника восточного, наиболее пригодной бобовой культуры для длительного выращивания, просто незаменимы и необходимы, причем с учетом того факта, что в настоящее время значительные площади пашни выведены из сельскохозяйственного использования (поля практически зарастают сорняками и кустарниками).

Библиографический список

1. Харьков Г.Д., Трузина Л.А., Белова Г.В. Способ выращивания козлятника восточного. Патент № 2156055 С2 РФ, МПК A01G 1/00, A01B 79/02.: № 98118732/13: заявл. 13.10.1998: опубл. 20.09.2000; заявитель Всероссийский НИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – EDN CYSPNU.

2. Трузина Л.А. Перспективное возделывание козлятника восточного под по-кровом кукурузы // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: матер. VIII Междунар. симпозиума (Москва, 22-26 июня 2009 г.). – Том 2. – Москва: Российский университет дружбы народов, 2009. – С. 514-515. – EDN UCIBKN.

3. Трузина Л.А. Эффективность возделывания козлятника восточного (Galega orientalis Lam.) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны // Кормопроизводство. – 2012. – № 6. – С. 20-21. – EDN OYKBBJ.

4. Трузина Л.А. Особенности создания агроценозов козлятника восточного // Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI веке: матер. Междунар. научно-практ. конф. (Новосибирск, 09-12 июля 2012 г.). – Новосибирск: ИИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2013. – С. 260-264. – EDN RYSYTH.

5. Трузина Л.А. Условия для длительного и продуктивного функционирования травостоев козлятника // Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI

ве-ке: матер. Междунар. научно-практ. конф. (Новосибирск, 09-12 июля 2012 г.). – Новосибирск: ИИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2013. – С. 264-267. – EDN QBOKMM.

УДК 631.459.2

ЭРОДИРОВАННЫЕ ПОЧВЫ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Цыбулько[1] Н.Н., Жукова[2] И.И., Алексейчик[1] Е.В.
[1]Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск
E-mail: *nik.nik1966@tut.by*
[2]Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка, г. Минск
E-mail: *nn0707@bspu.by*

Резюме. *В статье рассматриваются диагностические показатели эродированности почв и критерии степени эрозионной деградации земель. Разработаны принципы и схема выделения эрозионых типов земель. Основным критерием разделения на типы являются количественные показатели потенциальной эрозионной опасности, определяемого долевым участием в профиле каждой степени эродированности почв.*
Ключевые слова*: водная эрозия почв, степень эрозионной деградации, диагностические критерии, типы эрозионных земель.*
Summary*. The article discusses diagnostic indicators of soil erosion and criteria for the degree of erosive land degradation. The principles and scheme for identifying erosional land types have been developed. The main criterion for dividing into types is the quantitative indicators of the potential erosion hazard, determined by the share in the profile of each degree of soil erosion.*
Key words*: water erosion of soils, degree of erosive degradation, diagnostic criteria, types of eroded lands.*

В современном мире одной из глобальных проблем является деградация почвенного покрова, представляющая собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функции почв, количественному и качественному ухудшению их состава, свойств и режимов, природно-хозяйственной значимости земель [1]. По данным ФАО, общая площадь деградированных земель составляет более 25 % территории суши, а во всем мире 1,96 млрд га почвенного покрова подвержено деградации, обусловленной деятельностью человека. Ежегодный экономический ущерб от деградации земельных ресурсов оценивается в 490 млрд. долл. США [2].

На территории Беларуси выявлено более 20 видов и форм деградации почв [3, 4]. Актуальной является проблема водной эрозии почв.

В Беларуси почвенное обследование и корректировка результатов обследования земель, обновление почвенных карт регламентируется соответствующим техническим кодексом установившейся практики. Объектом почвенного обследования эродированных почв являются сельскохозяйственные земли сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, а также сельскохозяйственные земли, на которых ранее не проводилось почвенное обследование. Определение степени

подверженности почв водной эрозии проводится по количеству сохранившихся генетических горизонтов, их мощности. С этой целью сравнивают эродированные почвы с почвами, не подверженными водной эрозии, принятыми за эталон. Диагностические критерии отнесения почв к эродированным и степень их эродированности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Диагностические показатели степени смытости почв

Степень смытости почв	Основной критерий			Дополнительные критерии	
	состояние генетического горизонта			крутизна склона, град.	снижение содержания гумуса в $A_п$ к несмытой почве, %
	разрушен	распахивается	подпахотный		
Слабо-смытые	пахотный ($A_п$) частично	гумусовый (A_1) частично	элювиально-иллювиальный (A_2B)	до 3	до 20
Средне-смытые	пахотный ($A_п$) полностью	гумусовый (A_1) и элювиально-иллювиальный (A_2B), иллювиальный (B_1) частично	иллювиальный (B_1)	3-5	21-40
Сильно-смытые	пахотно-элювиальный ($A_пA_2$) и элювиально-иллювиальный (A_2B_1)	иллювиальный (B_2)	иллювиальный (B_2) или (B_3) либо подстилающая или почвообразующая порода (С)	более 5	более 40

В зависимости от степени разрушения верхних горизонтов почвенной толщи поверхностными водами эродированные почвы делятся на слабосмытые, среднесмытые и сильносмытые [5].

