Межрегиональная общественная организация «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева» Курское отделение

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Российская академия наук

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия

Сборник докладов

XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общества почвоведов им. В. В. Докучаева»

Курск, 26-28 апреля 2023 года

Курск, 2023 год

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ им. В.В. ДОКУЧАЕВА»
КУРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение сельскохозяйственных наук РАН

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

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, ЭКОЛОГИИ И ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Сборник докладов
XVIII Международной научно-практической конференции
г. Курск, 26-28 апреля 2023 г.

Курск – 2023

УДК 631.4:631.58:631.95
DOI 978-5-907407-94-7-407
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. – 407 с.

В сборнике докладов конференции приведены результаты научных исследований по актуальным проблемам почвоведения, экологии и земледелия регионов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья: Беларуси и Молдовы. Рассмотрены проблемы, перспективы, оценка и рациональное использование почвенных ресурсов, управление ими. Обсуждены государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения и перспективы его совершенствования, агроэкологическая оценка пахотных земель в склоновых агроландшафтах, некоторые аспекты деградации почв. Представлена методика оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации. Дана геостатистическая оценка использования удобрений в информационных системах. Рассмотрено органическое вещество почвы как материальный носитель биологической памяти пахотной почвы, его роль в плодородии и обеспечении здоровья почвы, влияние No-till обработок на депонирование углерода в черноземах. Изучена эффективность применения гуминовых, органических, зеленых удобрений и биопрепаратов. Освещены вопросы биологизации и экологизации земледелия, влияния элементов систем земледелия на агрохимические, физико-химические, агрофизические и биологические свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Показана роль математического моделирования в решении проблемы защиты почв от эрозии и представлено моделирование противоэрозионных мероприятий с использованием ГИС-технологий при проектировании севооборотов. Дана оценка эрозионного риска почвенного покрова пахотных и залежных земель в подтайге Западной Сибири с помощью геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли. Большое внимание уделено актуальным вопросам почвозащитного земледелия.

Сборник представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов ВУЗов, ССУЗов сельскохозяйственного и биологического профиля, работников АПК и специалистов хозяйств всех форм собственности. Сборник включает 96 докладов. Доклады даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:
Н.П. Масютенко, профессор, доктор сельскохозяйственных наук;
Г.М. Дериглазова, доктор сельскохозяйственных наук;
Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук.
Ответственные за выпуск:
Г.М. Дериглазова, доктор сельскохозяйственных наук;
Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**
Перевод **Л.Е. Тарасовой**
ISBN- 978-5-907407-94-7

© ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023

INTERREGIONAL
PUBLIC ORGANIZATION
« V.V. DOKUCHAEV SOCIETY OF SOIL SCIENTISTS »
KURSK BRANCH

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

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

TOPICAL PROBLEMS OF SOIL SCIENCE, ECOLOGY AND AGRICULTURE

Proceedings of the
XVIII International Scientific and Practical Conference
Kursk, April 26-28, 2023

Kursk – 2023

UDC 631.4:631.58:631.95
DOI 978-5-907407-94-7-407
Topical problems of soil science, ecology and agriculture. Proceedings of the XVIII International Scientific-Practical Conference of Kursk branch IPO «V.V. Dokuchaev Society of soil scientists». – Kursk, April 26-28, 2023 – Kursk: FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center», 2023. – 407 c.

In the volume the results of the studies on topical issues of soil science, ecology and agriculture in the regions of the Russian Federation and neighboring countries: Belarus and Moldova are presented. Problems, perspectives, assessment and rational use of soil resources, their management are considered. State monitoring of agricultural lands and perspectives for its improvement, agroecological assessment of arable lands in sloping agrolandscapes, some aspects of soil degradation are discussed. Methods of evaluation of ecological and economic damage from degradation of drained organogenic soils of various degrees of anthropogenic transformation are presented. Geostatistical assessment of fertilizer use in information systems is given. Soil organic matter as a material carrier of biological memory of arable soil, its role in fertility and soil health ensuring, influence of No-till tillage on carbon deposition in chernozems are considered. The efficiency of humic, organic, green manure fertilizers and biopreparations application is studied. Issues of biologization and ecologization of arable farming, influence of the elements of arable farming systems on agrochemical, physical and chemical, agro-physical and biological soil properties and crop yields are covered. The role of mathematical modeling in solving the problem of soil erosion control is shown and modeling of erosion control measures with the use of GIS-technologies in crop rotation planning is presented. The assessment of soil erosion risk of arable and idle lands in sub-taiga of Western Siberia with the help of GIS and remote sensing is given. Much attention is paid to the topical issues of soil-protective farming.

The volume is of interest to researchers, teachers, postgraduates, students of agricultural and biological colleges, agricultural workers and specialists of the farms of all forms of ownership. The volume comprises 96 papers. The papers are given in the author's edition.

Editorial Board:
N.P. Masyutenko, Professor, Doctor of Agricultural Sciences;
G.M. Deriglazova, Doctor of Agricultural Sciences;
G.P. Glazunov, Candidate of Agricultural Sciences.
Persons responsible for the volume release:
G.M. Deriglazova, Doctor of Agricultural Sciences;
G.P. Glazunov, Candidate of Agricultural Sciences.

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

ISBN-978-5-907407-94-7

© FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center», 2023

УДК 631.45

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ОСУШЕННЫХ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Азарёнок Т.Н., Матыченкова О.В., Дыдышко С.В., Матыченков Д.В.
РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск
E-mail: *soil@tut.by, tanik63@mail.ru*

Резюме. *Представлены научно-методические аспекты проведения оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации, учитывающей их агроэкологическое состояние.*
Ключевые слова: *структурно-логическая схема оценки, осушенные торфяные и дегроторфяные почвы, свойства почв, научное обоснование, органическое вещество, урожайность, эколого-экономический ущерб.*
Summary. *Scientific and methodological aspects of assessing the environmental and economic damage from the degradation of drained organogenic soils of various degrees of anthropogenic transformation, taking into account their agroecological state, are presented.*
Key words: *structural and logical scheme of assessment, drained peat and degropeat soils, soil properties, scientific justification, organic matter, productivity, environmental and economic damage.*

Научные исследования по разработке методических аспектов учета и контроля проявляющихся процессов деградации для обеспечения продовольственной безопасности являются научно значимыми, а разработка алгоритмов оценки состояния мелиорированных торфяных почв разной степени деградации относится к концептуальным подходам к решению вопросов рационального их использования. В разработанной стратегии устойчивого социально-экономического развития республики Беларусь до 2030 года борьба с деградацией земель/почв, направленной на предотвращение ускоренной потери продуктивности и экологической ценности почвенно-земельных ресурсов, является одним из приоритетных направлений государственной политики, а исследования по разработке методических основ оценки агроэколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации представляются актуальными и важными в решении вопросов рационального землепользования.

Объектом исследований явились торфяные маломощные и антропогенно-преобразованные органогенные почвы пахотных земель республики (дегроторфяные торфяно-минеральные, дегроторфяные минеральные остаточно-торфяные, дегроторфяные минеральные постторфяные).

Исследования проведены на основе сравнительно-аналитического методов, математической статистики и экспертных оценок.

В настоящий момент при оценке ущерба от деградации в республике отсутствует методическая часть, регламентирующая этапы проведения данного вида работ и учитывающая специфику трансформации органогенных почв. При разработке методических аспектов эколого-экономической оценки от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной транс-

формации составлена структурно-логическая схема проведения этой оценки. Структурно-логическая схема оценки состоит из следующих этапов: подготовительного, сбора первичных данных, обработки и анализа научных данных, оценки эколого-экономического ущерба, разработки экспертного заключения и мер по минимизации эколого-экономического ущерба (рисунок 1).

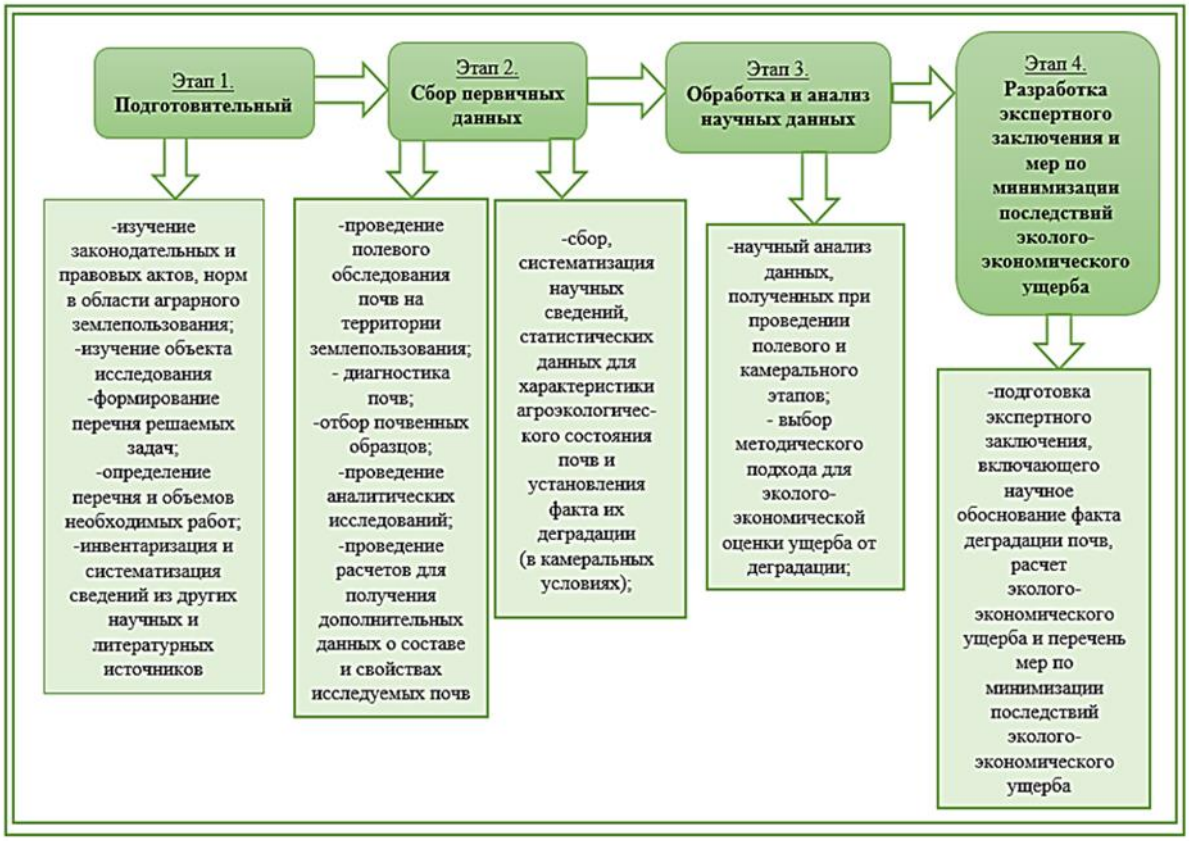


Рисунок 1 – Структурно-логическая схема оценки эколого-экономического ущерба от деградации органогенных почв различной степени антропогенной трансформации

1. Подготовительный этап включает следующие виды работ: изучение законодательных и правовых актов, норм в области рационального землепользования; изучение объекта исследования; формирование перечня решаемых задач; определение перечня и объемов необходимых работ, проведение инвентаризации и систематизации сведений из других научных и литературных источников. Содержание работ по установлению деградации почв определяется на договорной основе между лицом, заинтересованным в проведении работ, и организацией, выполняющей данные работы.

2. Сбор первичных данных включает проведение полевого обследования почв на территории землепользования; диагностику почв, отбор почвенных образцов, проведение аналитических исследований; проведение расчетов для получения дополнительных данных о составе и свойствах почв, сбор и систематизация научных сведений, фондовых, литературных, статистических и справочных данных, данных Банка данных «Деградированные органогенные почвы Республики Беларусь», являющегося составной частью Почвенно-

информационной системы Беларуси (ПИСБ) содержащего описания и фото более 120 разрезов деградированных торфяных почв органогенных почв различной степени антропогенной трансформации для характеристики агроэкологического состояния дегроторфяных почв и установления факта их деградации (в камеральных условиях):

- полевой этап проводится специалистами, выполняющими почвенное обследование сельскохозяйственных земель или научными работниками-экспертами. В рамках этапа устанавливаются границы обследуемой территории на местности с применением GPS, спутниковых снимков, составляется картосхема элементарного, рабочего участка;

-актуальную классификационную принадлежность деградированных почв, как объектов исследования, устанавливают на основании их диагностики в рамках заданного элементарного почвенного ареала (ЭПА). Диагностика деградированных органогенных почв проводится согласно Методическим указаниям обследования антропогенно-преобразованных почв, 2021, ТКП 651-2020 (33520), 2020;

-отбор почвенных образцов проводится согласно методике, изложенной в Методических указаниях обследования антропогенно-преобразованных почв, 2021, ТКП 651-2020 (33520), 2020;

- проводится составление полевых экземпляров картосхемы обследования и карты с почвенными контурами деградированных почв;

- лабораторно-аналитические работы проводятся в аналитической лаборатории согласно существующим ГОСТам. Результаты данных анализов вносятся в протокол испытаний, который удостоверяется руководителем лаборатории и аналитиками.

3. Этап «Обработка и анализ научных данных» включает научный анализ данных, полученных при проведении полевого и камерального этапов, выбор методического подхода для расчета эколого-экономического ущерба, окончательное составление картосхемы и почвенной карты с применением методов GIS (в т.ч. установление актуальных площадных данных дегроторфяных почв с различным содержанием органического вещества, установление их пространственно-временной динамики).

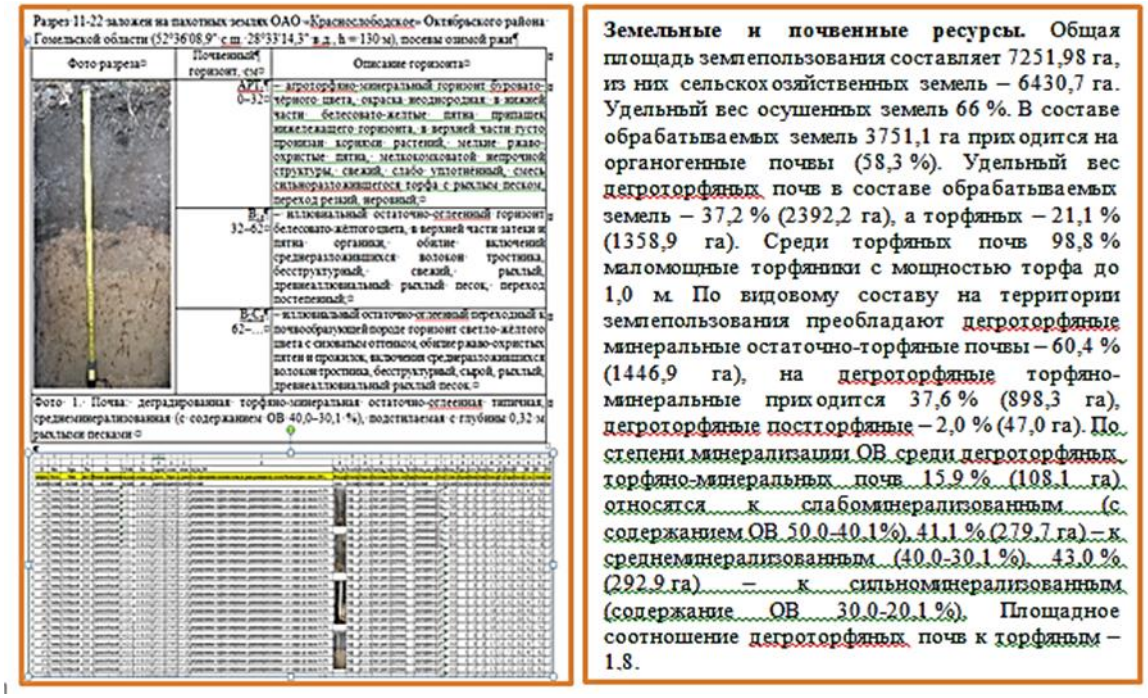
4. Важнейшей составной частью в рамках алгоритма оценки ущерба является разработка экспертного заключения, включающего научное обоснование факта деградации органогенных почв и основывается на сведениях и актуальных данных аналитических исследований и данных пространственно-временной изменчивости, характеризующих состав и свойства органогенных почв, как компонента агроэкосистемы.

Далее приведен пример отдельных положений этого научного обоснования:

- научное обоснование, его положения, заключение базируются на нормативах, законах, законодательных актах, постановлениях, статьях Земельного кодекса, принятых и действующих в Республике Беларусь и подготавливается специалистами, выполняющими почвенное обследование сельскохозяй-

ственных земель, в рамках подготовки проектов внутрихозяйственного землеустройства для землепользования или научными работниками в рамках экспертного заключения для подтверждения факта деградации почв, вследствие проведения экологической экспертизы;

- научное обоснование включает следующие разделы: правовое обеспечение использования и охраны органогенных и дегроторфяных почв, общие сведения об объекте исследования, агроклиматические ресурсы, земельные и почвенные ресурсы (рис. 2), агроэкологические свойства дегроторфяных почв, нормативно-технические сведения, эколого-экономическая оценка ущерба дегроторфяных почв, заключение, рекомендации;



Разрез 11-22 заложен на пахотных землях ОАО «Краснослободское» Октябрьского района Гомельской области (52°36'08,9" с.ш. 28°33'14,3" в.д., h = 130 м), посевы озимой ржи

Фото разреза	Почвенный горизонт, см	Описание горизонта
	A_{PL} 0–32	– агроторфяно-минеральный горизонт буровато-черного цвета, окраска неоднородная: в нижней части белесовато-желтые пятна прошлых кижележащего горизонта, в верхней части густо пронизан корнями растений, мелкие ржаво-охристые пятна; мелкокомковатой непрочной структуры, свежий, слабо уплотненный, смесь сильноразложившегося торфа с рыхлым песком, переход резкий, неровный
	B_{cg} 32–62	– иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт белесовато-жёлтого цвета, в верхней части затеки и пятна органики, обилие включений среднеразложившихся волокон тростника, бесструктурный, свежий, рыхлый, древнеаллювиальный рыхлый песок, переход постепенный
	B_{cg} 62–...	– иллювиальный остаточно-оглеенный переходный к почвообразующей породе горизонт светло-жёлтого цвета с сизоватым оттенком, обилие ржаво-охристых пятен и прожилок, включения среднеразложившихся волокон тростника, бесструктурный, сырой, рыхлый, древнеаллювиальный рыхлый песок

Фото 1. Почва: деградированная торфяно-минеральная остаточно-оглеенная типичная среднеминерализованная (с содержанием ОВ 40,0–30,1 %), подстилаемая с глубины 0,32 м рыхлыми песками

Земельные и почвенные ресурсы. Общая площадь землепользования составляет 7251,98 га, из них сельскохозяйственных земель – 6430,7 га. Удельный вес осушенных земель 66 %. В составе обрабатываемых земель 3751,1 га приходится на органогенные почвы (58,3 %). Удельный вес дегроторфяных почв в составе обрабатываемых земель – 37,2 % (2392,2 га), а торфяных – 21,1 % (1358,9 га). Среди торфяных почв 98,8 % маломощные торфяники с мощностью торфа до 1,0 м. По видовому составу на территории землепользования преобладают дегроторфяные минеральные остаточно-торфяные почвы – 60,4 % (1446,9 га), на дегроторфяные торфяно-минеральные приходится 37,6 % (898,3 га), дегроторфяные постторфяные – 2,0 % (47,0 га). По степени минерализации ОВ среди дегроторфяных торфяно-минеральных почв 15,9 % (108,1 га) относятся к слабоминерализованным (с содержанием ОВ 50,0-40,1%), 41,1 % (279,7 га) – к среднеминерализованным (40,0-30,1 %), 43,0 % (292,9 га) – к сильноминерализованным (содержание ОВ 30,0-20,1 %). Площадное соотношение дегроторфяных почв к торфяным – 1,8.