Слабосмытые почвы – частично разрушены пахотный ($A_п$) и гумусовый (A_1) горизонты, среднесмытые почвы – полностью разрушены пахотный ($A_п$), гумусовый (A_1) и элювиально-иллювиальный (A_2B) горизонты, частично – иллювиальный (B_1) горизонт, сильносмытые почвы – разрушены пахотно-элювиальный ($A_пA_2$) и элювиально-иллювиальный (A_2B_1) горизонты, частично подстилающая или почвообразующая (С) порода. В качестве дополнительных диагностических признаков степени смытости почв выступают крутизна склона (в градусах) и процент уменьшения содержания гумуса в пахотном горизонте по отношению к несмытой почве.

В природоохранной деятельности Беларуси с целью выявления, оценки и учета деградированных земель, разработки почвозащитных мероприятий критериями степени деградации земель в результате водной эрозии почв

выступают: уменьшение мощности плодородного (гумусированного) слоя почвы (в процентах), появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности земли (в см), появление или увеличение мощности абиотического (неплодородного) наноса (в сантиметрах), а также содержание (в процентах) и запасы гумуса (т/га) (табл. 2).

Таблица 2 – Критерии оценки и показатели степени деградации земель под влиянием водной эрозии почв

Критерии оценки степени деградации земель	Показатели степени деградации земель			
	1 низкая	2 средняя	3 высокая	4 очень высокая
Уменьшение мощности плодородного (гумусированного) слоя почвы, %	10-25	>25-50	>50-75	>75
Появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности земли, см	21-40	>40-100	>100-200	>200
Появление или увеличение мощности абиотического (неплодородного) наноса, см	3-10	>10-20	>20-40	>40
Содержание гумуса, процентов	1,80-1,30	1,29-1,00	0,99-0,70	0,69-0,40
Запасы гумуса, т/га	49-35	<35-20	<20-10	<10

Степень деградации земель по каждому показателю (критерию) характеризуется четырьмя уровнями: низкая, средняя, высокая и очень высокая. Так, при низкой степени деградации уменьшение мощности плодородного слоя составляет 10-25 %, при средней степени – >25-50 %, при высокой степени – >50-75 %, при очень высокой степени деградации – >75 %.

Земли с низкой, средней и высокой степенью деградации относятся к деградирующим землям. Данные земли возможно использовать по целевому назначению (при необходимости с ограничениями или специальными мероприятиями). Земли, степень деградации которых является очень высокой, относятся к деградированным землям.

В Беларуси водной эрозии подвержено 473,3 тыс. га сельскохозяйственных земель. Эродированные почвы приурочены преимущественно к пахотным землям – 414,1 тыс. га (9,5 % от общей площади пашни). Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, 268,3 тыс. га (57 %) составляют слабосмытые почвы, 120,0 тыс. га (25 %) – среднесмытые почвы, 20,2 тыс. га (4 %) – сильносмытые почвы и 64,7 тыс. га (14 %) – намытые почвы [6].

Площади эродированных почв и удельный вес их в составе сельскохозяйственных земель по областям республики значительно различаются. Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики. Закономерности развития процессов водной эрозии различны для центральной и северной почвенно-экологических провинций, что объясняется природно-климатическими особенностями их территорий и характером интенсивности антропогенного воздействия.

В северной почвенно-экологической провинции интенсивность водно-

эрозионных процессов определяется, в первую очередь, климатическими условиями, во вторую – геоморфологическими, в третью – почвенными. Поэтому в северной провинции приоритетным направлением в выборе противоэрозионных мероприятий являются агротехнические приемы, направленные на регулирование поверхностного стока. В центральной провинции, где более высокий вклад в развитии водно-эрозионных процессов имеет почвенно-антропогенный фактор, приоритетным является формирование сбалансированной структуры посевных площадей и внедрение дифференцированных почвозащитных севооборотов [7].

Разработаны принципы и схема выделения эрозионых типов земель. Основным критерием разделения на типы являются количественные показатели потенциальной эрозионной опасности, определяемого долевым участием в профиле каждой степени эродированности (табл. 3).

Таблица 3 – Долевое участие почв разной степени эродированности в профиле и потенциальный смыв для разных типов земель

№ типа земель	Степень эрозионной опасности	Удельный вес почв разной степени смытости, %				Потенциально возможный смыв, т/га в год
		несмытые	слабо-смытые	средне-смытые	сильно-смытые	
I	Очень слабая	95 и более	до 5	–	–	менее 2,0
II	Слабая	до 10	до 85	до 5	–	2,1–5,0
III	Средняя	до 10	до 90		до 5	5,1–10,0
IV	Сильная	до 25		до 75		10,1–20,0
V	Очень сильная	до 5 и менее		до 95 и более		более 20,0

Очень слабоэрозионнопасные земли (I тип) – это агроландшафты, в которых вероятность возникновения водно-эрозионных процессов минимальна – потенциально возможный смыв не превышает предельно допустимый уровень (2,0 т/га в год), а почвенный покров в основном представлен несмытыми почвами. К слабоэрозионным землям (II тип) относятся агроландшафты, где удельный вес слабосмытых почв составляет до 85 %, средне- и сильноэродированных – менее 5 %. Потенциальный ежегодный смыв почвенного мелкозема – 2,1–5,0 т/га. Среднеоэрозиоными землями (III тип) считаются агроландшафты, в которых доля слабо- и среднесмытых почв до 90 %, сильносмытых – до 5 %. Потенциальная интенсивность эрозии – 5,1–10,0 т/га в год. В IV тип (сильноэрозионные земли) объединены агроландшафты, до 75 % территории которых занимают средне- и сильносмытые почвы, а среднемноголетний смыв составляет 10,1–20,0 т/га в год. Очень сильноэрозионными землями (V тип) считаются агроландшафты, где на долю средне- и сильносмытых почв приходится до 95 % и более, с потенциальным смывом – более 20,0 т/га в год.

Такое деление позволяет установить нормированную нагрузку на почвенный покров в зависимости от степени его эрозионной опасности.

Библиографический список

1. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 1. Теоретические и методические основы предотвращения

деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. / Коллективная монография. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. – 756 с.
2. The state of food and agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, 2012. – 166 p.
3. Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Червань А.Н., Касьяненко И.И. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2(57). – С. 7-18.
4. Прогноз состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / В. М. Байчоров [и др.]; под общ. ред. В. С. Хомича; Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2022. – 332 с.
5. Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт. Порядок и технология работ: ТКП 651-2020 (33520). Введ. 01.07.20. Минск: Госкомимущество, 2020. – 66 с.
6. Почвы Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
7. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; под общей редакцией В.В. Лапа, А.Ф. Черныша.. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 170 с.

УДК 631.434

РОЛЬ КОЭФИЦИАНТА СТРУКТУРНОСТИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Шатровская[1] М.О., Веденеева[2] В.А., Поташкина[3] Ю.Н.
ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград
E-mail: [1]*marr1910@mail.ru*, [2]*vedeneeva-v@vfanc.ru*, [3]*potashkina-y@vfanc.ru*

***Резюме**. Методом Саввинова Н.И. выполнен агрегатный анализ, позволивший определить коэффициент структурности каштановых почв на склоне тестового участка в системе лесных полос. По полученным данным создано изображение пространственного распределения коэффициента структурности почвы.*
***Summary**. Using the method of N.I. Savvinov, aggregate analysis was performed to determine the structure coefficient of chestnut soils on the slope of the test plot in the system of shelter-belt forest. Based on the obtained data, an image of spatial distribution of soil structure coefficient was created.*

Защита почв от растущей деградации и потерь является на сегодняшний день наиболее острой экологической проблемой.

Структурность почвы – один из основных компонентов стабильности системы сельскохозяйственного производства, играющий ведущую роль в защите почвы от процессов деградации. Почвы, устойчивые к негативным процессам, как ресурс, могут быть использованы наиболее эффективно. Предотвращение и предупреждение деградационных процессов, в числе которых эрозия почв и дефляция, позволяет сохранить верхний наиболее плодородный почвенный слой с высоким содержанием гумуса (по отношению к нижним почвенным горизонтам).

Подытоживая сказанное выше, стоит отметить необходимость своевременного предотвращения и важность изучения процессов деградации земель [5]. Важно также изучать факторы, влияющие на данные процессы косвенно

или напрямую. Структура почвы находится в зависимости от гранулометрического состава, однако в разных почвах образование почвенных агрегатов обусловлено одними и теми же механизмами [8]. Структурность почвы характеризуют структурные отдельности, а также их форма и степень оформленности. Агрегатный состав почвы определяется распределением почвенных агрегатов по размеру [3]. Ключевое значение имеют агрономически ценные агрегаты, имеющие размеры от 0,25 до 10 мм [6]. Почвы, имеющие высокий процент агрономически ценных агрегатов, обладают механической прочностью и водопрочностью [9].