Рисунок 2 – Фрагмент раздела «Земельные и почвенные ресурсы» научного обоснования для оценки эколого-экономического ущерба от деградации для ОАО «Краснослободское» Октябрьского района Гомельской области

- органическое вещество играет определяющую роль в формировании свойств торфяных и дегроторфяных почв и внутривидовых различий между собой;

- органогенные почвы обладают повышенной эволюционной изменчивостью. В республике принята следующая схема эволюции органогенных почв: торфяная мощная – торфяная среднемощная – торфяная маломощная – торфяно-глеевая – торфянисто-глеевая – дегроторфяная торфяно-минеральная, дегроторфяная минеральная остаточно-торфяная, дегроторфяная минеральная постторфяная;

- все важнейшие свойства органогенных почв – агрофизические, физико-химические зависят от содержания, запасов и состава органического вещества, которые определяют их экологическое состояние, влияют на их продуктивность [1].

Для расчета эколого-экономического ущерба от деградации органогенных почв различной степени антропогенной трансформации необходимо:

- установить площадь деградированных почв (га);
- установить степень деградации исследуемых почв (в республике установлено 5 степеней деградации) [2] на основании усовершенствованных критериев и параметров шкалы степени деградации органогенных почв и актуальных полученных данных;
- установить коэффициент пересчета ($К_п$) в зависимости от изменения степени деградации почв и в зависимости от ее изменения при первоначальном обследовании и текущем;
- провести расчет средневзвешенного стоимостного показателя недобора урожая сельскохозяйственной культуры (по озимой ржи) на основании данных нормативной и фактической урожайности с учетом цены кормовой единицы на момент расчета (в руб.);
- рассчитать затраты (в руб.) на проведение полевых и камеральных работ;
- провести итоговый расчет по формуле с применением норматива возмещения потерь сельскохозяйственному производству (тыс. руб. за 1 га).

Завершается научное заключение рекомендациями, содержащими сведения о необходимых агротехнических мероприятиях по минимизации нанесенного эколого-экономического ущерба сельскохозяйственным землям.

Библиографический список

1. Агроэкологические особенности антропогенной трансформации состава и свойств осушенных агроторфяных почв Беларуси / Т.Н. Азаренок, С.В. Шульгина // Земледелие и защита растений. – 2016. – №5(108). – С. 3-6.
2. Азаренок, Т.Н. К вопросу установления экономического вреда от деградации осушенных торфяных почв / Т.Н. Азаренок, В.А. Калюк // Современные проблемы ландшафтоведения и экологии» (посвящ. 80-летию географического факультета и кафедры географической экологии БГУ) /материалы V международной научной конференции «Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии» (14-17 октября 2014, г. Минск) // БГУ; отв. ред.: В.С. Повколас, комп. верст. Е.В. Морозов. – Минск: БГУ, 2014. – С 125.

УДК 631.439

АГРОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЦЧЗ

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

Резюме. *В зернопропашном и в зернотравянопропашном севооборотах проведены исследования по изменению структурно-агрегатного состава почвы и её плотности в зависимости от способов обработки почвы и количества вносимых удобрений. Выявлены основные закономерности влияния изучаемых факторов на рассматриваемые показатели.*

Ключевые слова: *чернозем типичный, удобрения, способы основной обработки, севооборот, структурность и плотность почвы.*

Summary. *In grain-tillage and in grain-grass-tillage crop rotations, studies have been carried*

out to change the structural and aggregate composition of the soil and its density, depending on the methods of tillage and the amount of fertilizers applied. The main regularities of the influence of the studied factors on the considered indicators are revealed.
Key words: *typical chernozem, fertilizers, methods of basic cultivation, crop rotation, soil structure and density.*

Физика почв – это наука, которая открывает широкие пути для регулирования почвенных процессов и поддержания в почве условий, благоприятных для биологической деятельности, путем обработки и внесения удобрений [1].

К физическим показателям, которые характеризуют сложение пахотного слоя относят: гранулометрический состав почвы, плотность, структурный состав, пористость и другие, которые в большей степени коррелируют с урожайностью и существенно определяют уровень плодородия [2, 3].

Особенно важны эти показатели для сахарной свеклы на начальных этапах созревания корнеплодов и увеличения их в объеме. При излишне плотной почве возможно искривление корнеплода сдавливание и его удлинение в нижние слои почвы, что крайне нежелательно при механической уборке ввиду возможных потерь урожая.

Одним из важнейших показателей агрофизических свойств почвы является её структурно-агрегатный состав. При хорошей структурности почва длительное время сохраняет устойчивое сложение, обусловленное обработкой, не заплывает, не образует корки, значительно меньше теряет влаги в результате испарения и стока [4, 5].

Объектом наших исследований является многофакторный стационарный полевой опыт, расположенный на опытном поле ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Почва опытного участка чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, с содержанием гумуса в пахотном слое 5,1-5,6 %, подвижного фосфора – 67-78 мг и обменного калия – 98-121 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,8-6,3.

В опыте изучали два севооборота (фактор А) со следующим чередованием культур: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; зернотравянопропашной – многолетние травы 1-го года пользования (эспарцет), многолетние травы 2-го года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + многолетние травы.

Рассматривали два способа основной обработки почвы (фактор В):

- вспашка на глубину 30-32 см плугом ПЛН-5-35;
- минимальная обработка на глубину 12-14 см дискатором.

Схема опыта включает варианты с внесением под сахарную свёклу минеральных и органических удобрений: контроль, $N_{180}P_{180}K_{180}$, навоз 80 т/га, $N_{180}P_{180}K_{180}$ + навоз 80 т/га.

Отбор почвенных образцов для исследования плотности почвы и структурно-агрегатного состава проводили в третьей декаде июня на посевах сахарной свёклы.

В проведенных исследованиях хорошо прослеживается зависимость плотности почвы от всех изучаемых факторов: типа севооборота, способа об-

работки почвы и уровня удобренности (таб. 1). Без использования удобрений основным фактором для создания благоприятных агрофизических свойств почвы выступает способ основной обработки почвы под сахарную свеклу. При этом, в слое почвы 0-30 см наиболее благоприятное действие оказала минимальная обработка, в сравнении с вспашкой. На что большую роль сыграл верхний слой почвы 0-10 см, который при мелкой обработке был значительно разуплотнён (1,13-1,17 г/см^3) в сравнении с тем же слоем при вспашке (1,19-1,21 г/см^3).

При внесении только минеральных удобрений разница между обработками в слое почвы 0-30 см нивелируется. Однако, в нижнем слое зафиксированы показатели плотности на уровне 1,24-1,26 г/см^3, что служит тормозящим фактором для получения потенциальной высокой урожайности. Также следует отметить, минеральные удобрения не повлияли на плотность почвы. Исключением является зернопропашной севооборот, при проведении вспашки, где произошло разуплотнение слоя почв 0-30 см при использовании минеральных удобрений.

Таблица 1 – Плотность почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования (г/см^3). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	1,21	1,17	1,19	1,12
	10-20	1,17	1,18	1,20	1,16
	20-30	1,28	1,23	1,31	1,22
	0-30	1,22	1,19	1,23	1,16
$N_{180}P_{180}K_{180}$	0-10	1,22	1,16	1,19	1,19
	10-20	1,20	1,18	1,15	1,16
	20-30	1,26	1,24	1,25	1,26
	0-30	1,22	1,19	1,19	1,20
80 т/га навоза	0-10	1,13	1,15	1,12	1,16
	10-20	1,12	1,14	1,13	1,13
	20-30	1,17	1,16	1,14	1,15
	0-30	1,14	1,15	1,13	1,14
80 т/га+ $N_{180}P_{180}K_{180}$	0-10	1,15	1,14	1,12	1,15
	10-20	1,16	1,15	1,15	1,14
	20-30	1,13	1,19	1,12	1,20
	0-30	1,14	1,16	1,13	1,16
$НСР_{05}$ для слоя 0-30 см севооборот (A) = 0,028; обработка почвы (B) = 0,013; органические удобрения (C) = 0,013; минеральные удобрения (D) = 0,028					

Иная картина складывается при применении навоза крупного рогатого скота. В этом случае даже в нижних слоях почвы величины плотности составляли 1,14-1,17 г/см^3, что положительно сказывается на продуктивность сахарной свёклы.

На наш взгляд, оптимальным вариантом по созданию благоприятных величин плотности почвы может служить совместное внесение органических и минеральных удобрений. Изучаемые дозы на уровне 80 т/га навоза и по 180 кг/га действующего вещества макроэлементов используются многими агрохолдингами и самостоятельными финансово независимыми хозяйствами в качестве основы при возделывании сахарной свеклы с колебаниями по количеству промышленных туков и вида органических удобрений. В нашем опыте значение плотности почвы при органо-минеральной системе удобрений несколько колеблется по способам обработки почвы. Если при глубокой отвальной обработке по слоям пахотного горизонта почвы происходит четкая дифференциация, то при минимальной обработке происходит уплотнение слоя почвы 20-30 см, в сравнении с верхними слоями (табл. 1).

В целом, черноземы региона при грамотной эксплуатации показывают приемлемые значения плотности, что при условии высокой культуры земледелия и выполнения всех агротехнологических приемов в оптимальные сроки, служит значимым фактором получения стабильных высоких урожаев такой ценной для региона технической культуры, как сахарная свекла.

Одной из основных характеристик любой почвы является её способность сохранять в процессе вегетации культурных растений оптимальное структурное состояние, выражающееся в отношении агрономически ценных почвенных агрегатов к глыбистой и пылеватой фракциям.

В верхнем слое до 10 см на варианте без внесения удобрений при глубокой отвальной обработке отмечается наименьшая оструктуренность почвы 2,5 и 2,8 с лучшими значениями в севообороте с многолетними травами. Коэффициент структурности по слоям почвы имел более высокие значения в середине пахотного горизонта в слое 10-20 см и составил 3,6 единицы в зернотравянопропашном севообороте и 3,4 в зернопропашном (табл. 2). С углублением профиля данная величина имеет тенденцию к снижению, хотя и не на критическую величину. В этих условиях зафиксированное значение коэффициента структурности составило 3,4 и 2,9 соответственно. Данное обстоятельство возможно объяснить созданием так называемой «плужной подошвы», т.е. уплотнения почвы на нижней кромке глубины отвальной обработки, что косвенно подтверждают данные предыдущей таблицы.

При условии использования в агротехнологии сахарной свеклы минеральной системы удобрения, значения величины коэффициента структурности не претерпевают существенных изменений по сравнению с вариантом абсолютного контроля вне зависимости от типа севооборота и способа основной обработки почвы (табл. 2).

При внесении органических удобрений, 80 т/га значительно улучшается такой агрофизический показатель, как коэффициент структурности почвы. На этих вариантах наблюдается значительное улучшение структурности даже в верхнем слое пахотного горизонта почвы до величин 3,8-4,2 с преимуществом глубокой отвальной обработки почвы и при почти равной эффективности типов севооборотов. С увеличением глубины коэффициент структурности

заметно улучшается, достигая значений 5,2-5,6 в зернотравянопропашном севообороте и 4,9-5,1 в зернопропашном севообороте. В нижнем слое почвы 20-30 см данная тенденция сохраняется при некотором выравнивании значений по изучаемым севооборотам. По-видимому, данное обстоятельство можно объяснить разрыхляющей ролью навоза при интенсивном перемешивании почвы с большой массой органики, имеющей в своём составе соломистую фракцию с плотностью, не превышающей 1 г/см^3.

Таблица 2 – Коэффициент структурности почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования. Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	2,8	2,6	2,5	2,5
	10-20	3,6	3,5	3,4	3,3
	20-30	3,4	3,1	2,9	2,7
$N_{180}P_{180}K_{180}$	0-10	2,9	2,8	2,6	2,7
	10-20	3,3	3,5	3,4	3,4
	20-30	3,5	3,2	2,9	3,1
80 т/га навоза	0-10	4,2	3,8	4,0	3,8
	10-20	5,2	5,6	5,1	4,9
	20-30	5,4	4,8	5,5	5,1
80 т/га+ $N_{180}P_{180}K_{180}$	0-10	4,4	4,0	4,2	4,0
	10-20	5,2	5,5	5,0	4,6
	20-30	4,9	4,7	5,2	5,0
$НСР_{05}$ (обработка)		0,15		0,12	
$НСР_{05}$ (удобрения)		0,22		0,19	

Совместное внесение органических и минеральных удобрений позволило добиться более стабильных показателей структурного состояния чернозёма, но незначительно уступало вариантам только с одним навозом, однако, оставались на достаточно высоком уровне 4,0-5,5 единиц.

Библиографический список

1. Ревут И.Б. Физика почв на службе земледелия / И.Б. Ревут // Земледелие. – 1965. – № 4. – С. 16-18.
2. Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов // Отчий край. – Белгород. – 2013. – 371 с.
3. Ширяев А.В. Влияние систем обработки на водопрочность структуры почвы при возделывании кукурузы на зерно / А.В. Ширяев //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 7. – С. 53-55.
4. Ступаков А.Г. Влияние систем обработки почвы на дыхание почвенной биоты чернозема типичного / А.Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 7. – С. 53-55.
5. Влияние агротехнологических приемов на агрофизические свойства чернозема типичного / Е.В. Навольнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков и др. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2014. – №4. – С. 81-85.

УДК 631.45:633.16: 661.848

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОЧНОГО ЛИЗИМЕТРА ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ Cd В ПОЧВЕ

Анисимов В.С.[1], Санжаров А.И.[1], Анисимова Л.Н.[1], Крыленкин Д.В.[1], Дикарев Д.В.[1], Корнеев Ю.Н.[1]
[1] ФГБНУ ВНИИРАЭ, Обнинск
E-mail: *vsanisimov@list.ru*

Резюме. *В вегетационном лизиметрическом эксперименте исследовали доступность растениям антропогенного и нативного кадмия, содержащегося в почве. Полученные с помощью проточной лизиметрической установки результаты позволили нам адекватно оценить водно-миграционные коэффициенты биологического поглощения радионуклида ^{109}Cd и нативного Cd в системе почвенный раствор–растение, а также перераспределение металла между корнями и вегетативными частями растений.*

Ключевые слова: *радионуклид ^{109}Cd, стабильный Cd, лизиметрический раствор, вегетационный опыт, ячмень, корневое поглощение, параметры*

Summary. *In a vegetative lysimetric experiment, the availability of anthropogenic and native cadmium contained in the soil to plants was investigated. The results obtained with the help of a flow lysimetric installation allowed us to adequately assess the water-migration coefficients of of radionuclide ^{109}Cd and native Cd uptake in the soil solution–plant system, as well as the redistribution of metal between the roots and vegetative parts of plants.*

Key words: *radionuclide ^{109}Cd, stable Cd, lysimetric solution, vegetation experiment, barley, root uptake, parameters.*

Вегетационный эксперимент с водной культурой ячменя проводили с использованием модельной системы. Она представляла собой вегетационный стенд, состоящий из проточной лизиметрической установки, обеспечивающей гравитационный сток почвенной влаги в проточные вегетационные сосуды с 6-ю картриджами, имеющими сетчатое дно и заполненными грубым песком, в которых размещали проросшие семена растений в количестве 3 шт.; перистальтический насос; систему трубок, кранов и тройников-переходников; буферную емкость; источник освещения для растений. Сверху проточный лизиметр негерметично прикрывали крышкой из плексигласа с приспособлением для дождевания (рис. 1). Детальные схемы различных модификаций вегетационного стенда приведены в работах [1, 2].

В качестве объектов исследования использовали ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Зазерский-85, а также дерново-подзолистую супесчаную почву (Albic Retisol (Loamic, Ochric)), отобранную в д. Передоль Жуковского района Калужской области.

^{109}Cd ($T_{1/2}$ = 461,9 сут) в почву вносили в виде его раствора (без изотопного носителя) в количестве 650 кБк/кг, который готовили из образцового раствора ^{109}Cd(II) в 0,5 М HCl (“CYCLOTRON Co., Ltd.”, паспорт № С-740-19). Почвенную суспензию тщательно перемешивали, вносили питательные элементы (N, K) в виде водных растворов солей (NH_4NO_3, и K_2SO_4) в дозах, рекомендуемых при проведении таких опытов (N_{100}, K_{100}). Фосфор не вносили, поскольку его содержание в почве было достаточным [2, 3]. Далее почву

подсушивали до воздушно-сухого состояния, растирали и пропускали через сито 2 мм, затем помещали в лизиметрическую установку, чередуя вертикальные слои подготовленной почвы и отмытого кварцевого мелкозернистого (0,4–0,8 мм) песка, являющегося дренажем.

После сборки лизиметрическую установку покрывали светонепроницаемой пленкой, приливали на поверхность почвы в лизиметре 2.0 дм^3 деионизированной воды и уравновешивали систему почва - раствор в течение 0.5 мес., периодически возвращая стекающую из лизиметра воду обратно на поверхность почвы и восполняя периодически ее потери от испарения.

За 2 недели до начала вегетационного опыта, собирали вегетационный стенд (рис. 3.1), включающий лизиметр, вегетационные сосуды, буферную емкость, перистальтический насос, фильтр и соединительные шланги (схема вегетационного стенда приведена в работах [1, 2]. Количество воды в системе доводили до рабочего объема – 6,0 дм^3, запускали перистальтический насос и оставляли его в рабочем режиме в течение 2 недели для достижения равновесия в системе. Скорость тока влаги через перистальтический насос устанавливалась на уровне 40 см^3/мин, обеспечивая таким образом за сутки 10 циклов рекуперации лизиметрического раствора. Продолжительность вегетационного опыта составила 14 дней. В вегетационных сосудах перемешивание растворов осуществлялось барботированием воздухом. Испаряющаяся влага (≈3%/сут.) ежедневно компенсировалась деионизированной водой.

В каждый вегетационный сосуд помещался пластиковый сепаратор на подставках с 6-ю большими отверстиями, в которые вставлялись закрытые снизу капроновой тканью картриджи, заполненные крупным отмытым кварцевым песком (2-3 мм), касающиеся поверхности воды (рис. 1 г). В каждый картридж высаживалось по 3 пророщенных в течение 3-х суток ростков ячменя. После появления корней снаружи картриджа последние приподнимались таким образом, чтобы дно их не касалось воды в сосуде. Между вегетационными сосудами и буферной емкостью за тройником устанавливался фильтр грубой очистки в виде трубчатой стеклянной воронки с пористой пластиной ПОР 40 (16-40 мкм) для задерживания органических остатков и водорослей, образующихся в вегетационных сосудах (на рисунке 1 не показан). Продолжительность вегетационного опыта составляла 14 дней.