Почвенные образцы для лабораторного анализа отбирались на тестовом участке [4], расположенном в черте г. Волгограда (рис. 1). Тестовый участок имеет уклон 3° при перепаде высот от 50 до 105 м. Почвенный покров представлен каштановой почвой [7]. Почвенный образцы отбирались с глубины верхнего горизонта почвы (0-30 см). Всего было отобрано 17 усредненных почвенных образцов. В лабораторных условиях был выполнен агрегатный анализ методом Н.И. Саввинова, заключающейся в сухом рассеве нерастертой воздушно-сухой почвенной массы. Предварительно из образцов почвы были удалены различные включения (корни и камни) [2]. По результатам анализа установлено, что все образцы содержат более 50 % агрономически ценных агрегатов.

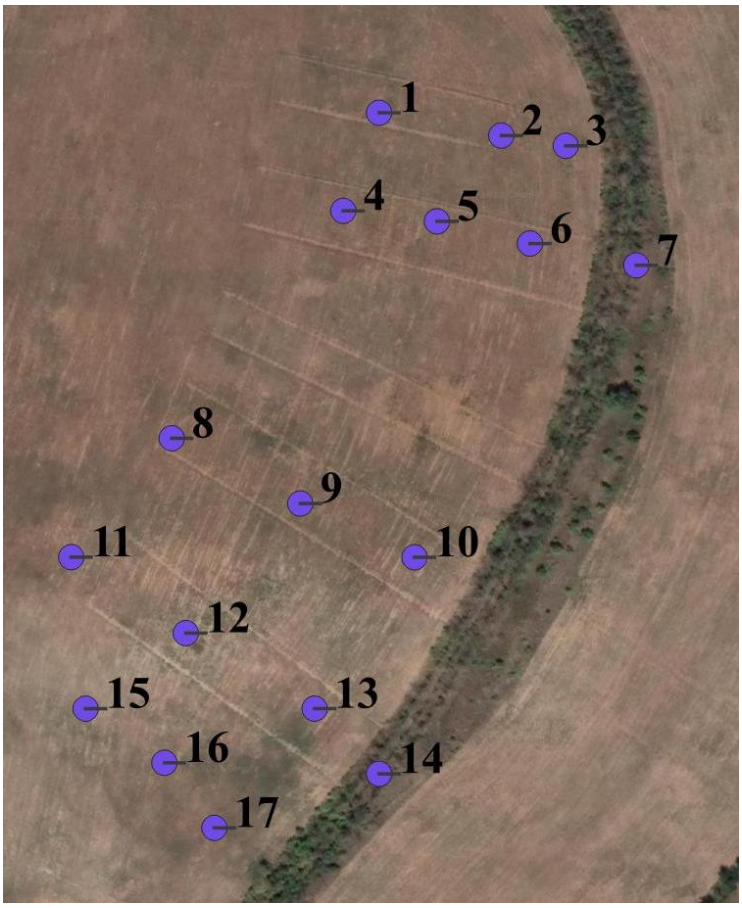


Рисунок 1 – Тестовый полигон с точками отбора почвенных образцов

Данные о процентном содержании почвенных агрегатов различного

размера позволили вычислить коэффициент структурности почвы (Ксп). Ксп рассчитывался как отношение содержания полезных почвенных агрегатов к числу агрегатов, не соответствующих размеру 0,25-10 мм.

На основе данных анализа составлено изолинейное изображение, отражающее пространственное распределения Ксп на тестовом участке в системе лесных полос (рис. 2).

Полученное изображение дает возможность визуально отразить закономерную зависимость Ксп от близости лесной полосы. Очевидно увеличение Ксп с приближением к лесной полосе. Его значения изменяются в диапазоне от 1,6 до 2,4 внутри полосы и вблизи нее. При удалении к центру поля от лесной полосы Ксп снижается и достигает минимального значения равного 0,86. Таким образом, очевиден факт положительного влияния защитной лесной полосы на формирование устойчивой к деградации структуры почвенного покрова.

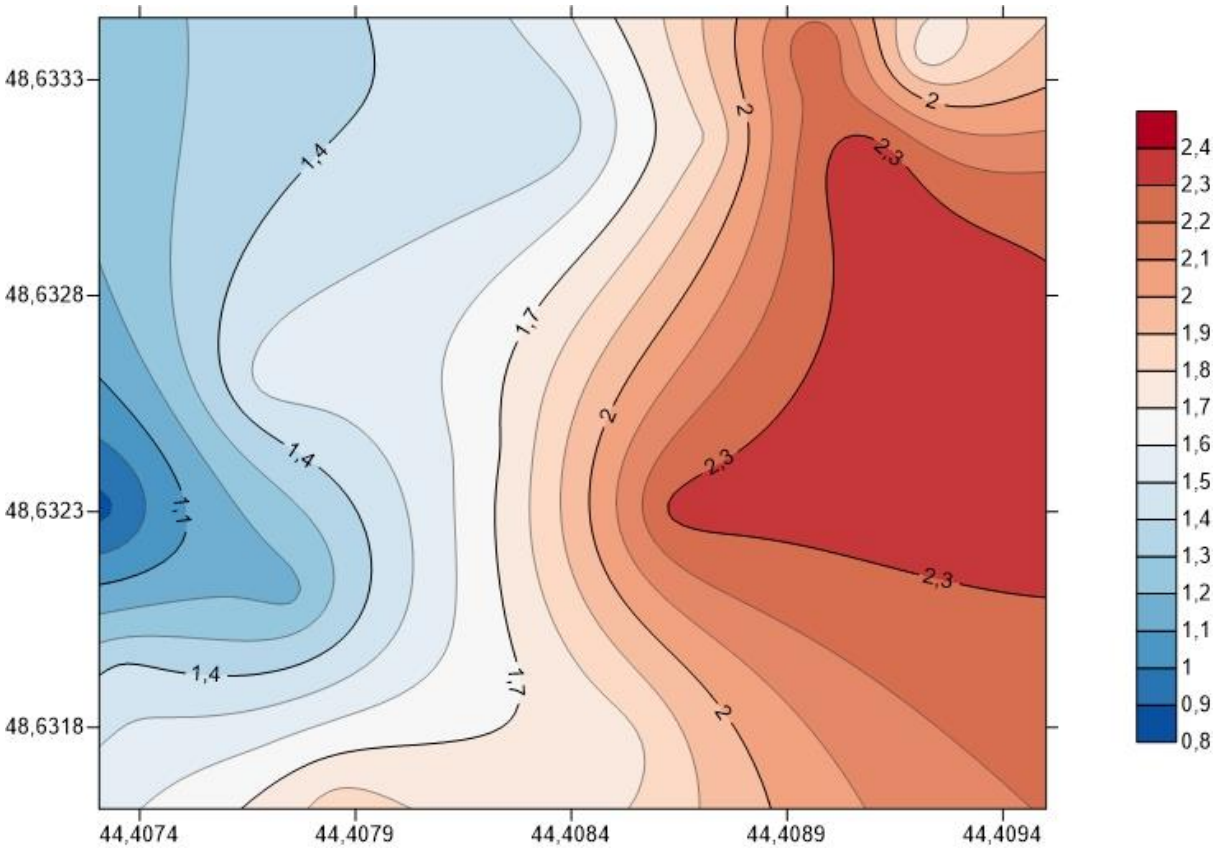


Рисунок 2 – Пространственное распределение коэффициента структурности почвы

Почвенная структура характеризуется Ксп. Так, чем выше Ксп, тем почва более оструктурена и имеет лучшие физические характеристики. Такая почва менее подвержена негативным процессам природного и антропогенного характера, в числе которых эрозия и дефляция. И, напротив, почва с низким Ксп более подвержена деградации вследствие слабой и неустойчивой структуры [1].

Тестовый участок отличится достаточно хорошими показателями Ксп на всех точках отбора. Ксп входит в диапазоны от 0,67 до 1,5 и > 1,5, что

соответствует хорошему агрегатному состоянию почвы и отличному соответственно. Таким образом, в пределах влияния лесных полос можно отметить высокий коэффициент структурности, что говорит о достаточном содержании агрономически полезных почвенных агрегатов. Почва в этой части участка отличается высокой оструктуренностью и обладают хорошей водопрочностью. Помимо этого, в структурной почве создаются благоприятные условия для обеспечения растений влагой и воздухом. Хорошая аэрация обеспечивает лучшие условия питательного режима по сравнению с бесструктурной почвой. Бесструктурная же почва крайне медленно поглощает воду, что приводит к тому, что значительная её часть может теряться вследствие поверхностного стока. В засушливом регионе содержание агрономически ценных агрегатов размером 1-2 мм должно быть не менее 50 %, что позволит препятствовать развитию эрозионных процессов на склонах.

Изучение Ксп дает представление о структурности почвы, её устойчивости, что в свою очередь позволяет оценить и охарактеризовать возможности почвы противостоять процессам деградации.