В ходе вегетационного эксперимента определяли ряд миграционных показателей в отношении Cd и ^{109}Cd:

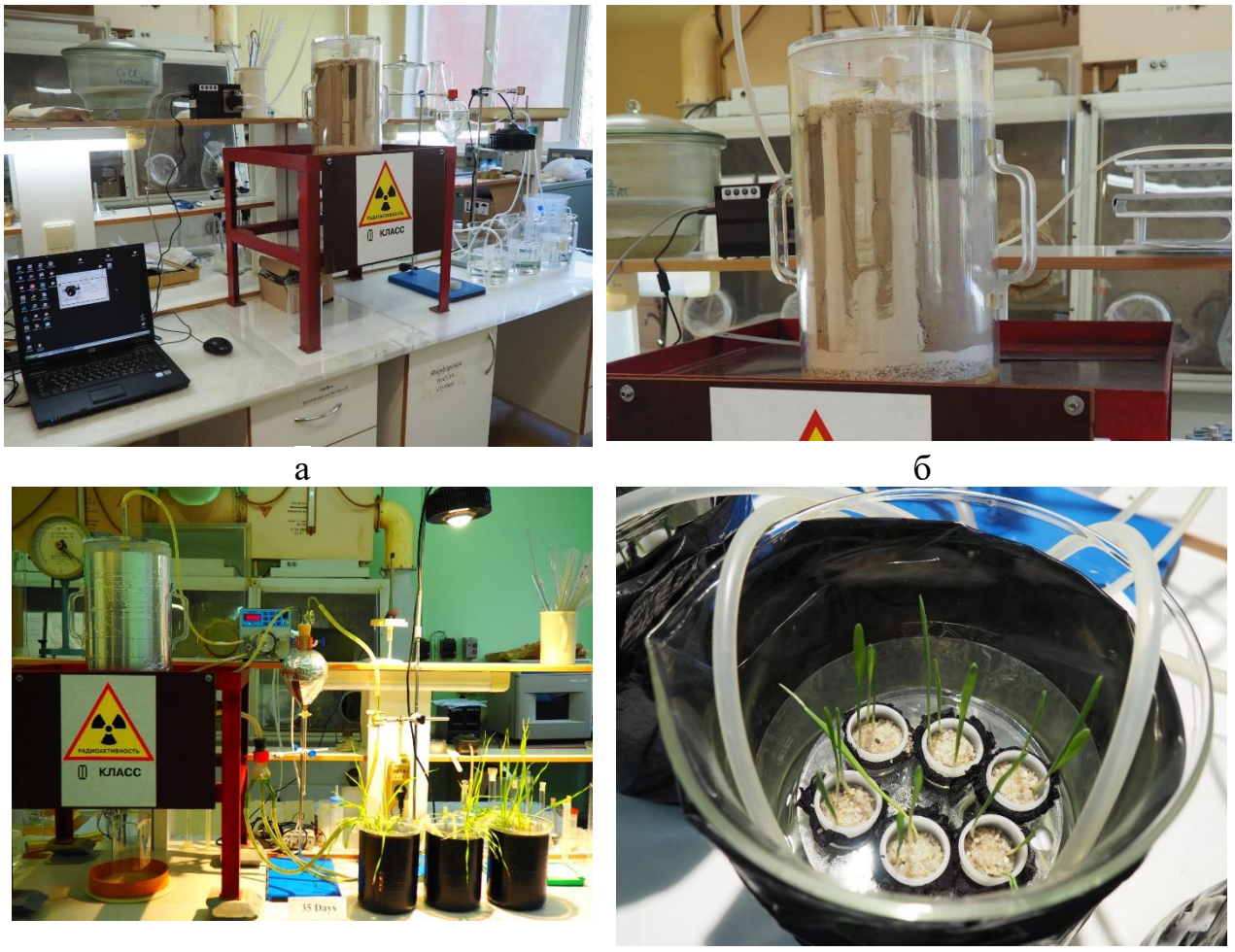
- коэффициент распределения (K_d), дм^3/кг: $K_d(\mathrm{Cd})=[\mathrm{Cd}]_{\text{почва}}/[\mathrm{Cd}]_{\text{раствор}}$, and $K_d(^{109}\mathrm{Cd})=(\mathrm{A_m}^{109}\mathrm{Cd})_{\text{почва}}/(\mathrm{A_v}^{109}\mathrm{Cd})_{\text{раствор}}$;

- коэффициент концентрирования ($Кк$) в ВЧ и корнях, дм^3/кг: $K_K(\mathrm{Cd}) = [\mathrm{Cd}]_{\text{ВЧ,корни}}/[\mathrm{Cd}]_{\text{раствор}}$ и $K_K(^{109}\mathrm{Cd}) = (\mathrm{A_m}^{109}\mathrm{Cd})_{\text{ВЧ,корни}}/(\mathrm{A_v}^{109}\mathrm{Cd})_{\text{раствор}}$;

- коэффициент накопления ($Кн$) в ВЧ и корнях, дм^3/кг: $Кн(\mathrm{Cd}) = [\mathrm{Cd}]_{\text{ВЧ,корни}}/[\mathrm{Cd}]_{\text{почва}}$ and $Кн(^{109}\mathrm{Cd}) = \mathrm{A_m}(^{109}\mathrm{Cd})_{\text{ВЧ,корни}}/\mathrm{A_v}(^{109}\mathrm{Cd})_{\text{почва}}$.

Здесь $\mathrm{A_m}(^{109}\mathrm{Cd})_{\text{ВЧ, почва}}$ – удельная активность ^{109}Cd в вегетативных частях растений (ВЧ) и в почве; $\mathrm{A_V}(^{109}\mathrm{Cd})$ – объемная активность ^{109}Cd в пробах растворов; $[\mathrm{Cd}]_{\text{ВЧ}}$, $[\mathrm{Cd}]_{\text{почва}}$, $[\mathrm{Cd}]_{\text{раствор}}$ – концентрация Cd в ВЧ, пробах почвы и

раствора; $A_m(^{109}Cd)_{корни/КПК}$ и $[Cd]_{корни/КПК}$ – удельные активности ^{109}Cd и концентрации Cd в корневом поглощающем комплексе (КПК), а также в корнях, после удаления катионов металлов, адсорбированных на КПК (в апопласте).



а б в г

Рисунок 1 – Экспериментальная установка для изучения параметров миграции Cd(^{109}Cd) в системе почва – лизиметрический раствор – растение: лизиметрическая установка (а, б), вегетационный стенд в сборе (в) и вегетационный сосуд с картриджами, заполненными песком, в которых выращивались растения (г)

Элементный анализ проводили методами атомной абсорбции с электротермической атомизацией образцов растворов с помощью спектрометра КВАНТ-Z.ЭТА для Cd. Удельную (объемную) активность ^{109}Cd определяли на сцинтилляционном гамма-спектрометрическом комплексе Atom Spectra 2 (ООО «НПП КБ РАДАР») с кристаллом NaI(TL) 40×40 мм и программного обеспечения Becquerel Monitor (версия 1.0). Все измеренные значения активностей ^{109}Cd в образцах пересчитывали на дату начала вегетационного лизиметрического опыта.

Величину общей (S_{total}) и активной (S_{active}) площадей поверхности корней в расчете на единицу массы сырого корня, а также процент активной поверхности корня определяли колориметрическим методом Д. Сабинина и И. Колосова [4].

Радиоактивная метка (^{109}Cd) накапливалась в основном в корнях: соотношение [($A_{уд}(^{109}Cd)_{корни}$+ $A_m(^{109}Cd)_{КПК}$)/ $A_{уд}(^{109}Cd)_{ВЧ}$=10,5), соотношение [($[Cd]_{корни}$+$[Cd]_{КПК}$) /$[Cd]_{ВЧ}$)=8,4. Соответственно, значения коэффициентов концентрации *Кк*(Cd) и *Кк*(^{109}Cd) в корнях были в 9 и 8 раз выше, чем в ВЧ ячменя (10800 ± 2100 по сравнению с 1220 ± 120 дм^3/кг для Cd и 9400 ± 1400 по сравнению с 1210 ± 70 дм^3/кг для ^{109}Cd). Такой тип реакции растений на токсичный ксенобиотический элемент называется барьерным [4]. Также закономерность, указывающая на барьерный тип накопления кадмия ячменем, определяется соотношением $K_H(Cd)_{ВЧ}$ к $K_H(Cd)_{корни}$ (7,4): 14,7±2,8 / 2,0 ± 0,4 дм^3/кг и $K_H(Cd)_{ВЧ}$ к $K_H(Cd)_{корни}$ (8,6): 29,2 ± 4,0 / 3,4 ± 0,2 дм^3/кг (табл. 1).

Таблица 1 – Значения основных параметров миграции ^{109}Cd (Cd) в системе почва–лизиметрический раствор–растение ячменя на единицу сухого веса (среднее значение ± стандартное отклонение, n = 3)

Показатель	Значение
$A_m(^{109}Cd)_{ВЧ}$, Бк кг$^{-1}$	1665 ± 95
$A_m(^{109}Cd)_{корни}$, Бк кг$^{-1}$	14560 ± 1640
$A_m(^{109}Cd)_{КПК}$, Бк кг$^{-1-}$	2950 ± 940
$[Cd]_{ВЧ}$, мкг кг$^{-1}$	430 ± 60
$[Cd]_{корни}$, мкг кг$^{-1}$	3100 ± 800
$[Cd]_{КПК}$, мкг кг$^{-1}$	510 ± 100
$K_K(^{109}Cd)_{ВЧ}$, дм^3 кг$^{-1}$	1210 ± 70
K_K $(^{109}Cd)_{корни}$, дм^3 кг$^{-1}$	9500 ± 1400
K_K $(^{109}Cd)_{КПК}$, дм^3 кг$^{-1}$	1890 ± 670
K_K $(Cd)_{ВЧ}$, дм^3 кг$^{-1}$	1220 ± 120
K_K $(Cd)_{корни}$, дм^3 кг$^{-1}$	10,800 ± 2100
K_K $(Cd)_{RAC}$, дм^3 кг$^{-1}$	1590 ± 320
$K_H(^{109}Cd)_{ВЧ}$, дм^3 кг$^{-1}$	3.35 ± 0.19
K_H $(^{109}Cd)_{корни}$, дм^3 кг$^{-1}$	29.2 ± 4.0
K_H $(^{109}Cd)_{КПК}$ дм^3 кг$^{-1}$	5.9 ± 1.9
$K_H(Cd)_{ВЧ}$, дм^3 кг$^{-1}$	2.02 ± 0.35
K_H $(Cd)_{корни}$, дм^3 кг$^{-1}$	14.7 ± 2.8
K_H $(Cd)_{КПК}$, дм^3 кг$^{-1}$	2.35 ± 0.38
S_{active}, м^2 г$^{-1}$ (r.w.) *	0.18 ± 0.02
S_{total}, м^2 г$^{-1}$ (r.w.)	0.67 ± 0.05
S_{active}/ S_{total}, %	27 ± 2
$ЕКО_{КПК}$, мэкв(+) кг$^{-1}$(r.w.)	76 ± 28
*ПЗП***, мэкв(+) м$^{-2}$(r.w.)	0.11 ± 0.04

* Сырая масса

** Плотность заряда поверхности.

Прочность связывания катионов Cd^{2+} почвой отражают величины коэффициентов распределения – K_d. Чем выше значение K_d, тем сильнее сродство сорбтива с сорбентом. Значения K_d(Cd) и K_d(^{109}Cd) в лизиметрических водах по окончании вегетационного опыта составили с 830±320 и 370±100 дм^3/кг. В нашем случае K_d(Cd) > K_d(^{109}Cd). Это говорит о значительно более прочной связи с почвенным поглощающим комплексом (ППК) стабильного нативного Cd по сравнению с недавно внесенным в почву радиоактивным ^{109}Cd.

Результаты выноса стабильного Cd и радиоизотопа ^{109}Cd в пересчете на одно 14-дневное растение оказались следующими: $W_{ячмень}$(Cd) = $W_{Вч}$ (Cd) + $W_{корни}$(Cd) + $W_{КПК}$(Cd) = (0.007±0.001) + (0.013±0.004) + (0.002 ± 0.001) = 0.023 ± 0.004 мкг/растение, $W_{ячмень}$(^{109}Cd) = $W_{Вч}$(^{109}Cd) + $W_{корни}$(^{109}Cd) + $W_{КПК}$(^{109}Cd) = (26±2) + (63±2) + (12 ± 1) = 101±5 Бк/растение.

Период уравновешивания нативных соединений Cd с внесенной радиоактивной меткой ^{109}Cd во влажной почве перед началом вегетационного опыта составил полгода. Этого времени более чем достаточно для установления изотопного равновесия ^{109}Cd/Cd для лабильных соединений природного Cd в почве. Однако этого времени недостаточно для того, чтобы менее лабильные соединения нативного Cd пришли в изотопное равновесие с введенным радиоактивным индикатором. Этот вопрос предполагает необходимость в сочетании метода изотопного разбавления с последовательным химическим фракционированием для оценки динамики и направленности трансформации форм техногенного Cd (и любого другого загрязнителя) в почве в условиях относительно высокой влажности и степени аэрации, достаточной для предотвращения развития негативных процессов оглеения. Такие условия наблюдаются, например, в почвах на полигонах твердых бытовых отходов. В проточных лизиметрах, подобных изображенному на рисунке 1 подобные условия удается поддерживать в полной мере, поэтому они могли бы стать эффективным инструментом для достижения целей специальных экспериментов.

Библиографический список

1. Anisimov V. S., Anisimova L. N., Sanzharov A. I. Zinc Plant Uptake as Result of Edaphic Factors Acting // Plants. – 2021. – 10(11), 2496; https://doi.org/10.3390/plants10112496
2. Anisimov, V.S.; Anisimova, L.N.; Sanzharov, A.I.; Frigidov, R.A.; Dikarev, D.V.; Korneev, Y.N.; Korovin, S.V.; Sarukhanov, A.V.; Thomson, A.V. A study of the zinc lability and bioavailability in soil using 65Zn in a vegetation lysimetric experiment. Eurasian Soil Sci. 2022, 55, 437-451. https://doi.org/: 10.1134/S1064229322040032
3. Anisimov V. S., Anisimova L.N., Frigidova L.M., Dikarev D.V., Frigidov R.A., Korneev Yu.N., Sanzharov A.I., Arysheva S.P. Evaluation of the migration capacity of Zn in the soil–plant system // Eurasian Soil Science. – 2018. – V. 51. – № 4. – P. 407-417. https: //doi.org/ 10.1134/S1064229318040026)
4. Третьяков Н.Н. (ред.) Практикум по физиологии растений, изд-е 3. Агропромиздат Москва, 1990. – 271 с.
5. Baker A.J.M. Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr, 1981. – V. 3.

УДК 911.5:63:631.431.1:631.559

ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПОЗИЦИИ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Афонченко Н.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *afninavas@mail.ru*

Резюме. *Исследованиями было установлено, что плотность почвы в её пахотном слое на полигоне в весенний период по экспозициям склона изменялась незначительно, и оставалась в оптимальных значениях для большинства сельскохозяйственных культур. Урожай озимой пшеницы изменялся по экспозициям склона, наибольшим он был на склонах северо-восточной и юго-восточной экспозиций и в среднем был выше, чем на юго-западной и северо-западной экспозициях.*
Ключевые слова*: плотность почвы, урожай, озимая пшеница, склоновый агроландшафт.*
Summary. *Studies have found that the soil density of the landfill showed little variation in spring on the slope exposures and remained at optimal values for most crops. Winter wheat yields varied along the slope exposures, with the highest on the slopes of the north-east and south-east exposures and on average higher than on the south-west and north-west expositions.*
Key words: *soil density, yield, winter wheat, slope agricultural landscape.*

Плотность – одно из основных, фундаментальных свойств почвы. Без знания этой величины невозможны расчеты и количественная оценка почв. Плотность почвы – это масса единицы объёма в её естественном, ненарушенном состоянии. Она изменяется во времени и пространстве, особенно в верхних горизонтах, подвергающихся постоянному воздействию климатических, биологических и антропогенных факторов. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки (вспашка, культивация), а затем постепенно начинает уплотняться. Через некоторое время, зависящее от внешних факторов и от свойств самой почвы (гранулометрический состав, степень окультуренности) её плотность достигает определенных значений, мало изменяющихся во времени до следующей обработки. Такую плотность называют равновесной [1]. Равновесная плотность является довольно устойчивым физическим показателем, обусловленным как генезисом почв, так и степенью их антропогенного изменения, т.е. степенью окультуренности или деградации [2, 3]. Равновесная плотность почвы не всегда идентична оптимальной. Оптимальной считается такая плотность, при которой обеспечивается благоприятный для растений водно-воздушный режим и нормальное развитие их корневой системы. Наиболее оптимальной для большинства сельскохозяйственных культур является плотность в пределах от 1,2 до 1,4 г/см^3. Однако в производственных условиях отмечаются значительные отклонения от оптимальных величин. Так, Дубовик Е.В. отмечает, что плотность серых лесных почв увеличивалась по мере увеличения крутизны склона независимо от экспозиции [4].

В исследованиях Куклиной Е.Э. и Батудаева А.П. в условиях склонового агроландшафта степной зоны Забайкалья отмечается, что плотность почвы во всех частях южного склона превышала значения этого показателя на северном склоне и увеличивалась с увеличением глубины исследуемых образцов. Плотность почвы в верхних частях склонов была выше, чем в нижних [5].

Исследования по изучению плотности почвы проводились на полигоне с

куполообразной формой рельефа площадью 86 га в поселке Панино Медвенского района Курской области. Территория Курской области по рельефу представляет собой приподнятую всхолмленную равнину. На склоновых землях в результате нерационального использования происходит деградация почвенного покрова, ухудшение почвенных показателей и соответственно снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Рельеф полигона типично эрозионный с выраженной волнистостью особенно в нижних частях склонов. Разница высотных отметок полигона составляет 29,5 м. Средний уклон полигона в градусах составляет 2,31°. Исследования проводились на склонах различных экспозиций (северо-восточная, юго-восточная, северо-западная, юго-западная). Почвы – чернозем типичный и выщелоченный различной степени смытости и намытости на лёссовидных суглинках.

Плотность почвы определяли по методу Качинского в 32 точках полигона, влажность почвы определяли термостатно-весовым методом при температуре 105°. Урожай озимой пшеницы учитывали путем отбора снопов и дальнейшим пересчетом на 1 гектар [6]. Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа и Statgraf 2.1.

В таблице 1 приводятся исследования по определению плотности почвы на полигоне. Исследованиями было установлено, что плотность почвы в верхнем 0-10 см слое почвы по экспозициям склона определялась при влажности почвы от 18,4 % до 25,8 %. Было установлено, что плотность почвы изменялась незначительно – в среднем от 0,96 г/см ^{3} (северо-западная экспозиция) до 1,00 г/см (северо-восточная экспозиция).

При определении плотности почвы на глубине 10-20 см влажность почвы находилась в пределах от 19,8 до 26,5 %. В среднем плотность почвы повышалась по сравнению с верхним 0-10 см слоем, и находилась в пределах от 1,04 г/см^3 (северо-западная экспозиции) до 1,09 г/см^3 (плакор и северо-восточная экспозиция), но в среднем оставалась в оптимальных параметрах для большинства сельскохозяйственных культур.

Таблица 1 – Плотность почвы на полигоне

Экспозиция склона	Угол уклона в градусах	Плотность почвы, г/см^3		
		0-10 см	10-20см	0-20 см
1	2	3	4	5
Плакор	0,26	1,09	1,16	1,12
	0,29	0,96	1,01	0,99
	0,28	**1,03**	**1,09**	**1,06**
Северо-западная	1,85	0,95	0,98	0,97
	2,7	0,90	0,97	0,94
	3,11	0,95	0,99	0,97
	3,98	0,95	0,99	0,97
	4,26	0,94	1,08	1,01
	4,32	1,00	1,07	1,04
	4,83	1,00	1,11	1,06
	5,69	1,03	1,16	1,10
Средняя	**3,84**	**0,96**	**1,04**	**1,01**

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Северо-восточная	2,1	0,9	1,05	1,00
	2,22	0,95	1,08	1,02
	2,33	0,95	1,08	1,02
	3,15	1,01	+6	1,03
	3,64	0,98	1,17	1,08
	3,99	1,07	1,08	1,08
	4,22	1,12	1,15	1,15
Средняя	**3,09**	**1,00**	**1,09**	**1,05**
Юго-восточная	1,04	0,9	0,97	0,94
	1,24	0,9	0,92	0,91
	1,47	0,96	1,06	1,01
	1,53	0,94	1,10	1,02
	1,94	1,07	1,15	1,11
	2,37	1,10	1,13	1,12
Средняя	**1,60**	**0,98**	**1,06**	**1,02**
Юго-западная	1,54	0,90	1,00	0,95
	1,67	0,90	0,93	0,92
	2,36	0,92	0,94	0,93
	2,38	0,90	1,11	1,00
	2,69	1,00	1,10	1,05
	3,47	1,00	1,05	1,03
	4,18	1,04	1,09	1,07
	4,24	1,13	1,10	1,12
	4,27	1,05	1,17	1,11
Средняя	**3,00**	**0,98**	**1,05**	**1,02**

В таблице 2 представлены статистические показатели плотности почвы в 0-10 и 10-20 см слоях почвы, урожай зерна ц/га, соломы ц/га и солома + зерно ц/га, и угол уклона в градусах. Было установлено, что средний уклон в градусах на изучаемых точках составлял 2,79°, наименьший – 0,26° (плакор), наибольший – 5,69° (клон северо-западной экспозиции). Варьирование плотности как в слое 0-10 см, так и в слое 10-20 см было незначительным и составляло всего 7,1 и 7,0 %.

Средний урожай зерна по полигону составлял 48,8 ц/га, минимальный – 30,2 ц/га (юго-западная экспозиция, уклон 3,47°), наибольший – 64,7 ц/га (северо-восточная экспозиция, уклон 2,22°). Средний урожай соломы на полигоне составлял 56,8 ц/га, минимальный – 41,8 ц/га (юго-западная экспозиция, уклон 3,47°), максимальный – 72,8 ц/га, северо-западная экспозиция, уклон 3,98°). В сумме зерно + солома среднее значение по полигону составило 105,5 ц/га. Минимальное значение составляло 72 ц/га (юго-западная экспозиция), максимальное значение составило 135,7 ц/га (северо-восточная экспозиция, уклон 2,22°) [5].