Библиографический список

1. Батудаев А.П., Бураева М.О., Алтаева О.А. Структурно-агрегатный состав почвы в условиях склонового рельефа // Вестник Бурятской Государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2015. – № 38. – С. 29-31.
2. Водюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. – М.: Агроконсалт, 2002. – 129 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособие для с.-х. вузов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Зинченко С.И., Щукин И.М. Оценка антропогенного влияния на структуру почвенного покрова агроэкосистем Верхневолжья // Агрофизика. – 2020. – № 1. – С. 16-23.
6. Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н. и др. Почвоведение. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
7. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Касьянова А.С. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-2. – С. 379-383.
8. Растворова А.А. Физика почв (практическое руководство). – Л.: ЛГУ, 1983.
9. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 194 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ..... 5

Тютюнов С.И., Навольнева Е.В., Азаров А.В. ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ 5
Хомяков Д.М. АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ИСТОРИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ 10
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛАНДШАФТАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА 14
Демидов В.В. ЭРОЗИЯ ПОЧВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ 18
Гюлалыев Ч.Г. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ПОЙМЕННО-ЛУГОВОЙ ПОЧВ ОТ ВЛАЖНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА 23
Старожилов В.Т. НООЛАНДШАФТОСФЕРА ПРИОРИТЕТНАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ 27
Агеев А.А., Анисимов Ю.Б., Калюжина Е.Л. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ 32

1 СЕКЦИЯ «ПОЧВОЗАЩИТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ» 38

Борисенко Г.О., Азаров В.Б., Лоткова В.В. ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОЙ УРОЖАЙНОСТИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР 38
Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЁМОВ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ 41
Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРИЁМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ И ЗАСОРЁННОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗА 46
Горбунов В.В., Азаров В.Б. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ 51
Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ СФЕРЫ АПК 54
Громова И.П. ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДА КЛАССА ФЕНИЛПИРРОЛОВ НА МОДИФИКАЦИЮ АЗОТА В ПОЧВЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ УРЕАЗЫ 57
Гуреев И.И. ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ПИТАНИЯ С УЧЁТОМ СИНЕРГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ НИМИ 61
Гусенков Е.А., Алистратова Ф.И. РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕКОТОРЫХ ГРИБНЫХ ШТАММОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ 71
Даманский Р.В., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н. ПРОЦЕСС ЦИФРОВИЗАЦИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ 75
Дериглазова Г.М. ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ 80
Дмитриенко С.А., Лоткова В.В. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР 84
Дрозд Д.А. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗНОСПЕЛЫХ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО 88

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ЯЧМЕНЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 91
Дураков П.П. СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ 95
Евдокименкова М.И., Кувшинова А.А., Гринева А.В. АНАЛИЗ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ АДАПТИРОВАННЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ С УЧЁТОМ ФАКТОРА МЕЗОРЕЛЬЕФА 99
Егоров С.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ОГУРЦА НА МИНЕРАЛОВАТНЫХ КУБИКАХ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ 103
Емельянова А.А., Логвинова Е.В. НОВЫЕ СОРТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ 106
Зайцева Е.А. ЦИФРОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ 110
Зуева Ю.В., Трефильев П.П., Сидоров И.И. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОБИЗНЕСЕ 113
Каличкин В.К., Максимович К.Ю., Федоров Д.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 116
Кишев А.Ю. ВЛИЯНИЕ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ И ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 120
Козлова А.А., Кочарли С.А., Хасаева С.Г., Гюлалыев Ч.Г. ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПОД СЕВООБОРОТОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА ГОДА 125
Колесникова М.В. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С ПОМОЩЬЮ АБОРИГЕННОГО МИКРООРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ 129
Кондратьева О.В., Слинько О.В., Войтюк В.А. РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ 133
Кривошеев С.И., Шумаков В.А. ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 138
Кудрявцев Н.А. ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЗАЩИТЕ ЛЬНА ОТ БОЛЕЗНЕЙ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И СОРНЯКОВ 141
Кудрявцев Н.А. ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОТРАВЛИВАНИЕ СЕМЯН ЛЬНА 145
Лазарев В.И. ОТЗЫВЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ВНЕСЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ 150
Логвинова Е.В., Емельянова А.А. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ ФГБНУ «КУРСКИЙ ФАНЦ» СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ФРАНЦ 155
Лукьянов В.А., Гайсина Л.А., Неведров Н.П., Снарская Д.Д. О СОВМЕСТИМОСТИ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA SOROKINIANA С МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ 159
Мазницына Л.В., Торговин В.В. ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА 164
Милюткин В.А. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ, АГРОХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ТУМАН…» ООО «ПЕГАС-АГРО» И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ КАС 168
Милюткин В.А. Гужин И.Н., Цирулев А.П. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АГРОХИМИЧЕСКОГО, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО, МОДУЛЬНОГО АГРЕГАТА «ТУМАН…» ООО «ПЕГАС-АГРО» ДЛЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ 173
Минакова О.А. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИНОСТРАННЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЧР 177