Таблица 2 – Статистические показатели плотности почвы на полигоне

Статистические показатели	Угол укло-на в градусах	Плотность почвы, г/см^3		Урожай зерна озимой пшеницы ц/га	Урожай соломы ц/га	В сумме зерно + солома ц/га
		0-10см	10-20 см			
Среднее	2,79	0,98	1,06	48,8	56,8	105,5
St. отклонение	1,39	0,07	0,74	8,13	8,44	15,14
Min	0,26	0,9	0,92	30,2	41,8	72,0
Max	5,69	1,13	1,17	64,7	72,8	135,7
V% (варьирование)	49,8	7,1	7,0	16,6	14,9	14,4
$НСР_{05}$		0,04	0,03	4,9	4,3	8,0

На рисунке 1 представлены средние значения урожая зерна, соломы и в сумме зерно + солома по экспозициям склона. Наименьший урожай зерна, соломы и в сумме зерно + солома отмечался на склоне юго-западной экспозиции и составлял 44,4 ц/га, 50,6 ц/га, 95,1ц/га соответственно. Наибольший урожай зерна отмечался на склонах северо-восточной и юго-восточной экспозиций и был выше, чем на склоне юго-западной экспозиции на 7,8 и 8,3 ц/га. Масса соломы наибольшей также отмечалась на склоне северо-восточной экспозиции и была выше, чем на склоне юго-западной экспозиции на 12,4 ц/га. В среднем по северо-восточной экспозиции масса зерна и соломы была наибольшей и составляла 113,7 ц/га, что на 16,6 ц/га больше, чем на склоне юго-западной экспозиции [1].

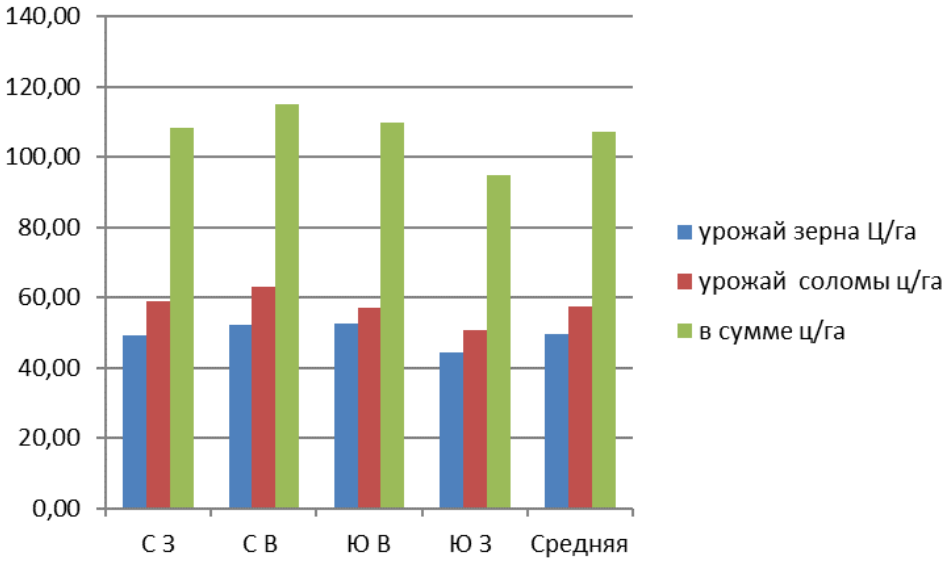


Рисунок 1 – Урожай зерна и соломы в зависимости от экспозиции склона

Вывод. Исследованиями было установлено, что плотность в пахотном слое почвы на полигоне в весенний период по экспозициям склона изменялась незначительно, но оставалась в оптимальных значениях для большинства сельскохозяйственных культур. Урожай озимой пшеницы изменялся по экспозициям склона. Наибольшим он был на склонах северо-восточной и юго-восточной экспозициях и в среднем был выше, чем на юго-западной и северо-

западной экспозициях.

Библиографический список

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.53-78.
2. Муха, В.Д. Почвы Курской области. Учебное пособие для студентов, обучающихся по агрономическим специальностям. / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, В.И. Чаплыгин – Курск: Изд-во Курской гос. с.-х. акад., 2006 (Типография Изд-ва Курской гос. с.-х. акад.). – 119 с. ISBN -5-7369-0467-5.
3. Шеин Е.В., Агрофизика /Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов-Н./Д: Феникс, 2006. – 400 с.
4. Дубовик, Е.В. Структурно-агрегатное состояние серых лесных почв в зависимости от экспозиции и крутизны склона / Е.В. Дубовик // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 10. – С. 19-22.
5. Куклина, Е.Э. / Плотность почвы в условиях склонового агроландшафта в степной зоне Бурятии. Е.Э. Куклина, А.П. Батудаев. // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22. – № 3. – С 4-9.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов – Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.6.67.687

ПРИЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

Беленков А.И.[1], Перекрестов Н.В.[2]
[1]ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет г. Волгоград
E-mail: [1]*belenokaleksis@mail.ru,* [2]*cco-vgsha@mail.ru*

Резюме. *Из-за низкого содержания гумуса и неблагоприятных агрохимических свойств солонцов, резко снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Различные методы мелиорации солонцовых почв позволяют повысить урожайность и стабилизировать плодородие. Для этого необходимо рекомендовать зональные системы современной и качественной обработки почвы.*
Ключевые слова: *солонец, почвенный горизонт* мелиорация*, обработка, суданская трава.*
Summary. *Due to the low content of humus and the unfavorable agrochemical properties of solonetzes, crop yields are sharply reduced. Various methods of reclamation of solonetzic soils can increase productivity and stabilize fertility. For this, it is necessary to recommend zonal systems of modern and high-quality tillage.*
Key words: *solonetz, soil horizon, melioration, processing, Sudanese grass.*

Для выбора способов обработки и методов мелиорации солонцов особое значение предается агрохимическому изучению засоленных почв. Без предварительного агрохимического изучения почв неизбежны случаи нерационального применения химических мелиорантов, что уменьшит не только количество гипса, но и других агротехнических мероприятий. Для этого необходимо применять зональные системы обработки почвы и севообороты [4]. По агро-

экологической типизации земли относятся к 2 группе [5]. Урожайность суданской травы является качественным показателем при возделывании в условиях засушливого климата [3].

Опыты были проведены в СПК «Тундутовский» Малодербетовского района Республики Калмыкии в 2016–2020 гг.

Целью работы являлось изучение различных методов повышения плодородия солонцов за счет мелиорации и урожайности суданской травы.

Предусматривалось решение следующих задач:

- изучить методы мелиорации солонцов;
- изучить методы повышение плодородия солонцов;
- влияние методов мелиорации солонцов на урожайность суданской травы.

Схема опыта.

1. отвальная обработка ПЛН-8-35 на глубину 25-30 см.+ 12 т/га гипса.
2. чизельная обработка РАНЧО на глубину 40-45 см.+ 12 т/га гипса.
3. 3-х ярусная обработка ПТН-40 на глубину 30-35 см. +12 т/га гипса.

В дальнейшем, поскольку в опыте по различным вариантам обработки почвы вносили одинаковую дозу гипса – 12 т/га, их название будет содержать только прием обработки почвы (отвальная, чизельная, трехъярусная).

Объектом исследований были солонцы каштановые мелкие солонцеватые тяжелосуглинистые с содержанием гумуса 1,3 %. Климат района исследований резкоконтинентальный [1]. Годы исследований характеризовались: 2016, 2019 гг. – влажные; 2017, 2018, 2020 гг. – сухие. В опыте высевали суданскую траву сорт Камышинская 51.

Полевые исследования и их оценку проводили по методике Доспехова Б.А. [2].

В первый 2016 г. проведения эксперимента изучение количественного и качественного состава легкорастворимых солей показало, что опытный участок характеризуется неоднородностью как по общему содержанию солей, так и по распределению их по профилю. Наименьшей засоленностью обладали почвы делянок, обработанных чизелем и отвальным плугом, а наибольшей – почвы делянок, обработанных трехярусным плугом. Однако, различие в засоленности почвогрунта наблюдалось лишь во 2-ом и 3-ем метрах профиля. В почвах делянок, обработанных трехярусным плугом, соли в количестве от 0,6 до 0,9 % отмечались во 2-м и 3-м метрах профиля, возрастая иногда до 1 и более процентов. По остальным видам обработок содержание солей в начале опыта во втором метре не превышало 0,3-0,7 %, нередко такое же содержание солей распространялось и на 3-й метр профиля.

В 2016 г. в верхнем метре почвы по отвальной обработке среднее содержание солей варьировало в пределах от 0,175 до 0,259 %, по чизельной – от 0,117 до 0,334 %, по трехъярусной – от 0,088 до 0,432 %. Во втором метре: по отвальной обработке среднее содержание солей изменялось в пределах от 0,222 до 0,629 %; по чизельной – от 0,135 до 0,717 %; и по трехъярусной – от 0,605 до 0,957 %. В третьем метре соли варьировали соответственно от 0,295 до 0,777 %; от 0,236 до 0,511 %; от 0,438 до 1,070 %.

Из перечисленных данных видно, что вариант с трехъярусной обработкой приурочен к почвам, сформированным на породах, обладающих наибольшим засолением, варианты с отвальной обработкой, наоборот, обладающих наименьшим засолением.

На пятом году (2020) эксперимента содержание солей преимущественно возрастало во всех слоях профиля. Значительно расширился диапазон минимальных и максимальных показателей среднего содержания солей в верхнем метре профиля.

По первому варианту содержание солей стало варьировать в пределах от 0,251 до 0,659 %. По второму, соли в верхнем метре возрастали в меньшей степени и варьировали от 0,353 до 0,577 %. По третьему – содержание солей изменялось в пределах от 0,488 до 0,576 %. Накопление солей в верхнем метре профиля послужило основанием отнести эти почвы к категории слабо- и среднезасоленных. Накопление солей произошло не только в верхнем метре но и в нижележащих горизонтах.

Во втором метре содержание солей по отвальной обработке варьировало в пределах от 0,534 до 1,105 %. Максимальное содержание солей на этой глубине отмечалось на чизельной обработке. Среднее содержание солей в этом случае достигало 1,298 %. Существенное накопление солей произошло по трехярусной вспашке, во втором метре содержание достигло 1,107-1,696 %.

В третьем метре профиля почвы больше всего солей накопления так же – по трехярусной вспашке. Средне содержание солей варьировало в этом случае от 1,108 до 1,563 %. тогда как по чизельной обработке и отвальной обработке содержание солей более 1 % носило единичный характер. Неоднородность качественного состава солей, отмечалась в начале эксперимента, несколько сгладилась к концу, в результате изменения соотношения кальциевых и натриевых солей.

Качественный состав солей в начале опыта носил наиболее благоприятный характер на отвальной обработке и в некоторых случаях на чизельной и трехъярусной обработках. Преобладание натриевых солей в некоторых случаях отмечалось до 100-150 см глубины, ниже преобладали соли кальция. Вариант по чизельной обработке характеризовался преобладанием кальциевых солей по всему профилю до 250 см глубины. Во всех остальных случаях преобладали соли натрия по всему трехметровому слою.

Изменения, которые произошли в количественном и качественном составе солей за пять лет носили следующий характер: на всех вариантах отвальной обработки произошло увеличение кальциевых солей, преимущественно гипса. Преобладание кальциевых солей отмечается по всему профилю. По чизельной обработке существенных изменений в соотношении кальция и натрия не произошло. На трехярусной обработке накопление солей произошло, главным образом, за счет сульфатов кальция. Преобладание гипса имеет место в верхнем метре профиля, иногда распространялось до 150-200 см.

За пять лет эксперимента произошло заметное накопление солей на всех вариантах опыта. Об этом свидетельствуют изменения данных среднего со-

держания солей по различным глубинам профиля. В верхнем метре профиля содержание солей в начале опыта было менее 0,3 % по всем вариантам опыта. Солонцы можно было охарактеризовать как незасоленные или глубоко среднезасоленные.

Урожайность зеленной массы суданской травы сорта Камышинская 51 в среднем за 5 лет составила на отвальной обработке + 12 т/га гипса – 16,2 т/га, на чизельной обработке + 12 т/га гипса – 18,1 т/га, на трехъярусной обработке + 12 т/га гипса – 20,3 т/га.

Библиографический список

1. Агроклиматический справочник Калмыцкой АССР. – Ленинград. Гидрометеоиздат, 1961. – 170 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Лаптина, Ю.А. Агрофизические свойства почв при возделывании суданской травы / Ю.А. Лаптина, В.Л. Захаров // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020. – № 3(17). – С. 142
4. Перекрестов, Н.В. Сохранение и повышение плодородия почв в агроландшафтах Нижнего Поволжья / Н.В. Перекрестов. – Нива: Волгоград, 2010. – 92 с.
5. Плескачёв, Ю.Н. Агроэкологическая типизация земель степной и сухостепной зон Нижнего Поволжья / Ю.Н. Плескачёв, В.Ю. Мисюряев, Н.С. Максимова // Экономика природопользования. – 2012. – № 6. – С. 58-71.

УДК 631.8:633.18

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА В ПОЧВЕ РИСОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМЫ ИНДЕКСОВ

Белоусов И.Е.
ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар, п. Белозерный
E-mail: *igor_bel06@mail.ru*

Резюме. *В условиях стационарного опыта изучали изменение содержания показателей, характеризующих эффективное плодородие почвы, в зависимости от насыщенности севооборота рисом и наличия в нем клина многолетних трав. Данные изменения могут быть описаны с помощью системы индексов, которые являются качественной характеристикой степени изменения эффективного плодородия. Предложены предварительные градации.*

Ключевые слова*: рис, почва, плодородие, рисовый севооборот, обеспеченность, индексы изменения показателей плодородия.*

Summary: *Under the conditions of a stationary experiment, we studied the change in the content of indicators characterizing the effective fertility of the soil, depending on the saturation of the crop rotation with rice and the presence of a wedge of perennial grasses in it. These changes can be described using a system of indices, which are a qualitative characteristic of the degree of change in effective fertility. Proposed preliminary gradations.*

Key words: *rice, soil, fertility, rice crop rotation, provision, indices of changes in fertility indicators.*

Возделывание риса связано с разносторонними антропогенными нагрузками на почву, которые ведут к изменению практически всего комплекса свойств и режимов, характеризующих каждую почву как самостоятельный

природный организм и ее главное свойство – плодородие [3]. Это определяется, главным образом, установлением специфического водного режима, приводящего к преобразованию направленности и интенсивности почвообразовательных процессов, свойственных почве до ее введения под культуру риса.

Уровень плодородия почвы характеризуется содержанием химических элементов и физических характеристик, их соотношением, формой связей между ними. Производительная способность почв за короткие промежутки времени (эффективное плодородие) или за более длительный период (потенциальное плодородие) может быть определена на основании свойств и режимов почв и описана с помощью оценочных показателей.

Проведенными ранее исследованиями установлено, что обеспеченность полей рисового севооборота необходимыми для питания растений риса формами элементов минерального питания и их соединениями меняется не только от типа почвы, но и предшественника риса [1, 2, 3, 4, 5]. Однако, при этом определялись в основном количественные изменения и их направленность, что позволяет установить определенные закономерности, но не показывает их интенсивность. Поэтому, для оценки интенсивности процессов изменения показателей эффективного плодородия предлагается использовать систему индексов, на основании которых можно будет разработать градации.

Минеральное питание растений риса представляет собой сложный процесс поглощения питательных элементов и их распределения. Оно обусловливает физико-химические изменения различных компонентов клеток, обмена веществ и превращения энергии, роста и развития, продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды, урожайность и качество зерна.

Одним из основных факторов формирования урожайности сельскохозяйственных культур является их обеспеченность азотным питанием. В основном, почвенный азот находится в форме органических веществ. При благоприятных условиях часть органического азота минерализуется и пополняет запас усвояемого растениями форм этого элемента в почве. Содержание легкогидролизуемого азота (минеральный и легкоминерализующийся органический азот) зависит, в первую очередь, от наличия в почве гумуса и общего азота и слабо изменяется под воздействием внешних факторов в межвегетационный период. Поэтому данный показатель служит критерием обеспеченности почв усвояемыми формами азота [5].

Как было показано нами ранее, интенсивность изменения содержания легкогидролизуемого азота различалась в зависимости как от степени насыщенности севооборота риса, так и ассортимента возделываемых парозанимающих культур и характеризовалось сезонными изменениями [1, 2, 3, 4, 5]. Возделывание многолетних трав, а также выращивание сои и пшеницы способствовало активному пополнению почвы легкогидролизуемыми формами азота. За межвегетационный период их количество также увеличивалось за счет частичной минерализации пожнивных и поукосных остатков. При выращивании риса наблюдалось резкое снижение содержания легкогидролизуемых форм азота за вегетационный период, что связано с его активным по-

треблением растениями.

Таким образом, на основании полученных данных можно рассчитать изменение содержания легкогидролизуемого азота в системе рисового севооборота как в коротком («осень-весна», «весна-осень»), так и в длинном («осень-осень») циклах. Короткий цикл характеризует процессы, проходящие при возделывании практически всех культур рисового севооборота от начала их вегетации и до уборки, а длинный – изменения в годичном цикле как при чередовании культур (например, звено «пшеница – рис»), так и происходящие в межвегетационный период. Изменения содержания рассчитывались по сравнению с предыдущим сроком отбора почвенных проб в коротком цикле и за год (цикл «осень-осень»). Индекс определялся как сотая доля процента изменения содержания. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица – Изменение содержания легкогидролизуемого азота в почве рисового севооборота при различной степени насыщенности его рисом (2016-22 гг.)

Вариант	Срок отбора	Культура	$N_{лг.}$			
			Изменение содержания, ±			
			За 6 месяцев		За 12 месяцев	
			мг/100 г.	Индекс	мг/100 г.	Индекс
50 %	весна	рис	–	–	–	–
	осень		– 3,4	– 0,515		
	весна	люцерна 1-й год	+ 3,8	+ 1,187	+ 4,2	+ 1,312
	осень		+ 0,4	+ 0,057		
	весна	люцерна 2-й год	+ 0,9	+ 0,122	– 0,3	– 0,041
	осень		– 1,2	– 0,144		
	весна	рис	+ 3,7	+ 0,512	– 0,7	– 0,098
	осень		– 4,4	– 0,407		
	весна	рис	– 0,6	– 0,094	– 2,2	– 0,344
	осень		– 1,6	– 0,276		
	весна	соя	+ 0,2	+ 0,048	+ 6,5	+ 1,548
	осень		+ 3,3	+ 0,704		
	весна	озимая пшеница	+ 3,8	+ 0,507	– 0,6	– 0,056
	осень		– 1,2	– 0,106		
62,5 %	весна	рис	–	–	–	–
	осень		– 3,1	– 0,500		
	весна	озимая пшеница	+ 5,4	+ 1,742	+ 2,9	+ 0,935
	осень		– 2,5	– 0,294		
	весна	рис	+ 0,3	+ 0,050	– 1,0	– 0,166
	осень		– 1,3	– 0,206		
	весна	рис	+ 1,5	+ 0,300	+ 0,7	+ 0,140
	осень		– 0,8	– 0,123		
	весна	люцерна 1-й год	+ 3,1	+ 0,544	+ 0,7	+ 0,123
	осень		– 2,4	– 0,273		
	весна	люцерна 2-й год	+ 2,8	+ 0,438	+ 5.3	+ 0,828
	осень		+ 2,5	+ 0,272		
	весна	рис	– 0,2	– 0,017	– 4,7	–0,402
	осень		– 4,5	– 0,392		

Полученные данные показывают, что направленность изменений в рисовом севообороте может быть, как положительная, так и отрицательная. При этом, наиболее интенсивные изменения происходили в коротком цикле, как правило, при смене окислительно-восстановительных условий.

Можно предварительно выделить следующие градации: очень низкая – до 0,2, низкая – 0,2-0,4, средняя – 0,4-0,7, повышенная – 0,7-1,0, высокая – свыше 1,0. Данные градации могут быть уточнены после завершения ротации севооборота. Так, при выращивании риса по рису изменение содержания легкогидролизуемого азота является очень низким (в межвегетационный период) или низким (за вегетацию), хотя отрицательная тенденция сохраняется. В тоже время при возделывании риса после парозанимающей культуры (люцерна) наблюдается средняя степень снижения обеспеченности этим элементом в годовом цикле.

Выращивание парозанимающих культур, наоборот, способствует положительным изменениям, степень которых меняется в зависимости от культуры. Так, при выращивании люцерны в первый год степень обеспеченности почвы меняется слабо. Однако, за 2 года ее возделывания накопление легкогидролизуемого азота характеризуется уже как повышенное (0,828). В свою очередь, в звене «соя-озимая пшеница» уже в первый год наблюдается очень высокое накопление этих соединений, в то время как последующее выращивание озимой пшеницы сопровождается незначительным снижением их содержания за счет потребления растениями.

Таким образом, изменение содержания легкогидролизуемого азота в почве рисового севооборота может быть описано с помощью индексов. Предложены предварительные градации степени их изменения, которые будут уточнены после завершения ротации рисовых севооборотов.

Библиографический список

1. Белоусов И.Е. Обеспеченность рисовых почв легкогидролизуемым азотом в зависимости от предшественника риса / И.Е. Белоусов, Н.М. Кремзин // Научно-практическая конференция, посвященная году экологии в России «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия». – г. Курск, 20 апреля 2018 г. – ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии», 2018. – С. 58-63
2. Белоусов И.Е. Азотный режим лугово-черноземной рисовой почвы в паровом звене рисового севооборота / И.Е. Белоусов // Научно-практическая конференция, посвященная году экологии в России «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия». – г. Курск, 24-25 апреля 2019 г. – ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии», 2019. – С.52-56
3. Белоусов И.Е. Изменение эффективного плодородия рисовых почв и их обеспеченности элементами минерального питания при возделывании риса в севообороте /И.Е. Белоусов // Рисоводство. – 2020. – № 3 (48). – С. 38-44
4. Белоусов И.Е. Изменение показателей эффективного плодородия почвы в рисовом севообороте / И.Е. Белоусов // Рисоводство. – 2021. – № 3 (52). – С. 47-52
5. Белоусов И.Е. Изменение эффективного плодородия лугово-черноземной рисовой почвы в севооборотах с разной насыщенностью рисом питания / И.Е. Белоусов // XVII Международная научно-практическая конференция, посвященная 40-летию со дня основания лаборатории агропочвоведения ВНИИЗиЗПЭ «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» – г. Курск, 27-29 апреля 2022 г. – ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2022. – С. 45-50

УДК 631. 4

ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ И NO- TILL ОБРАБОТОК НА ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА В ТИПИЧНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

Бойцова Л.В., Зинчук Е.Г., Непримерова С.В.
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург
E-mail: *larisa30.05@mail.ru*

Резюме. *В работе изучено влияние нулевой и традиционной обработок чернозема типичного на депонирование углерода в его илистой фракции. Установлено, что для пахотных вариантов максимальное количество органического углерода, ассоциированного с илом обнаружено в варианте с нулевой обработкой в течение семи лет.*
Ключевые слова: *депонирование углерода, илистая фракция, фактор обогащения, No- till, традиционная обработка.*
Summary. *The influence No- till and traditional tillage of typical chernozem on carbon sequestration in its clay fraction was studied in the work. It was established that for arable variants the maximum amount of organic carbon associated with clay was found in the variant No- till tillage for seven years.*
Key words: *carbon sequestration, clay fraction, enrichment factor, No- till, conventional treatment.*

Почва является огромным резервуаром органического вещества, в котором в связанном состоянии находится углерод, что способствует уменьшению выбросов углекислого газа в атмосферу. Наиболее прочные связи образуют органические вещества с глинистыми минералами, вступая с ними в органоминеральные комплексы. Степень закрепления органического вещества и время его хранения зависят от гранулометрического состава почвы. Установлено, что наибольшей стабильностью отличается органическое вещество, ассоциированное с фракциями глины и ила [1]; связанное с фракцией песка, напротив, отличается нестабильностью и подвержено действию различных факторов [2]. В ряде работ установлено положительное влияние на накопление гумуса, а, следовательно, и на депонирование углерода в черноземах применения нулевой обработки, так как при её использовании наблюдается более медленное разложение растительных остатков, что является необходимым условием для накопления гумуса [3, 4].

Почвенные пробы отобраны на территории растениеводческого хозяйства ООО «Орловка АИЦ» Самарской области с глубины 0-10 см в апреле 2021 года. В работе изучено влияние традиционной и нулевой обработок на депонирование углерода в илистой фракции. Объектами исследования служили типичные тяжелосуглинистые черноземы с двумя технологиями обработки – нулевой (NT) (применение с 2014 и 2017 гг.) и традиционной отвальной вспашкой (ТО), а также для сравнения отобраны образцы чернозема под широколиственным лесом возрастом 60 лет.

В пробах определен общий органический углерод ($C_{ОРГ}$) и углерод, связанный с илистой фракцией ($C_{ИЛ}$) по методу Тюрина. Выделение ила (<0,001 мм) осуществлялось по методике, подробно описанной в работе [5].

Оценка накопления углерода в почве производилась с использованием

коэффициента обогащения углеродом [6]. E soc = C фракции /$C_{ОРГ}$, где C фракции – содержание углерода илистой фракции выраженное в % от массы фракции; $C_{ОРГ}$ – содержание общего органического углерода, выраженное в % от массы почвы.

Анализ полученных данных показал, что максимальное количество $C_{ОРГ}$ характерно для почвы участка NT-2017, вероятно, данный факт связан с большим количеством пожнивно-корневых остатков, образующихся в данном варианте в течение семи лет (табл. 1). Содержание $C_{ОРГ}$ в почве изученных вариантов образовывало следующий убывающий ряд: NT-2017>лес≥ТО>NT-2014. Как видно из таблицы содержание $C_{ОРГ}$ в почве леса приблизительно равно $C_{ОРГ}$ почвы варианта с традиционной обработкой. Содержание углерода, ассоциированного с илом, образовывало следующий убывающий ряд: лес> NT -2014> NT-2017> ТО. Минимальное содержание $C_{ИЛ}$ характерно для варианта ТО, что вероятно, связано с большей окисляемостью органического вещества, которая происходила при вспашке с оборотом пласта.

Таблица 1 – Содержание органического углерода ($C_{ОРГ}$), углерода, ассоциированного с илистой фракцией ($C_{ИЛ}$) и коэффициента обогащения (Esoc) в черноземе типичном

Варианты	$C_{ОРГ}$, % от массы почвы	$C_{ИЛ}$, % от массы фракции	Esoc
ТО	3,79±0,16	2,84±0,11	0,75
NT -2014	3,48±0,12	3,89±0,14	1,12
NT-2017	4,32±0,05	3,46±0,00	0,80
Лес	3,81±0,00	4,64±0,03	1,22

Фактор обогащения имел максимальную величину в варианте лес, где не было антропогенного воздействия. В вариантах с антропогенным воздействием величины Esoc максимальны там, где данное воздействие было минимальным, то есть в вариантах с нулевой обработкой, причем с наиболее продолжительной нулевой обработкой в варианте NT-2017.

Высокое отношение содержания $C_{ИЛ}$ к содержанию $C_{ОРГ}$ свидетельствует о том, что в почве опыта с минимальным антропогенным воздействием илистая фракция обогащена более устойчивыми органическими соединениями благодаря их ассоциации с биомассой микроорганизмов и почвенными минералами [7]. Это согласуется с данными, полученными ранее для дерново-подзолистой супесчаной [8, 9] и дерново-глеевой [10] почв.

Таким, образом технология No-till, по сравнению, с традиционной обработкой приводила к увеличению коэффициента обогащения углеродом илистой фракции чернозема типичного, следовательно, способствовала более длительному сохранению органического углерода в почве.

Библиографический список

1. Boitsova L.V. Zinczuk E.G., Neprimerova S.V., Balashov E.V. Distribution of total and clay-associated organic matter in profiles of arable loamy sand Spodosol // Folia Oecologica. – 2015. – V. 42. – №.1, – P. 1-9.

2. Matus F., Garrido E, Hidalgo C., Paz F., Etchevers J., Merinoy C., Báez A. Carbon saturation in the silt and clay particles in soils with contrasting Mineralogy // Terra Latinoamericana. –

2016. – V. 34. – P. 311-319.
3. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // Земледелие. – 2016. – № 3. – С. 17-19
4. Казеев К.Ш., Мокриков Г.В, Акименко Ю.В., Мясникова М.А., Колесников С.И. Влияние технологии No-till на экологическое состояние черноземов южных Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 1. – С. 7-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10101.
5. Бойцова Л.В., Непримерова С.В., Зинчук Е.Г. Влияние минералогического состава почв на стабилизацию в них органического углерода // Агрофизика. – 2019. – № 4. – С. 1-8. DOI:10.25695/ AGRPH.2019.04.01
6. Christensen B.T., Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates // Advances in Soil Science. – 1992. – V. 20(1). – 90 p.
7. Rumpel C., Eusterhues K., Kögel-Knabner I. Location and chemical composition of stabilized organic carbon in topsoil and subsoil horizons of two acid forest soils // Soil Biology and Biochemistry. – 2004. – Is. 1. – V. 36. – P. 177-190.
8. Бойцова Л.В., Непримерова С.В. Секвестрирование органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – № 6. – С. 24-27. DOI:10.30850/vrsn/2018/6/24-27
9. Бойцова Л.В., Непримерова С.В., Зинчук Е.Г. Депонирование углерода почвенными минералами на мелиорированных и немелиорированных участках. // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия. – Тверской государственный университет: Тверь, 2015. – С. 116-119.
10. Бойцова Л.В., Непримерова С.В., Зинчук Е.Г. Влияние различных систем удобрений на секвестрацию органического углерода в дерново-глеевой почве // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 4. – С. 15-20. DOI: 10.26178/AE.2019.28.73.003

УДК 631.8:631.453:631.445.4

ЗДОРОВЬЕ ПОЧВ В ПОСЕВАХ ОВСА И КУКУРУЗЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Брескина Г.М.
Курский федеральный аграрный научный центр, г. Курск, Россия
Email: *breskina-galina@yandex.ru*

Резюме. *В статье представлены экспериментальные данные по влиянию растительных остатков, используемых как органические удобрения, на здоровье почв при применении биопрепаратов нового поколения, минерального азота и извести. Установлено, ухудшение здоровье почв могув вызывать корневые выделения овса. Использование биопрепаратов поддерживает ИТФ в норме, а перед уборкой культуры появляется стимулирующий эффект на развитии тестовой культуры. Для снижения токсичности от внесения соломы озимой пшеницы необходимо применять биопрепараты.*

Ключевые слова: *здоровье, почва, биопрепараты, азотные удобрения, известь, овес, кукуруза.*

Summary. *The article presents experimental data on the effect of plant residues used as organic fertilizers on soil health in the application of new generation biopreparations, mineral nitrogen and lime. It was found that the deterioration of soil health can cause root excretion of oats. The use of biopreparations maintains ITF in the normal range, and before harvesting the crop appears stimulating effect on the development of the test crop. To reduce the toxicity of winter wheat straw application it is necessary to use biopreparations.*

Key words: *health, soil, biopreparations, nitrogen fertilizer, lime, oats, corn.*

Фитотоксичность – является одним из главных показателей здоровья почв [1]. Согласно санитарно-гигиеническим, экологическим и фитосанитарным нормативам здоровая почва не содержит фитопатогенные агенты сверх допустимых норм» [2]. Энергия прорастания семян является важным показателем в цикле развития растений [3]. Наукой и практикой доказано, что семена, прорастающие в первые 3-4 дня, дают на 30 % выше урожай, чем все семена в целом [4]. Наиболее значимым период жизни растений – это начальный этап онтогенеза, а именно процесс прорастания семян растений. Этот период и обеспечивает выживаемость растений в процессе вегетации, что однозначно сказывается на конечном результате как в количественном, так и в качественном выражении [5]. Рост и развитие корневой системы в первые 15 суток после посева культуры служит хорошим индикатором не только состояния растений, но и отражает воздействие стрессовых факторов на все функции и процессы растительного организма [6].

В настоящие время наблюдается повсеместное применение нетоварной части растениеводческой продукции (растительных остатков) в качестве органических удобрений [7]. Однако, это не всегда приводит к увеличению урожайности удобренной культуры [8]. Установлено, что при разложении послеуборочных растительных остатков в почве образуются фитотоксические вещества различной химической природы [9], которые отрицательно влияют на прорастание семян, тормозят рост и развитие растений [10, 11].

Цель данной работы – изучить изменение фитотоксичности почвы при применении растительных остатков на удобрение с различными компонентами.

В 2022 году для определения индекса токсичности из слоя 0-20 см отбирали почвенные образцы четыре раза за вегетационный период (1 срок – перед посевом сельскохозяйственных культур; 2 срок – через месяц после посева культур (проведена предпосевная обработка почвы и 1-я обработка посевов биопрепаратами); 3 срок – перед уборкой сельскохозяйственных культур; 4 срок – через 36 дней (кукуруза) и через 44 дня (овес) после задел растительных остатков на удобрение согласно схеме опыта.

Схема опыта: **1**. Контроль; **2**. Измельчённая побочная продукция (ПП); **3**. ПП + 10 кг д.в. N на 1 т; 4. ПП + известь 1,5 т/га; **5**. ПП обработанная биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + обработка биопрепаратами семян (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + посевов 2 раза в течение вегетации (в фазе 3-5 листьев и в фазе 8-9 листьев (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) (ППБ + БП); **6**. ППБ + БП + 10 кг д.в. N на 1 т ПП; **7**. ППБ+БП + известь 1,5 т/га.

На опыте с применением биопрепаратов Трихоплант (на основе *Trichoderma*) и Биогор-Ж (на основе *Lactobacillus*). На всех вариантах опыта, кроме контроля всю измельченную побочную продукцию использовали в качестве органического удобрения путем поверхностного компостирования. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, а в ка-

честве кальций содержащего вещества – известь.

Определения фитотоксичности проводили по международному стандарту ISO 11269-2:2012, абсолютным контролем являлись результаты, полученные при использовании дистиллированной воды. В качестве тест-культуры использовали семена редиса посевного *(Raphanus sativus L.).* Энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 12038-84. На основе полученных данных был рассчитан индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ). Для оценки токсичности использовали шкалу, разработанную Багдасаряном А.С. [12].

На основе экспериментальных данных было установлено, что на контрольном варианте под посевами овса наблюдалось понижение индекса токсичности почвы (ИТФ) от 0,90 в период сева до 0,70 к периоду уборки культуры. Что привело к увеличению токсичности почвы от низкой степени до средней. Через 44 дня после уборки культуры на данном варианте уровень токсичность составлял 0,90 и характеризовался как низкий класс токсичности. Следовательно, можно предположить, что корневая система овса выделяет токсические вещества, которые тормозят рост и развитие тест-культуры. Применение только растительных остатков гречихи как органических удобрений под овес (вариант 2) или в комплексе с азотными удобрениями (вариант 3) привело также к понижению ИТФ в период вегетации культуры, но при этом изменения происходили от значений V класса (норма) к IV классу (низкая токсичность). При использовании пожнивных остатков овса на удобрение и разложении их в течение 44 суток усилился токсический эффект почвы на данных вариантах. То есть пожнивные растительные остатки овса при минерализации выделят токсические соединения, которые не дают возможность развиваться проросткам тестовой культуры. Внесение извести с растительными остатками овса не способствовала оздоровлению почвы, так как ИТФ=0,90 или низкая токсичность IV класса, но в период роста культуры исследуемый показатель был в норме. На вариантах 5, 6 и 7, где применялись биопрепараты как отдельно, так и с азотными удобрениями или с известью индекс токсичности почвы находился в норме в независимости от срока проведения исследования, а на варианте 6 (только биопрепараты) к периоду уборки овса показатель составлял 1,14 то есть появился стимулирующий эффект. Следовательно, применение микробиологических деструкторов соломы положительно должно влиять на здоровье почвы. Сделанное предположение доказывается результатами, полученными на вариантах опыта с применением агробиотехнологий, что согласуется с результатами, полученными Li P., Zwang D.D., Wang X.J., Cui Z.J. [13].

Индекс токсичности оцениваемого фактора в посевах кукурузы на контрольном варианте как правило соответствовал норме, только перед уборкой культуры выявлена низкая токсичность. Внесение растительных остатков озимой пшеницы под кукурузу в качестве удобрения привело к низкой токсичности IV класса и в течении всего срока проведения исследований показатель практически не менялся и находился в одном оценочном значении. Внесение азотных удобрений для усиления минерализации соломы озимой пше-

ницы способствовало проявлению низкой токсичности до сева кукурузы, в дальнейшем здоровье почвы находилось в норме. Следовательно, внесение соломы озимой пшеницы как органичесого удобрения под кукурузу создает токсичный эффект для развития тестовой культуры. Если не усиливать минерализацию растительных остатков озимой пшеницы с помощью минерального азота, то токсичный эффект сохранится в течение вегетационного периода. Использование извести как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратами поддерживает здоровье почвы в норме в независимости от срока проведения исследования, так как индекс токсичности не опускается ниже 0,91.

Обработка растительных остатков, семян, почвы и посевов кукурузы только биопрепаратами или в комплексе с азотными удобрениями поддерживало состояние почвы в норме, а к периоду уборки культуры проявился и стимулирующий эффект в росте и развитии тестовой культуры.

Таким образом, использование измельченной побочной продукции с минеральным азотом и микробиологическими препаратами поддерживает индекс токсичности в норме, а следовательно, и здоровье почвы.

Библиографический список

1. Торопова Е.Ю., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Индукция супрессивности почвы-важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций // Агрохимия. – 2016. – №8. – С. 44-55.
2. Bonanomi G., Antignani V., Barile E., Lanzotti V., Scala F. Decomposition of Medicago sativa residues affects phytotoxicity, fungal growth and soil-borne pathogen dis-eases // Journal of Plant Pathology. – 2011. – Vol. 93, № 1. – P. 57-69. – DOI:10.4454/JPP.V93I1.274
3. Udaya KumarVandana, Bijoya Singha, A.B.M.Gulzar, P.B.Mazumder Molecular mechanisms in plant growth promoting bacteria (PGPR) to resist environmental stress in plants // Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture. – 2020. – P. 221-233. – URL: https://doi.org/10.1016/C2018-0-03869-4 (дата обращения: 10.03.2021)
4. Влияние качества семян на урожайность. – URL: https://www.rsnso.ru/directions/ensuring_quality/publications/?n=248, (дата обращения 25.01.2021 г.)
5. Назарько М.Д. Роль микробиологического фактора в токсичности окультуренной почвы // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 4. – С. 116-118.
6. Кульнев А.И., Соколова Е.А. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций, роста и развития растений: (На примере препарата иммуноцитофит) / ЗАО "Агропром. компания "ГИНКГО", ЗАО "Инженер.-маркетинговая фирма "Биотех-Сэприс". – Пущино: ПНЦ РАН, 1997. – 97 с.
7. Rusakova I.V. Microbiological and ecophysiological parameters of sodpodzolic soil upon long-term application of straw and mineral fertilizers, the correlation with the yield // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2020. – 55(1). – P. 153-162. DOI:10.15389/agrobiology.2020.1.153
8. Бирюков Е.В. Возможность применения биопрепаратов триходермин в качестве микробиологического удобрения в условиях Тамбовской области // Вопросы современной науки и практики. – 2008. – №1(11). – Т. 1. – С. 84-92.
9. Kögel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // Soil Biology and Biochemistry. – 2002. – V 34. – I. 2. – P. 139-162.
10. Верзилин В.В., Гончаров А.В., Закабунина Е.Н., Верзилина Н.Д., Полякова Н.В. Экологическая роль полевых культур в формировании фитотоксических свойств почвы в комплексах биологизации // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 93-98.

11. Bonanomi G., Antignani V., Barile E., Lanzotti V., Scala F. Decomposition of Medicago sativa residues affects phytotoxicity, fungal growth and soil-borne pathogen dis-eases // Journal of Plant Pathology. – 2011. – 93 (1). – P. 57-69.
12. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: Автореферат дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / Багдасарян Александр Сергеевич; науч. рук. И.М. Мануйлов; СГУ. – Ставрополь, 2005. – 25 с.
13. Li P., Zwang D.D., Wang X.J., Cui Z.J. Surviva land performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil //Microbiol. Biotechnol. – 2012 – Vol. 22. – P. 126-132.