Минченко Ж.Н. АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ 182
Морозов А.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕТАРДАНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА РАЗНЫХ ФОНАХ УДОБРЕННОСТИ 187
Нагорных А.В., Долгополова Н.В. ПЕРСПЕКТИВЫ БИОЛОГИЗАЦИИ И ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ 191
Неменущая Л.А. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ С ПОМОЩЬЮ РЕЦИКЛИНГА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ 195
Нитченко Л.Б. ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ И ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЦЧР 197
Петелин И.С., Волкова А.С. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ЛИНИИ ПРК «БЕЛЫЙ ЖЕМЧУГ» НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 202
Приходько А.В., Черкашина А.В. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕЛЕНЫХ УДОБРЕНИЙ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ 205
Подлесных И.В. ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОМ КОМПЛЕКСЕ 208
Прущик И.А. ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 212
Самутенко Л.В. НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЗАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗЕМЛЕДЕЛИИ О. САХАЛИН 215
Свиридов В.И. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СИСТЕМЕ СЕВООБОРОТОВ 219
Селиванова М.В. ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФОНЕ ОСНОВНОЙ СХЕМЫ ПИТАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕПЛИЧНОГО ОГУРЦА 223
Старожилов В.Т. ПРИОРИТЕТНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ СТРУКТУРЫ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ПОЯСА РОССИИ 226
Сусский А.Н. ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ NO-TILL В КРЫМУ 231
Сухопалова Т.П. ВЛИЯНИЕ ПОУКОСНОГО ПОСЕВА ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ НА КОЛИЧЕСТВО СТЕБЛЕЙ ПЫРЕЯ ПОЛЗУЧЕГО В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНОПРОДУКЦИИ 234
Тарчоков Х.Ш., Чочаев М.М., Бжинаев Ф.Х. ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ 240
Трузина Л.А. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВОГО РАПСА В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ 245
Уланов А.К., Билтуев А.С. ЦИФРОВИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ 248
Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. ЖИДКИЕ КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЛЕСОСТЕПИ 251
Щеголихина Т.А. СОВРЕМЕННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ В ВЫРАЩИВАНИИ ВИНОГРАДА 254
Щукин Н.Н., Окорков В.В., Окоркова Л.А. ДИНАМИКА NPK И НИТРАТОВ В ЗЕРНЕ СОРТОВ ФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОМЕТОМ КУР В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ 258
Юшкевич Л.В., Ющенко Д.Н., Щитов А.Г., Кашинская С.П. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ 262

2 СЕКЦИЯ «АГРОГЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ» 267

Афонченко Н.В. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ 267
Афонченко Н.В. К ОЦЕНКЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ СКЛОНОВОГО АГРОЛАНДШАФТА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ 271
Батищев И.В. СТРУКТУРА И ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО НА СКЛОНЕ 276
Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Кирдун Т.М., Торчило М.М. ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В МОРТМАССЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ 280
Бондарчук Е.В., Гармаш Г.А., Белобородов А.А., Гармаш Н.Ю. ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД 285
Брикманс А.В., Нестерова О.В., Бовсун М.А., Сакара Н.А. СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ И СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УДОБРЕНИЙ 289
Волкова А.С., Петелин И.С. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТОВ «БЕРЕС» 292
Волкова Е.С. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ВЫНОС КАЛЬЦИЯ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ РЖИ 295
Гармашов В.М., Гармашова Л.В. МИНИМАЛИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ 301
Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ 304
Гармашова Л.В. ДИНАМИКА АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ 309
Гилёв А.М., Рыбачук Н.А., Брикманс А.В., Нестерова О.В., Сакара Н.А. СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В АГРОПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ 312
Глазунов Г.П. ВЫЯВЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ 316
Двойных В.В. ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗЛАГАЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ЛАНДШАФТОВ КАК ОДИН ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ЕЁ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ 319
Демиденко Г.А. СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ 322
Дикарев А.В., Дикарев Д.В., Крыленкин Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ЦИНКА И МЕДИ НА ПОСЛЕДСТВИЯ ТОКСИЧЕСКОГО СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО У ЯЧМЕНЯ КАДМИЕМ 325
Жлоба Г. П., Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б. ДИНАМИКА ОБЩЕГО АЗОТА И УГЛЕРОДА В ЮЖНЫХ КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ КАЗАХСТАНА ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ 329
Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б., Филиппова Н.И., Жлоба Г.П. СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗЕЛЕНЫХ УДОБРЕНИЙ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ 334