УДК 631.42.05

ОЦЕНКА РАБОТЫ БУРОВ-ПРОБООТБОРНИКОВ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Вытовтов В.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *v.a.vitovtov@mail.ru*

Резюме. *В публикации представлена сравнительная оценка определения плотности почвы, при отборе образцов буром-пробоотборником разных конструкций с нарушением структуры почвы и монолитами. Установлена достоверная разница полученных результатов только в слое 10-20 см и 30-40 см. В остальных точках отбора значения плотности были одитнаковы в пределах погрешности.*
Ключевые слова: *бур-пробоотборник, плотность почвы.*
Summary. *The publication presents a comparative assessment of the determination of soil density, when sampling samples with a soil drill sampler of different designs with a violation of the soil structure and monoliths. A significant difference in the results obtained was found only in the layer of 10-20 cm and 30-40 cm. The density values were the same within the margin of error at the other sampling points.*
Key words: *soil drill sampler, soil density.*

Плотность почвы – это одна из важнейших физических характеристик тесно связанная с водным, воздушным, тепловым режимами. Знать ее необходимо для решения многих практических задач: для расчета запасов влаги, питательных веществ, гумуса, микроэлементов и др. Плотность в естественных условиях изменяется в пределах от 0,8 до 2,0 г/см^3.

По плотности верхнего горизонта определяют степень окультуренности почвы. Сильно уплотненная почва в сухом состоянии оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений, а при обработке ее требуются дополнительные затраты.

В переувлажненной плотной почве создаются неблагоприятные условия для растений вследствие занятости почти всего объема пор водой и недостатка аэрации. От величины плотности сильно зависит скорость развития корней возделываемых культур, а как следствие и их урожайность [1].

Цель исследования – сравнительная оценка определения плотности почвы при отборе образцов буром-пробоотборником разных конструкций с нарушением структуры почвы и монолитами.

Для достижения поставленной цели проведен эксперимент на многолет-

нем полевом стационарном опыте по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область) в посевах ярового ячменя [2]. Для определения плотности почвенные образцы отбирали бурами-пробоотборниками разной конструкции.

Первое устройство [3, 4] предназначено для отбора проб почвы с нарушенной структурой (рис. 1А). Подробное описание и принцип работы данного устройства представлен в работе [5].

А Б

Рисунок 1 – Буры-пробоотборники: А –отбор почвы с нарушенной структурой, Б –отбор почвы с ненарушенной структурой (монолитами)

Второе устройство [6] предназначено для отбора образцов почвы с ненарушенной структурой (монолитами) (рис. 1Б).

Почвенный бур-пробоотборник [6], состоит из закрепленных на пустотелой цилиндрической штанге с кольцевыми проточками, ударного наконечника с одной стороны и цилиндрического заборного стакана с зауженной заостренной режущей кромкой и выгрузным окном – с другой. Расстояния от режущей кромки до начала выгрузного окна, высота выгрузного окна и интервалы между соседними кольцевыми проточками равны по величине и соответствуют шагу взя-

тия проб данного бура-пробоотборника. При этом ширина выгрузного окна превышает внутренний диаметр режущей кромки заборного стакана.

В комплект с буром-пробоотборником входят приспособление для извлечения его из почвы, цилиндрический выталкиватель и контейнеры с лотками.

Для извлечения заборного стакана из почвы используют двуплечий рычаг с рукояткой и, шарнирно закрепленными, опорной ногой и плоским крюком, для которого в пустотелой цилиндрической штанге с интервалом, равным шагу взятия проб, выполнены продольные прямоугольные пазы.

Цилиндрический выталкиватель с диаметром, меньшим диаметра заостренной режущей кромки имеет рабочую длину, равную шагу взятия проб.

Контейнеры и лотки выполнены из цилиндрических оснований заданной длины с торцевыми округлыми донышками.

Алгоритм работы с буром-пробоотборником. Вертикально устанавленный заборный стакан с пустотелой цилиндрической штангой и ударным наконечником первоначально забивают до выравнивания нижнего обреза выгрузного окна с поверхностью почвы. При этом заборный стакан, как и широко распространенный цилиндр-бур Н.А. Качинского, своей зауженной заостренной режущей кромкой формирует внутри себя вертикальный цилиндрический почвенный монолит. Рядом с забитым заборным стаканом устанавливают приспособление для извлечения его из почвы. При этом, первоначально, установив вертикально опорную ногу на поверхности поля, плоским крюком цепляют за верхний край выгрузного окна, и поднимают вверх за рукоятку двуплечий рычаг. Поднимаясь, плоский крюк увлекает за собой заборный стакан, который своей зауженной режущей кромкой отрывает от почвы образованный почвенный монолит и извлекает его из образуемой скважины. Затем переводят заборный стакан в горизонтальное положение с выгрузным окном, повернутым вверх, и выталкивателем в горизонтальном направлении перемещают поднятый почвенный монолит до выравнивания его с выгрузным окном. Плоские круглые торцевые донышки первого контейнера через выгрузное окно одевают на края почвенного монолита и переворачивают их с заборным стаканом относительно его оси на 180^0. Почвенный монолит под действием силы тяжести вместе с контейнером опускаются на руку исследователя через выгрузное окно и убираются из заборного стакана. Первый контейнер вместе с почвенным монолитом берут и, втыкая его заостренный опорный стержень, ставят на свободное место рядом с формируемой скважиной. Затем возвращают заборный стакан в вертикальное положение, опускают его в формируемую скважину и забивают до верхнего обреза выгрузного окна. Далее операции повторяют до необходимой глубины отбора образцов почвы и устанавливают контейнеры с монолитами поочередно в ряд.

Для определения плотности почвы необходимо получить монолиты заданного объема. Площадь сечения монолитов стабильна – равна площади окружности, образованной режущей кромкой заборного стакана. Для получения монолитов заданной высоты на контейнере устанавливают в переверну-

том положении лотки, заданной длины в ряд, и рассекают их заостренными округлыми торцовыми донышками почвенный монолит на равные части.

Отбор почвенных образцов проводили в 3-х-кратной повторности. Рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение для каждой конструкции бура-пробоотборника.

Полученные результаты влажности почвы в образцах, отобранных разными конструкциями бура-пробоотборника одинаковы в пределах погрешности (табл.).

Таблица – Влажность почвы, %

Слой	Влажность почвы	Ст. откл.	Коэф. вариации
0-10	22,42	1,91	8,52
10-20	20,45	1,19	5,80
20-30	20,46	1,39	6,81
30-40	21,71	2,36	10,86
40-50	23,74	3,40	14,32
50-60	23,89	2,90	12,15
60-70	23,71	2,19	9,25
70-80	23,32	1,48	6,34
80-90	23,46	1,62	6,89
90-100	23,77	1,52	6,38

В среднем влажность почвы была 22,69 % в метровом слое и не зависела от способа отбора.

При сравнении послойно плотности почвы, отобранные бурами-пробоотборниками разной конструкции также одинакова в пределах погрешности, за исключением слоев 10-20 см и 30-40 см (рис. 2).

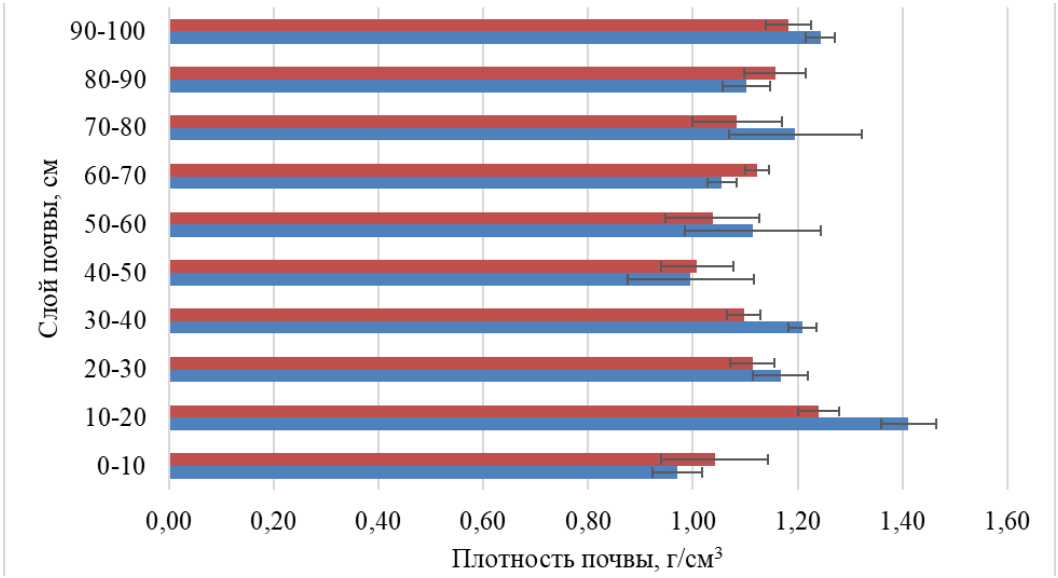


Рисунок 2 – Плотность почвы, отобранная буром-пробоотборником разных конструкций: 1 ■ – нарушенная структура, 2 ■ – монолиты

Для слоев 10-20 см и 30-40 см плотность почвы получена выше при отборе образцов с нарушенной структурой на 12,06% и 9,09% соответственно.

Библиографический список

1. Шеин Е.В. Курс физики почв, М.: МГУ, 2005. – 432 с.
2. Influence of the anti-erosion complex on erosion-hydrological indicators and productivity of cultivated crops / I. Podlesnyh, T. Zarudnaya, A. Prushchik, et al. // 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. – No 01006. – doi: 10.1051/bioconf/20213201006.
3. Пат. на изобретение 2657555 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Салимгареева О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2016152784; заявл. 30.12.2016, опубл. 14.06.2018, бюл. № 17.
4. Пат. на изобретение 2732907 Рос. Федерации: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2019145230; заявл. 25.12.2019, опубл. 12.11.2020, бюл. № 32.
5. Вытовтов В.А. Влияние влажности почвы на работу бура-пробоотборника // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. XVI Междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева», г. Курск, 28-29 апреля 2021 г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – С. 63-68.
6. Пат. на изобретение 2786155 Рос. Федерации: МПК G01N 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – № 2022121688; заявл. 09.08.2022, опубл. 19.12.2022, бюл. № 35.

УДК 631.461; 631.432.5

АЗОТОБАКТЕР – ТЕСТ-ОРГАНИЗМ В АГРОЦЕНОЗАХ, НАСЫЩЕННЫХ ГЛИФОСАТСОДЕРЖАЩИМИ ГЕРБИЦИДАМИ

Гармашов В.М., Гармашова Л.В.
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»,
Каменная Степь, Россия,
E-mail: *garmashov.63@mail.ru*

Резюме. *Применение глифосатсодержащего гербицида сплошного действия в технологии No-till оказывает депрессирующее влияние на микрофлору почвы и почвенную среду при длительном (более 5 лет) систематическом использовании. Применение удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы снижает негативное влияние глифосатсодержащих препаратов на микрофлору чернозема обыкновенного.*

Ключевые слова: *агроценоз, микробиологическая активность, азотобактер, технология No-till, гербицид, глифосатсодержащий препарат, почвенная среда.*

Summary. *The use of a glyphosate-containing herbicide of continuous action in the No-till technology has a depressing effect on the soil microflora and soil environment for a long time (more than 5 years) systematic use. The use of fertilizers N60P60K60 for basic tillage reduces the negative effect of glyphosate-containing preparations on the microflora of ordinary chernozem.*

Key words: *agrocenosis, microbiological activity, azotobacter, No-till technology, herbicide, glyphosate-containing preparation, soil environment.*

Введение. В последние годы интенсивное внедрение приемов минимизации обработки почвы и прямого посева приводит к увеличению объемов применения гербицидов, и особенно глифосатсодержащих. Вместе с тем во многих исследованиях отмечается, что наряду с высоковыраженным герби-

цидным эффектом глифосатсодержащие препараты наносят вред многим «нецелевым» организмам (полезным насекомым и дождевым червям), снижают деятельность азотфиксирующих бактерий, подавляют рост грибной микоризы, помогающей растениям усваивать влагу и питательные вещества, делают растения более уязвимыми для болезней [1-3]. Учитывая остроту дискуссий по применению и последействию глифосатсодержащих гербицидов на почву и окружающую среду изучение и проведение биотестирования почвы в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами, является актуальной проблемой.

Цель исследования – дать оценку многолетнего применения глифосатсодержащего препарата при нулевой обработке (прямом севе) на почву – чернозем обыкновенный в условиях юго-востока ЦЧР.

Условия материалы и методы. Оценку многолетнего воздействия глифосатсодержащего препарата на агроценоз проводили в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР, в отделе адаптивно-ландшафтного земледелия ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», в стационарном опыте по изучению различных приемов и систем обработки почвы, заложенном в 2014 году.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими характеристиками.

В стационарном опыте приемы обработки почвы изучаются в зернопропашном севообороте: горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – однолетние травы (горохоовсяная смесь) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень.

Так как многие исследователи рекомендуют в качестве тест-организма для определения наличия в почве токсинов применять численность колоний азотобактера [4, 5], в соответствии с поставленной целью, нами была изучена динамика развития одного из наиболее чувствительных [6-8] и важных показателей как для плодородия [9, 10], так и для индикации почвы на химическое загрязнение [6, 8-10] – интенсивность развития бактерий рода *Azotobacter*.

Изучение активности свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов (азотобактера**)** в почве проводили на вариантах со вспашкой на глубину 20-22 см (обычная обработка в ЦЧЗ, без использования глифосатсодержащих препаратов) и нулевой обработкой почвы, предусматривающей ежегодное применение препаратов на основе глифосата, – осенью по стерне и весной до всходов культуры. В качестве глифосатсодержащего препарата использовали гербицид Торнадо-500, ВР в норме 2,5 л/га.

Для микробиологических анализов отбирали репрезентативные смешанные почвенные образцы с каждого исследуемого объекта. Отбор почвенных образцов производили из слоя 0-20 см два раза за вегетационный период под культурами севооборота на первом поле стационарного опыта. Учет численности азотобактера проводили в свежих образцах на почвенных пластинах.

Обработку экспериментальных данных осуществляли дисперсионным методом математического анализа (Доспехов, 1985) с использованием про-

граммного обеспечения ПК Microsoft Office Excel 2016.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности, но в целом были близки к среднемноголетним для юго-востока ЦЧР, что позволяет достаточно объективно проанализировать действие изучаемых факторов.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что в первые пять лет применения глифосатсодержащих препаратов в технологии No-till значительной депрессии в развитии бактерий рода *Azotobacter* по сравнению с фоном (без использования препарата) не выявлено, но прослеживается четкая тенденция к снижению его активности после пятилетнего применения (рис. 1).

Рисунок 1 – Развитие азотобактера в слое 0-20 см при различных фонах применения глифосатсодержащих гербицидов

В дальнейшем, после пятилетнего применения глифосатсодержащих препаратов отмечается снижение активности бактерий рода *Azotobacter*, что свидетельствует о депрессирующем влиянии глифосатсодержащих гербицидов на микрофлору почвы и почвенную среду.

Исследования, выполненные в условиях стационарного опыта, позволили выявить обусловленность численности бактерий рода азотобактер от срока применения глифосатсодержащего препарата (табл. 1).

Таблица 1 – Численность азотобактера в слое почвы 0-5 см при различных приемах обработки почвы при применении глифосатсодержащих гербицидов, 2019-2020 гг.

Вариант опыта	КОЕ в 50 г почвы
Без использования глифосатсодержащего гербицида	
Вспашка на 20-22 см	361
Вспашка на 20-22 см (удобрено)	249
Применение Торнадо 500, КЭ в течение 7 лет	
Нулевая обработка почвы	55
Нулевая обработка почвы (удобрено)	93

После семилетнего использования гербицида Торнадо 500, ВР (500 г/л глифосата кислоты) в дозе 2,5 л/га два раза за вегетационный период (после уборки предшественника и перед посевом культуры севооборота (5 л х 7 лет = 35 л/га)) отмечено снижение численности азотобактера в черноземе обыкновенном на фоне с ежегодным применением удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы почти в три раза, на фоне без применения удобрений – в семь раз по сравнению с почвой, где глифосатсодержащие препараты не применялись.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлено, что применение глифосатсодержащего гербицида сплошного действия оказывает негативное влияние на микрофлору почвы и почвенную среду при длительном (более 5 лет) систематическом использовании в технологии No-till. Применение удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы снижает негативное влияние глифосатсодержащих препаратов на микрофлору чернозема обыкновенного.

Библиографический список

1. Жариков М.Г., Спиридонов Ю.Я. Изучение влияния глифосатсодержащих гербицидов на агроценоз / М.Г. Жариков, Ю.Я. Спиридонов // Агрохимия. – 2008. – № 8. – С. 81-89.
2. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. Книжный дом “ЛИБРОКОМ”. М., 2015. – 152 с.
3. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Протасова Л.Д., Верховцева Н.В., Степанов А.Л. Опыт многолетнего применения производных глифосата и глюфосината в экоценозе парового поля / Ю.Я. Спиридонов, Г.Е. Ларина, Л.Д. Протасова, Н.В. Верховцева, А.Л. Степанов // Вестник защиты растений. – 2006. – № 2. – С. 3-14.
4. Казеев К.Ш., Лосева Е.С., Боровикова Л.Г., Колесников С.И. Влияние загрязнения современными пестицидами на биологическую активность чернозема выщелоченного / К.Ш. Казеев, Е.С. Лосева, Л.Г. Боровикова, С.И. Колесников // Агрохимия. – 2010. – № 11. – С. 39-44.
5. Свистова И.Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглотительный комплекс и микробное сообщество выщелоченного чернозема / И.Д. Свистова и др. // Агрохимия. – 2004. – № 6. – С. 16-23.
6. 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.
7. Коробова Л.Н., Шинделов А.В. Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки / Вестник Алтайского государственного университета. – 2012. – № 8 (94). – С. 51-54.
8. Полякова А.В. Бактерии азотного обмена как индикатор химического загрязнения // Экология и биология почв. – Ростов-на-Дону, 2003. – С. 75.
9. 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 / В.М. Гармашов, Л.В. Гармашова // Агрохимия. – 2022. – № 4. – С. 78-82.
10. Коробова Л.Н., Шинделов А.В. Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки / Вестник Алтайского государственного университета. – 2012. – № 8 (94). – С. 51-54.

УДК 633.85: 631.3

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛОСЕМЯН ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧР

Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П.
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»,
Каменная Степь, Россия,
E-mail: *garmashov.63@mail.ru*

Резюме. *В работе представлены результаты изучения урожайности и качества маслосемян подсолнечника при применении приемов минимизации обработки почвы.*
Ключевые слова: *обработка почвы, минимизация обработки, прямой посев, подсолнечник, урожайность, масличность.*
Summary. *The paper presents the results of studying the yield and quality of sunflower oil seeds when using techniques to minimize tillage.*
Key words: *tillage, minimization of cultivation, direct sowing, sunflower, yield, oil content.*

Введение. Интерес к подсолнечнику, как к экономически выгодной культуре возрастает с каждым годом, что обусловлено увеличением спроса на семена и растительное масло, являющиеся важной составляющей рациона питания человека и кормления животных. В регионе посевные площади подсолнечника уже достигли своего максимума: его доля в общей структуре посевных площадей в Центральном Черноземье достигает почти 14 %. Возможность для экстенсивного расширения производства практически исчерпана. Дальнейший рост производства возможен только за счет увеличения урожайности и качества получаемой продукции.

При постоянном росте стоимости техники, энергоресурсов и других материальных средств, необходимых для выращивания сельскохозяйственных культур, многие сельхозтоваропроизводители применяют ресурсосберегающие агротехнологии, построенные на минимизации обработки почвы, как наиболее энергозатратной операции в технологии [1, 2, 3]. При этом полученные в исследованиях и на практике данные результатов от внедрения приемов минимизации обработки почвы и, особенно технологии No-till, противоречивы [4-7]. Поэтому целью наших исследований было изучить изменение продуктивности и качественных характеристик маслосемян при минимизации основной обработки почвы под подсолнечник в условиях юго-востока ЦЧР.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева, в стационарном опыте по совершенствованию приемов и систем обработки почвы в севообороте, на черноземе обыкновенном среднегумусном, среднемощном, тяжелосуглинистом с благоприятными физико-химическими и агрохимическими показателями.

Изучение приемов минимизации обработки почвы под подсолнечник проводилось в системе зернопропашного севооборота на вариантах опыта, представленных в таблице 1. Обработки почвы изучаются на удобренном

($N_{60}P_{60}K_{60}$) и неудобренном фонах.

Агротехника выращивания подсолнечника в вариантах с обработкой почвы соответствовала рекомендованной для зоны. На делянках с прямым севом обработка почвы не проводилась, после уборки предшественника и перед посевом подсолнечника использовались глифосатсодержащие гербициды и по вегетации в фазу 3-4 листьев применялся гербицид на основе Трибенуронметила – Суперстар, ВДГ (750 г/кг) с нормой 0,025 г/га. В опыте высевался гибрид подсолнечника Рейна, с нормой высева 70 тыс. растений на га.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными, но в целом достаточно объективно отражали климатическую норму.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований выявлено, что за годы исследований урожайность подсолнечника существенно не различалась по изучаемым приемам обработки, кроме нулевой и поверхностной обработки почвы, где получено достоверное снижение урожайности культуры (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность подсолнечника при различных приемах основной обработки почвы, т/га, 2020-2022 гг.

Обработка почвы (фактор А)	Удобрение (фактор В)		Средняя по фактору А ($НСР_{05}$ = 0,15)	
	0	$N_{60}P_{60}K_{60}$	т/га	+ / -
Вспашка на глубину 20-22 см (контроль)	2,76	2,94	2,85	0,00
Вспашка на глубину 25-27 см	2,81	2,82	2,82	-0,03
Вспашка на глубину 14-16 см	2,76	2,86	2,81	-0,04
Безотвальная на глубину 14-16 см	2,73	2,77	2,75	-0,10
Комбинированная в севообороте, под подсолнечник вспашка на 20-22 см	2,69	2,73	2,71	-0,14
Отвальная разноглубинная в севообороте, под подсолнечник вспашка на 14-16 см	2,71	2,77	2,74	-0,11
Безотвальная разноглубинная в севообороте, под подсолнечник безотвальная на 14-16 см	2,63	2,80	2,72	-0,13
Поверхностная на 6-8 см	2,65	2,76	2,70	-0,15
Нулевая	1,66	1,84	1,75	-1,10
Средняя по фактору В ($НСР_{05}$ = 0,05)	2,60	2,69	-	-

$НСР_{05}$ = 0,29 (для сравнения частных средних фактора А)
$НСР_{05}$ = 0,20 (для сравнения частных средних фактора В)

В среднем за три года наибольшая урожайность подсолнечника была получена по вспашке на глубину 25-27 см (2,81 т/га), на фоне с применением минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ при вспашке на глубину 20-22 см (2,94 т/га). Уменьшение глубины основной обработки почвы под подсолнечник до 14-16 см практически не привело к снижению урожайности культуры, тогда как на фоне с применением удобрений обозначило четкую тенденцию ее снижения, особенно при безотвальной обработке почвы.

Применение комбинированной обработки почвы в севообороте и вспашки на глубину 20-22 см под подсолнечник, так же, как и применение разно-

глубинной отвальной обработки почвы в севообороте и мелкой вспашки под подсолнечник и разноглубинной безотвальной в севообороте и безотвальной на 14-16 см под культуру, обозначило четкую тенденцию к снижению продуктивности подсолнечника независимо от фона удобренности.

Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы способствовало увеличению урожайности подсолнечника независимо от обработки на 0,09 т/га и уменьшало различия в урожайности в зависимости от приемов минимизации обработки почвы под культуру. Максимальная эффективность от применения удобрений в повышении урожайности подсолнечника была при вспашке на глубину 20-22 см (0,18 т/га), и при нулевой обработке, но на фоне минимальной урожайности на естественном фоне (1,66 т/га).

Эффективность агротехнических приемов определяется не только уровнем и прибавками урожая, но и качественными характеристиками получаемой продукции. Одним из наиболее значимых качественных показателей маслосемян подсолнечника является масличность. Как показывают результаты исследований, в условиях высокоплодородных черноземных почв масличность семян подсолнечника мало зависела от приемов и интенсивности обработки (табл. 2). Одинаковую максимальную масличность 47,0 % имели семена подсолнечника, выращенные при вспашке на глубину 20-22 см в системе дифференцированной обработки почвы в севообороте и при нулевой обработке, при масличности семян на контроле 46,0 % и $НСР_{05}$ = 2,9%.

Таблица 2 – Масличность семян подсолнечника при различных приемах обработки почвы, 2020-2021 гг.

Показатели	Обработка почвы и глубина								НСР
	Фон	Вспашка на 20-22 см (контроль)	Вспашка на 25-27 см	Вспашка на 14-16 см	Безотвальная на 14-16 см	Комбинированная	Поверхностная на 6-8 см	Нулевая (no-till)	
Масличность, %	б/уд	46,0	44,9	44,6	45,5	47,0	44,9	47,0	2,88
	уд	44,6	45,0	44,1	43,3	45,1	44,7	44,5	2,03
Сбор масла, т/га	б/уд	1,27	1,26	1,22	1,24	1,26	1,19	0,78	
	уд	1,31	1,27	1,26	1,20	1,23	1,23	0,82	

Применение минеральных удобрений не способствовало увеличению масличности маслосемян. На удобренном фоне по всем изучаемым приемам обработки почвы масличность подсолнечника была ниже, чем на безудобренном. При этом на крайнем варианте минимизации обработки почвы – прямом посеве, снижение масличности было статистически достоверным. Минимальное различие в масличности подсолнечника на неудобренном и удобренном фоне и максимальное содержание масла 45,0 % было при вспашке на глубину 25-27 см.

Максимальный сбор масла с гектара пашни на удобренном и неудобренном фоне отмечался при вспашке на глубину 20-22 см и составлял 1,27 и 1,31

т/га. На неудобренном фоне минимальное снижение в сборе подсолнечного масла с гектара посева подсолнечника было при вспашке почвы под подсолнечник на глубину 20-22 см в дифференцированной системе обработки почвы в севообороте и вспашке на глубину 25-27 см. Уменьшение глубины обработки почвы до 14-16 см независимо от способа привело к недобору 3,9-3,1 % масла с гектара посева подсолнечника. Дальнейшая минимизация обработки увеличивала недополучение растительного масла с гектара посева на 6,3 % при ежегодной поверхностной обработке почвы и на 38,6 % при нулевой системе обработки почвы.

Применение минеральных удобрений не изменило выявленных закономерностей в сборе растительного масла с гектара посева подсолнечника в зависимости от приемов обработки почвы, но уменьшало различия между обработками.

Заключение. В условиях юго-востока ЦЧР наибольшая урожайность подсолнечника получена по вспашке на глубину 25-27 см, на фоне с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ при вспашке на глубину 20-22 см. Уменьшение глубины основной обработки почвы под подсолнечник до 14-16 см практически не привело к снижению урожайности культуры, тогда как на фоне с применением удобрений обозначило четкую тенденцию ее снижения, особенно при безотвальной обработке почвы. Дальнейшая минимизация обработки почвы под подсолнечник, применение нулевой и поверхностной обработки приводит к достоверному снижению урожайности подсолнечника.

Максимальная эффективность от применения удобрений в повышении урожайности подсолнечника была при вспашке на глубину 20-22 см, и при нулевой обработке, но на фоне минимальной урожайности на естественном фоне.

В условиях высокоплодородных черноземных почв, масличность семян подсолнечника мало зависела от приемов и интенсивности обработки. Применение минеральных удобрений не способствовало увеличению масличности семян. На удобренном фоне по всем изучаемы приемам обработки почвы масличность подсолнечника была ниже, чем на безудобренном. При этом на крайнем варианте минимизации обработки почвы – прямом посеве, снижение масличности было статистически достоверным.

Максимальный сбор масла с гектара пашни на удобренном и неудобренном фонах отмечался при вспашке на глубину 20-22 см и составлял 1,27 и 1,31 т/га.

Библиографический список

1. Агроэкологические основы применения комплекса машин при возделывании полевых культур / В.И. Балабанов, В.Д. Полин, С.С. Солдатова, Н.С. Матюк. М.: Изд-во РГАУ- МСХ имени К.А. Тимирязева. 2011. – 197 с.

2. Гармашов В.М. Научные основы обработки черноземных почв юго-востока ЦЧР (к 130-летию «Особой экспедиции…» В.В. Докучаева): Монография. – Воронеж: «Истоки», 2022. – 470 с.

3. Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г. Возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 9 (200). – С. 9-16.

4. Есаулко А.Н., Мельников Д.А., Ожередова А.Ю., Голосной Е.В. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till на темно-каштановых почвах / А.Н. Есаулко, Д.А. Мельников, А.Ю. Ожередова, Е.В. Голосной // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 19-22.
5. Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Пастернак Я.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой после подсолнечника / А.Х. Шеуджен, Л.И. Громова, Я.Е. Пастернак Я.Е. // Плодородие. – 2015. – № 1. – С. 4-7.
6. Менькина Е.А. Влияние технологии No-till на активность микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, в черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (77). – С. 24-27.
7. Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Изменение плотности сложения чернозема обыкновенного при минимализации обработки и прямом посеве в условиях юго-востока ЦЧР / В.М. Гармашов, В.Н. Говоров, М.П. Крячкова // Аграрная Россия. – 2022. – №3. – С. 14-17. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-3-14-17.

УДК 631.434.6

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ В СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЧР

Глазунов Г.П.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *gennadij-glzunov@yandex.ru*

Резюме. *Исследования проводили на территории полигона «Точное земледелие» имеющего куполообразную форму рельефа. Рельеф полигона типично эрозионный. Почвенный покров представлен черноземами типичным и выщелоченным разной степени смытости и намытости на лессовидных карбонатных суглинках. В статье проведена комплексная агроэкологическая оценка в склоновом агроландшафте пахотных земель на примере полигона «Точное земледелие».*
Ключевые слова: *агроэкологическая оценка земель, агроландшафт, рельеф, экспозиция, чернозем, почва.*
Summary. *The research was carried out on the territory of the "Precision Farming" polygon, which has a dome-shaped relief. The relief of the polygon is typically erosive. Soil cover is represented by typical and leached chernozems of different degrees of washing out and washing in on loess-like carbonate loams. The article presents a comprehensive agro-ecological assessment of arable land in the sloping agro-landscape on the example of the polygon "Precision Farming". Electronic maps reflecting the main indicators of the relief of the study area have been built in the software QGIS.*
Key words: *agro-ecological assessment of land, agrolandscape, relief, exposure, chernozem, soil.*

Несмотря на то, что почвенный покров Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) является относительно однородным и благоприятным для выращивания основных сельскохозяйственных культур, он однако, характеризуется повышенной сложностью и контрастностью, в том числе и в пределах небольших участков и полей [1], [2]. В процессе производства сельскохозяйственных культур аграрии неизбежно сталкиваются с проблемой неоднородности урожайности культур в пределах одного поля, контуры которого одновременно могут располагаться в зонах с различными параметрами почвенного плодородия.

Элементы рельефа и экспозиции склонов влияют на комплекс парамет-

ров почвенного плодородия, перераспределение влаги атмосферных осадков и солнечной инсоляции [3]. Сложный, неоднородный рельеф не только может оказывать влияние на неравномерность распределения выпадающих осадков, но и на интенсивность поверхностного стока, а следовательно, на подверженность водной эрозии и как следствие снижение ее агрономической оценки. Местоположение почв в рельефе также оказывает влияние на их теплообеспеченность. Так, северные более увлажненые склоны получают меньшее количество тепла, чем южные, отличающиеся большей испаряемостью влаги, особенно в летние месяцы, вследствие чего почвы южных склонов обычно менее мощные, нередко более карбонатны. Однако во влагообеспеченные годы данное положение может быть и иным. Неоднозначное влияние на плодородие почв полярных склонов оказывает также и антропогенное воздействие [4]. В результате нерационального использования, нарушения агротехники возделывания культур на эрозионно опасных территориях происходит деградация почвенного покрова, ухудшение плодородия почв [5].

В настоящее время перед наукой стоит задача разработки новых прорывных технологий, направленных на формирование современных систем земледелия, включающих наукоемкие высокоинтенсивные агротехнологии, обеспечивающие производство экологически безопасной продукции, выполняемые прецизионными техническими средствами на основе ГИС [6], [7].

Для разработки новых систем земледелия, основанных адаптивно-ландшафтном подходе, необходима объективная комплексная оценка природно-ресурсного потенциала агроландшафта, учитывающая показатели и критерии, в полной мере характеризующих его особенности. Однако, существующие общепринятые методики агрохимического обследования и отбора почвенных проб не позволяют адекватно оценить степень изменчивости параметров почвенного плодородия в агроландшафте и установить необходимость регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур. Далеко не всегда имеющиеся в хозяйствах картографические материалы по агрохимическому обследованию содержат информацию по рациональному использования территории хозяйства под ту или иную культуру в зависимости от местоположения в рельефе, находящихся на нём почвенных комбинаций и пространственно-временную потребность в удобрениях на конкретной территории.

Проблеме пространственной изменчивости параметров почвенного плодородия в агроландшафте посвящено большое количество исследований [3-7] в которых доказывается влияние пестроты почвенного покрова на точность получаемых результатов обследования. В связи с развитием цифровых и ГИС-технологий у земледелов появляется возможность использования их при комплексной оценке параметров почвенного плодородия, которые учитывают морфометрические характеристики склоновых агроландшафтов ЦЧР.

В связи с этим, особую актуальность приобретают исследования, направленные на оценку закономерностей пространственного варьирования плодородия черноземов в агроландшафтах областей Центрального Чернозе-

мья, совершенствование научно-методического обеспечения и разработка методических подходов к агроэкологической оценке почв для адаптивно-ландшафтных систем земледелия, учитывающих почвенно-экологические условия территорий землепользования и специализацию сельскохозяйственного производства, основанные на цифровых и ГИС-технологиях.

Целью работы являлась разработка комплексной агроэкологической оценки пахотных земель на основе цифровых и ГИС-технологий на примере территории полигона «Точное земледелие» Курского федерального аграрного научного центра для совершенствования агроэкологической оценки плодородия пахотных почв, ориентированной на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества, обеспечивающая устойчивость и воспроизводство почвенного плодородия агроландшафтов.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2011-2021 гг. на территории полигона «Точное земледелие» Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) с использованием системного, картографического, статистического, сравнительно-аналитического методов анализа, ГИС-технологий на основе современных методик с использованием программных средств Microsoft Office, SASPlanet, Grid, OziExplorer.

Полигон расположен на Средне-Русской возвышенности на высоте 190-217 м над уровнем моря. Разница высотных отметок достигает 29,5 метров. Рельеф полигона типично эрозионный, отличающийся явно выраженной волнистостью, особенно в нижней части склонов. Средний уклон территории 2,23º. Почвенный покров комплексный, представленный черноземами типичным и выщелоченным различной степени смытости и намытости на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону. Подобная комплексность почвенного покрова является зональной.

Результаты и обсуждение. При разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима объективная оценка ресурсного потенциала агроландшафта, учитывающая комплекс ландшафтно-экологических условий, определяющих функционирование агроландшафтов. Для этого необходимо совершенствование подходов к комплексной агроэкологической оценке почв и земель, а также разработка автоматизированных систем поддержки принятия решений по рациональному использования ресурсов в земледелии с использованием современных цифровых и ГИС-технологий, которые позволяют хранить и анализировать большие объёмы информации, а также представлять полученные результаты в удобной для пользователя форме.

Врезультате проведенных исследований было установлено, что на подверженность почв эрозионным процессам значительное влияние оказывают морфометрические характеристики и местоположение в рельефе (форма, экспозиция и характер профиля склонов). На полигоне склоны южной и юго-западной экспозиций эродированы больше, чем северные и северо-восточные. Это связано с тем, что в весеннее время они более прогреваемы в следствие

чего на них происходит более интенсивное снеготаяние. Различие в интенсивности снеготаяния откладывает отпечаток и на образуемые в результате него формы рельефа. На интенсивность развития эрозионных процессов, образующихся в результате атмосферного стока существенное влияние оказывает форма профиля склонов. На выпуклых и конвергентных склонах более интенсивно проявляются эрозионные процессы, так как они являются поверхностями, усиливающими формирования потока.

Несмотря на то, что в отношении эрозионной опасности склоны северной экспозиции более благоприятными, по отношению к теплообеспеченности они значительно проигрывают южной. Анализ морфометрических параметров полигона «Точное земледелие» выявил микроклиматические различия в зависимости от уклона и экспозиции склонов. Коэффициенты относительной (по сравнению с водоразделом) прогреваемости могут варьировать по территории от 0,92 до 1,07, при этом различия сумм активных температур более 10 ºС на самых холодных северо-восточных и самых теплых юго-западных склонах могут составлять до 370 ºС.

Местоположение в рельефе также оказывает влияние на запасы влаги в почве. В 0-30 см слое почвы на исследуемом участке наибольшие запасы доступной влаги отмечались на склонах северо-восточной и северо-западной экспозиций и составляли в среднем 53,7 и 54,5 мм. На водораздельном плато запасы влаги составляли 50,9 мм. Установлена корреляционная зависимость между запасами доступной влаги в изучаемых слоях почвы и уклоном (r - 0,42; 0,61 и 0,55).

Агрохимические показатели 0-20 см слоя почвы ряда показателей имеют высокое варьирование, зависимость которого от местоположения в рельефе достаточно сложно определить из-за комплекса факторов, системно влияющих на их перераспределение.

Следует отметить на склонах северных экспозиций почва характеризуется большим содержанием гумуса, чем южных, а основными факторами влияющие на содержания гумуса в склоновом агроландшафте являются экспозиция и крутизны склона (R_{MH} = 0,72). С увеличением угла склона происходит снижение содержания гумуса, которое начинает себя проявлять на склонах более 3°, что связано с развитием процессов водной эрозии.

Установлено, что почва склонов северных экспозиций характеризуется большей кислотностью, чем на плакоре, а на южных – наоборот. Экспозиция и крутизна склона оказывают влияние и на дифференциацию кислотности почвы в агроландшафте. При повышении крутизны склонов происходит увеличение величины pH. Между этими параметрами установлена средняя зависимость (R_{MH} = 0,59).

Экспозиция и уклон территории безусловно оказывают влияние и на урожайность культур. Различные экспозиции склонов характеризуются существенной пространственной дифференциацией почвенного плодородия, распределения влаги и теплообеспеченности, что оказывает существенное влияние на формирование урожая и качества зерна ведущей зерновой культуры

региона – озимой пшеницы. Средний урожай зерна озимой пшеницы на полигоне «Точное земледелие» составил 49,3 ц/га и изменялся в зависимости от местоположения в рельефе от 30,2 до 68,3 ц/га, величина варьирования составила 18,2%. Наименьшая урожайность отмечалась на склоне юго-западной экспозиции – 44,4 ц/га. На склоне юго-восточной экспозиции в некоторых точках она составляла 63,8 и 68,3 ц/га. Урожайность озимой пшеницы определяется основными лимитирующими факторами – экспозицией, уклоном склона, определяющими гидротермические условия, и содержанием минерального азота в почве.

На основе полученных результатов исследования проведена оценка ресурсов урожая при использовании минимального комплекса агроклиматических параметров, агрохимических свойств почв, а также морфометрических параметров рельефа. Наиболее благоприятные условия для произрастания озимой пшеницы отмечаются на пологом склоне юго-восточной экспозиции с прямой формой профиля склона. По показателям крутизны склонов полигон «Точное земледелие» имеет большое разнообразие форм, но дифференциация агроэкологических параметров, главным образом, зависит от экспозиции.

Таким образом, на примере полигона «Точное земледелие» проведена комплексная агроэкологическая оценка благоприятности рельефа для ведения сельскохозяйственного производства. Результаты оценки показали, что наиболее благоприятны факторы рельефа для произрастания озимой пшеницы определяется основными лимитирующими факторами – экспозицией, уклоном склона, определяющими гидротермические условия, содержание гумуса, минерального азота в почве и её кислотность. Основываясь на проведенных исследованиях, можно сделать заключение, что при проведении агроэкологической оценки склоновых агроландшафтов необходим комплексный анализ, учитывающий не только почвенные, агроклиматические свойства исследуемой территории, но и морфометрические характеристики рельефа, влияющие на них.