Зинченко М.К., Автономова И.Н. АКТИВНОСТЬ ОКСИРЕДУКТАЗ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ МНОГОЛЕТНЕГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА 338
Зинченко С.И., Рыжова Л.Е., Князева И.В. ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ОВСОМ ЯРОВЫМ С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ 344
Золотухин А.Н. СПОСОБЫ БЫСТРОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ 348
Ильинская И.Н. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ ШИРОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ 353
Караулова Л.Н. ВЛИЯНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 357
Кемеров А.А. ВЫЯВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ 360
Киселёва А.А., Шулико Н.Н. ЧИСЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В РИЗОСФЕРЕ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНОКУЛЯЦИИ 364
Корчагина И.А. ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА НА ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЕЙ ЯРОВОЙ 366
Крыленкин Д.В., Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Санжаров А.И., Фесенко С.В., Глазунов Г.П., Коровин С.В., Корнеев Ю.Н., Новикова Н.В., Мезина М.В., Дикарев А.В. ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ Cd, Co, Zn И СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ Cs И K В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ НА УЧАСТКЕ «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ» ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.В. АЛЕХИНА 368
Крыленкин Д.В., Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Санжаров А.И., Фесенко С.В., Глазунов Г.П., Коровин С.В., Корнеев Ю.Н., Новикова Н.В., Мезина М.В. Дикарев А.В. МИГРАЦИЯ ^{137}Cs и ^{40}K В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ТРАВЯНИСТЫЕ РАСТЕНИЯ НА УЧАСТКЕ «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ» ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В.В. АЛЕХИНА 373
Кузнецов А.В., Припутнева М.А. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ 377
Масютенко М.Н. ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОПРЕПАРАТАМИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ОВСА НА ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО 382
Масютенко Н.П. К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЕЁ ПЛОДОРОДИЯ 388
Митрохина О.А. ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЦЧЗ 392
Наими О.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДЕКСА БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ 395
Несветаев М.Ю., Губарев Д.И., Ларькин М.А., Ефимова В.И., Нечаева К.Ю. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СПЛОШНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ 399
Никитина О.В. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ 404
Окунева А.А. ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ КУКУРУЗЫ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО СЛАБОСМЫТОГО 407
Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Сюй Ш. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ 411

Пироженко В.В., Мирошниченко О.Н. БАЛАНС ГУМУСА И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ КАК ПРОГНОЗНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ 415
Собина А.С., Казеев К.Ш. ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ОТ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ 419
Спиридонов С.И., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ ^{137}Cs ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОЛАНДШАФТА 421
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Емельянов А.В., Скрипникова Е.В., Горбунов А.С., Быковская О.П. УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ 425
Трофимова Л.С. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЮГА РОССИИ 429
Турин Е.Н. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОГУМУСА «ГРАНД-ФЛОРА ВИКТОРИЯ» В КРЫМУ 433
Хлюпина С.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ 437
Чевердин А.Ю., Чевердин Ю.И., Сауткина М.Ю. ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АССОЦИАТИВНЫХ ШТАММОВ 442
Чевердин Ю.И., Беспалов В. А., Титова Т.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧЗ 445
Чуян О.Г., Золотухин А.Н. К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЧР 448
Шмелева Н.В. МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ В СИСТЕМЕ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ 453
Шулико Н.Н. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН 458
Щукин Н.Н., Окорков В.В. ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ БИОЛОГИЗИРОВАННОГО ПОМЕТА КУР НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ 461
Яковлева Е.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОЛАНДШАФТОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ 466

3 СЕКЦИЯ «ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ, ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ» 470

Вытовтов В.А. ВЛИЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ 470
Меженков А.А., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А., Жолудев Р.О., Кучменко Е.В. ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПЛОЩАДЕЙ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ И ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 473
Петелько А.И., Выпова А.В. ВЛИЯНИЕ ГЛАВНЫХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ 476
Прущик А.В. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ НА СКЛОНЕ С ЛЕСНЫМИ ПОЛОСАМИ 486
Рубаник Ю.О. ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПОЛОСЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГРЕЧИХИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СКЛОНАХ 489
Сухановский Ю.П. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЭРОЗИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ 493

Сюрис А.И., Боаге Л.В., Быстрова Н.Л. УЛУЧШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ АГРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА 497
Тарасов С.А. ЗАПАСЫ ВЛАГИ И ТВЕРДОСТЬ ПОЧВЫ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОМ КОМПЛЕКСЕ НА СКЛОНАХ ЦЧР 501
Трузина Л.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ АГРОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ 505
Цыбулько Н.Н., Жукова И.И., Алексейчик Е.В. ЭРОДИРОВАННЫЕ ПОЧВЫ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ 509
Шатровская М.О., Веденеева В.А., Поташкина Ю.Н. РОЛЬ КОЭФИЦИАНТА СТРУКТУРНОСТИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС 513

Научное издание

Перспективные направления рационального землепользования и цифровизация земледелия. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук. Курск, 2-4 октября 2023 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023. – 523 с.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

Сдано в набор __.09.23 г. Подписано в печать __.09.23 г.
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 16.33. Тираж 500 экз. Заказ № 397.
Отпечатано: «Деловая полиграфия»
ИП Бескровный Александр Васильевич
г. Курск, ул. К.Маркса, 61 Б.
E-mail: zakaz-zachetka@mail.ru