Библиографический список

1. Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования [Текст]: сборник материалов научной конференции, посвященной 80-летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами в 100-летней истории Воронежского государственного университета / под ред. Д. И. Щеглова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. – 578 с.
2. Васенёв И.И. Оптимизация землепользования и типизация чернозёмов в аккумулятивно-эрозионных агроландшафтах на северо-востоке ЦЧР / И.И. Васенёв, О.С. Бойко, А.С. Цыгуткин, А.В. Подлеснов // Достижения науки и техники АПК. 2008. – Т.22. – № 10. – С.52-54.
3. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство/ Под редакцией академиков РАСХН В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784с.
4. Пространственное распределение различных характеристик урожая в агроландшафтах / О.В. Рухович // Проблемы агрохимии и экологии. – 2017. – № 2. С. 39-46.
5. Рухович О.В. Пространственное распределение характеристик урожая озимой пшеницы с использованием методов геоморфометрии / О.В. Рухович, А.В. Перминов, О.И. Иванова, Т.С. Дорофеева // Актуальные проблемы науки и образования в области есте-

ственных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 181-186.
6. Чуян О.Г. Реализация природно-ресурсного потенциала агроландшафтов Центрального Черноземья / О.Г. Чуян, Л.Н. Караулова, О.А. Митрохина, А.Н. Золотухин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 4. – С. 3-8.
7. Якушев В.П. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии Якушев В.П., Якушев В.В., Матвеенко Д.А. // Земледелие. – 2020. – № 1. – С. 33-37.

УДК 631.461.61:631.582

ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ЛЬНЯНОГО ПОЛОТНА В ПОЧВЕ ПРИ РАЗЛИЧНОМ НАСЫЩЕНИИ СЕВООБОРОТА ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧЗ

Говорова О.В., Коновалова Е.Я.
ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Россия, Воронежская область, Каменная Степь
E-mail: *niishc@mail.ru*

Резюме. *В условиях юго-востока ЦЧЗ на черноземе обыкновенном проведены исследования по влиянию различного насыщения севооборотов зерновыми культурами на биологическую активность почвы, определяемую по интенсивности разложения целлюлозоразрушающими микроорганизмами льняного полотна.*
Ключевые слова: *насыщение зерновыми, севооборот, биологическая активность, льняные полотна, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, почва.*
Summary. *In the South-East CDC, studies have been carried out on the influence of different crop saturation on the biological activity of the soil, determined by the rate of decomposition of cellulosic-disrupting microorganisms of the linen linen.*
Key words: *grain saturation, crop rotation, biological activity, linen fabrics, cellulose disrupting microorganisms, soil.*

Биологическая активность почвы – это один из важнейших показателей её плодородия, комплекс сложных взаимосвязанных биологических и биохимических процессов, которые зависят от гидротермических условий, типа почвы, содержания питательных элементов и органического вещества, а также от агротехнических мероприятий [1]. Всё это в значительной степени определяет гумификацию и минерализацию растительных остатков, мобилизационную способность почвы, возможность обеспечения сельскохозяйственных растений доступными элементами питания. Биодинамика процессов, проходящих в почве, имеет большое значение в формировании плодородия, а ее показатели являются достаточно объективными индикаторами процессов его формирования, так как живые организмы и их метаболиты являются наиболее чувствительными по сравнению с данными физических и химических показателей почвы [2, 3].

Насыщение севооборотов различными сельскохозяйственными культурами существенно влияет на почвенно-микробиологические процессы, что отражается на биологической активности почвы, интенсивности разложения клетчатки и образования аминокислот [4].

Методика. Исследования проводились в многолетнем стационарном

опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева». Почва опытного участка чернозем обыкновенный, среднемощный тяжелосуглинистого гранулометрического состава с благоприятными физико-химическими свойствами. Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение делянок систематическое. В схему стационарного опыта включены следующие варианты севооборотов с насыщением зерновыми: 1) зернопропашной (контроль 56 %) – сидеральный пар (горчица) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – горох – озимая пшеница + озимая вика – гречиха; 2) зернопаропропашной (70 %) – чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень; 3) зернопропашной (84 %) – горох – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – горох – озимая пшеница – ячмень; 4) зернопаропропашной (70 % + $N_{60}P_{60}K_{60}$) – чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень; 5) зерновой (100 %) – соя – озимая пшеница – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень – овёс; 6) зерновой (100 % + $N_{60}P_{60}K_{60}$) – соя – озимая пшеница – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень – овёс; 7) зернотравянопропашной (70 %) – нут – озимая пшеница – кукуруза – ячмень + эспарцет – эспарцет на сено – озимая пшеница – овёс.

Интенсивность разложения льняного полотна и биосинтеза аминокислот проводили методом аппликаций (Е.Н. Мишустин, А.Н. Петрова 1963) в слое почвы 0-40 см два раза за вегетацию.

Результаты и обсуждение. Анализ результатов опыта показал, что активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов была выше в посевах озимой пшеницы и ячменя по сравнению с горохом.

В севообороте с 56 % насыщением зерновыми культурами включение озимой вики стимулировало деятельность клетчатковых микроорганизмов по всем изучаемым горизонтам исследования (табл. 1). На варианте озимая пшеница + озимая вика степень разрушения полотна достигла величины 22,4 % в слое почвы 20-40 см. Под ячменем с добавлением пожнивной горчицы убыль полотна повышалась до 18,4 %.

На фоне включения в севооборот эспарцета в звене с 70 % насыщения зерновыми культурами разрушение клетчатки также было более интенсивным и соответствовало 22,3 % в слое почвы 20-40 см. Это связано с большим поступлением растительной биомассы в почву после возделывания эспарцета.

По вариантам опыта степень разрушения полотна возрастала при введении в севооборот озимой вики и пожнивной горчицы до 14,7 %. При насыщении севооборота зерновыми культурами до 84 % целлюлозоразлагающая активность снизилась более чем в 2,7 раза по отношению к контрольному варианту. Минимальное разложение клетчатки отмечалось на варианте с напряженным чередованием, что связано с большим содержанием высокоуглеродистой остаточной биомассы после зерновых культур и её труднодоступностью для микроорганизмов, которая слабо участвует в биологических процессах.

Внесение минеральных удобрений в звене севооборота с насыщением

зерновыми культурами до 100 % оказало некоторый положительный эффект, разлагая полотно на 13,5 %. Наибольшая убыль, отмечалась под зернобобовой культурой горохом и составила 18,5 % в слое почвы 20-40 см. На варианте с 70 % насыщением севооборота зерновыми культурами с эспарцетом на сено также происходило активное разложение полотна, заложенного в почву, и составило 11,5 %. Особенно это было выражено под озимой пшеницей, где процент истлевшей части целлюлозы составил 22,3 %, что на 51 % выше варианта в севообороте с 70 % насыщением зерновыми культурами с предшественником горох.

Таблица 1 – Влияние насыщения севооборотов зерновыми культурами на интенсивность разложения клетчатки в 2019 году

Насыщение зерновыми	Звено севооборота	Интенсивность разложения клетчатки, %			Накопление аминокислот, опт. ед.		
		Слой почвы, см					
		0-20	20-40	0-40	0-20	20-40	0-40
56 %	Ячмень+пож.горчица	14,7	18,4	16,5	0,10	0,11	0,11
	Горох	2,41	3,24	2,83	0,07	0,05	0,06
	Оз. пшеница+оз.вика	11,2	22,4	16,8	0,13	0,11	0,12
	среднее	9,43	14,7	12,1	0,05	0,09	0,10
70 %	Ячмень	8,56	9,5	9,03	0,05	0,06	0,06
	горох	3,73	4,51	4,12	0,05	0,01	0,03
	Озимая пшеница	4,34	10,9	7,62	0,13	0,09	0,11
	среднее	5,54	8,30	6,92	0,07	0,05	0,07
84 %	Ячмень	11,9	8,03	10,0	0,10	0,03	0,07
	Горох	2,37	2,89	2,63	0,03	0,02	0,03
	Озимая пшеница	3,90	5,38	4,64	0,13	0,18	0,16
	среднее	6,08	5,43	5,76	0,08	0,07	0,08
70 % + $N_{60}P_{60}K_{60}$	Ячмень	8,06	4,63	6,35	0,07	0,03	0,05
	Горох	4,83	2,98	3,91	0,05	0,03	0,04
	Озимая пшеница	7,64	5,99	6,82	0,16	0,25	0,21
	среднее	6,84	4,53	5,69	0,09	0,10	0,10
100 %	Ячмень	13,9	6,12	10,0	0,12	0,05	0,09
	Горох	4,21	18,5	11,4	0,05	0,08	0,07
	Озимая пшеница	1,73	3,90	2,82	0,04	0,04	0,04
	среднее	6,61	9,50	8,06	0,07	0,05	0,06
100 % + N_{60} $P_{60}K_{60}$	Ячмень	6,61	11,1	8,86	0,10	0,09	0,10
	Горох	11,1	22,8	16,9	0,08	0,12	0,10
	Озимая пшеница	2,78	6,6	4,69	0,12	0,24	0,18
	среднее	6,83	13,5	10,2	0,10	0,15	0,13
70 %	Ячмень	13,5	10,0	11,7	0,13	0,08	0,11
	Эспарцет на сено	1,34	2,46	1,90	0,04	0,02	0,03
	Озимая пшеница	9,37	22,3	15,8	0,15	0,17	0,16
	среднее	8,07	11,5	9,83	0,10	0,09	0,10

Целлюлозоразлагающая микрофлора, ферментная система, которая позволяет трансформировать углеродсодержащие вещества, нуждается для своей деятельности в достаточном количестве азота. То есть разрушение полотна в почве как модель почвенных процессов, может служить косвенным показателем обеспеченности почвы легкодоступным азотом.

Интенсивность разложения льняного полотна в значительной мере зависела от содержания доступной влаги в слое 20-40 см. Наличие влаги в этом хорошо прогреваемом слое способствовало ускорению микробиологической трансформации, о чем свидетельствовал и коэффициент корреляции r = 0,65.

В верхнем горизонте почвы льняное полотно разлагалось слабее, за исключением севооборотов с вариантами 84 % и 70 % насыщением зерновыми культурами при внесении удобрений, где разложение клетчатки происходило интенсивнее на 11,3 % в сравнении с нижним горизонтом.

Анализ степени разрушения полотна, закладываемого в почву, показал, что в данном опыте интенсивность разложения клетчатки колебалась от 5,69 до 12,1 %, с максимальными потерями по варианту при 56 % насыщении зерновыми. Наибольшая активность в накоплении аминокислот проявлялась в звене севооборота со 100 %-м насыщением зерновыми культурами на удобренном фоне при достаточно высоком разложении целлюлозы до 10,2 %, а самая слабая на фоне со 100 % насыщением зерновыми без применения удобрений с оптимальным эффектом разложения в среднем по звену.

Изучение актуальной биологической активности почвы методом разложения льняного полотна показало, что включение в севообороты многолетних трав, озимой вики, пожнивной горчицы усилило биологические процессы под озимой пшеницей и ячменем, о чем свидетельствует увеличение синтеза аминокислот и разложение клетчатки льняного полотна. Это могло произойти за счет улучшения качественного состава растительных остатков, способствующих росту биологических процессов в почве.

Библиографический список

1. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль / О.А. Берестецкий // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. – С. 7-31.
2. Мишустин Е.Н. Аппликационные методы в почвенной микробиологии / Е.Н. Мишустин, И.С. Востриков // Микробиологические и биохимические исследования почв. – Киев: Урожай, 1974 – С. 3-12.
3. Васильев И.П. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев и др. – М.: Колос, 2005. – С. 424.
4. Дудкин В.М. Севообороты в современном земледелии России / Изд-во Курской ГСХА, 1997.– С. 155.

УДК 631.6

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Гречишников Н.Н.
ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г Лобня, 141055, Россия
E-mail: *viklizimetr@mail.ru*

Резюме. *Создание и эффективное использование пастбищ на мелиорируемых почвах, учитывая их высокую капиталоемкость, предусматривает не только продуктивное долголетие травостоев, но и получение надлежащего качества пастбищного корма, сохранение почвенного плодородия, обеспечение экологически чистых инфильтрационных вод.*
Ключевые слова: *мелиорируемые земли, удобрения, злаковые пастбища, плодородие почвы, экология.*
Summary. *The creation and effective use of pastures on reclaimed soils, taking into account their high capital intensity, provides not only for the productive longevity of grass stands, but also for obtaining the proper quality of pasture feed, preserving soil fertility, and ensuring environmentally friendly infiltration waters.*
Key words: *reclaimed land, fertilizers, grain pastures, soil fertility, ecology.*

Эффективное применение осушительно-увлажнительных систем зависит от доз вносимых удобрений, в первую очередь азотных. Потребность их внесения на сенокосы и пастбища с одной стороны и имеющийся запас навозных стоков животноводческих комплексов с другой, обусловили необходимость изучения возможности замены азота минеральных удобрений азотом навозных стоков.

В условиях интенсивного использования мелиорируемых земель актуальной становится проблема снижения потерь питательных элементов с инфильтрационными водами за пределы корнеобитаемого слоя почв.

Важность и необходимость изучения данных вопросов связаны с решением не только таких проблем, как повышение продуктивности, качества корма, но и таких как сохранение плодородия почвы и охрана окружающей среды, что на осушаемых землях связано с чистотой дренажного стока.

Исследования проведены на осушаемой дерново-подзолистой почве с низким содержанием гумуса (1,5 % в слое почвы 0-20 см), среднеобеспеченной фосфором (14,3 мг/100г) и калием (11,0 мг/100 г), гидролитическая кислотность равна 2,4 мг-экв/100 г почвы, содержание легкогидролизуемого азота равно 4,5 мг/100 г почвы.

Наряду с полевыми опытами были проведены лабораторные анализы по определению физических и агрохимических показателей почвы, химического состава пастбищного корма с дальнейшим определением концентрации обменной энергии и аминокислотного состава протеина, лизиметрические исследования, а также были определены переваримость пастбищного корма, его поедаемость [1, 2, 3].

Полученные результаты научных исследований позволяют заключить, что на злаковых пастбищах, созданных на осушаемых дерново-подзолистых почвах, рациональной дозой удобрений являются $N_{180}P_{60}K_{120}$, позволяющая получать на пастбище 1-3 годов использования 6400 корм.ед, на пастбище 12-14 годов использования 6980 корм.ед., при этом обеспечивается наибольшая окупаемость 1 кг азота удобрений, равная соответственно 18,8 и 17,1 от сухого вещества (76,1 и 84,4 ц/га сухой массы соответственно).

Применение рекомендуемой дозы удобрений обеспечивало высокую поедаемость пастбищного корма (80%), равномерное поступление его в течение всего сезона.

В условиях ЦР НЗ неравномерное выпадение осадков в течение вегетации обуславливает необходимость двухстороннего регулирования водного режима почвы.

Дополнительное увлажнение пастбищ при рациональном уровне питания позволяет повысить урожайность старовозрастного травостоя на 13,1-14,8, вновь созданного – на 17,8-21,9 ц/га сухой массы.

Рациональной дозой удобрения для злаковых пастбищ является $N_{240}P_{60}K_{120}$, применение которой позволило увеличить продуктивность орошаемых пастбищ с 4,5 до 8,5 краткосрочного и до 8,7 тыс. корм.ед. долголетнего пользования.

При потребности в хозяйстве утилизации навозных стоков, рекомендуемую для пастбищ с двухсторонним регулированием водного режима почвы, дозу азота N_{240} допустимо вносить в виде 180 кг азота минеральных удобрений и 60 кг азота навозных стоков на фоне $P_{60}K_{120}$.

Продуктивность травостоев и окупаемость азота удобрений существенно не снижается, экономия минеральных туков составляет 4,3-4,9 ц на каждом гектаре [4, 5].

Применение полного удобрения в дозе $N_{180\text{-}240}P_{60}K_{120}$ на осушаемых землях позволяет получить пастбищный корм с достаточным содержанием всех необходимых для КРС органических и минеральных веществ. Питательность корма составляет 0,8-0,95 к.е./кг сухого вещества.

В условиях рационального питания и увлажнения качество протеина не ухудшается даже при долголетнем (13-14 лет) использовании пастбищ, вместе с тем достигается и сохраняется высокая переваримость (72,5-74,9 %) и энергетическая питательность (9,96-10,06 МДж/1 кг сухого вещества) корма.

Применение навозных стоков, помимо экономии минеральных удобрений, позволило получить пастбищный корм по качеству, не уступающий полученному при внесении эквивалентного количества минеральных удобрений.

Перезалужение пастбищ на землях с двухсторонним регулированием водного режима на фоне $N_{240}P_{60}K_{120}$ целеобразно проводить при уменьшенных вдвое нормах высева травосмеси.

Достигается уже в первый год равная урожайность, наибольший сбор сырого протеина (16,4 ц/га), при этом качество корма полностью отвечает

нормам кормления КРС.

Применение удобрений в рациональном количестве, а также совместное внесение их с навозными стоками и на фоне поверхностного известкования как на осушаемых пастбищах, так и при дополнительном увлажнении, обеспечивают значительное улучшение качества протеина, что способствует более рациональному белковому питанию, повышению использования протеина, а в конечном итоге обуславливает необходимый уровень протеинового питания высокопродуктивного крупного рогатого скота.

При этом старовозрастной травостой по концентрации аминокислот в сухом веществе и протеине не уступал вновь созданному, что свидетельствует о том, что в условиях рационального применения удобрений и орошения на осушаемых злаковых пастбищах длительного пользования качество протеина не ухудшается.

С помощью лизиметрических устройств установлено, что в условиях Центрального района Нечерноземья на осушаемых злаковых пастбищах из почвы в наибольшем количестве вымывается кальций и магний, концентрация их в инфильтрационной воде достигала соответственно 88,3 и 47,4 мг/л. Применение $N_{240}P_{60}K_{120}$ позволяет уменьшить потери Р, К, Са, Mg соответственно на 58, 36, 26, 45 % на осушаемом пастбище и на 40, 37, 26, 38 % на орошаемом пастбище по отношению к неудобренному пастбищу.

Вымывание нитратов на осушаемом пастбище при внесении NPK увеличилось по сравнению с контролем на 50, а при орошении на 22% и достигло соответственно 10 и 22, а на вновь созданном пастбище – 30 кг/га.

Во все периоды года в инфильтрате не было обнаружено предельно допустимых концентраций питательных веществ на глубине 70 см [6].

Несмотря на то, что при внесении полного удобрения на осушаемых пастбищах значительно увеличивается вынос основных элементов питания урожаем по сравнению с неудобряемыми, почвенное плодородие сохраняется.

Библиографический список

1. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Проворная Е.Е. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах. – М. Россельхозакадемия, 2007. – 39 с.
2. Муромцев Н.А., Семенов Н.А., Кирдинив В.Ф., Смирнов А.П., Садовская Э.Н. Лизиметрические исследования водного, теплового и пищевого режимов почв в луговодстве и полеводстве. Немчиновка, НИИСХ ЦРНЗ, 2007. – 56 с.
3. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.И., Косолапова В.Г. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. М.: ООО «Угреша-Т», 2019. – 272 с.
4. Кузнецова Е.И., Дикарев В.Г., Гречишников Н.Н., Лукин А.Я. Орошение в Нечерноземье в сб. Перспективные агрохимические технологии повышения качества кормов. – М.: ВНИПТИХИМ, 2002. – С. 181-188.
5. Сычев В.Г., Кузнецова Е.И., Кулаков В.А., Румянцева Т.С., Мартынов Ю.А., Иванютин А.О., Силков М.Н., Дикарев В.Г., Гречишников Н.Н., Четвериков А.В., Мухамеджанов Э.Р., Кузнецов С.В. Орошение и применение удобрений в Нечерноземной зоне РФ. М.: ВНИИА, 2004. – 276 с.
6. Семенов Н.А., Муромцев Н.А., Сабитов Т.А., Коротков Б.И. Лизиметрические исследования в луговодстве. М., 2005. – 498 с.

УДК 631.459

ПОЧВА РОССИИ НУЖДАЕТСЯ В ЗАЩИТЕ!

Гуреев И.И.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

История существования российской государственности чрезвычайно насыщена различного рода кризисами. Но она умалчивает главный кризис, который издревле тихо разражается и в настоящее время весьма ощутимо напоминает о себе. Кризис агрокультуры, выраженный в разрушении почвы и царя её – чернозёма, главного и незаменимого богатства России.

В одной из своих лекций В.В. Докучаев выразился: «Сегодня я буду беседовать с вами о царе почв, о главном и основном богатстве России, стоящем неизмеримо выше богатства Урала, Кавказа, богатства Сибири. Всё это ничто в сравнении с ним. Нет тех цифр, какими можно было бы оценить силу и мощь царя почв, нашего русского чернозёма. Он был, есть и будет кормильцем России».

Убеждение в незаменимости, невозможности существования без почвы интуитивно ставили её центром мироощущения в сознании ещё древнего человека. И в этом, обладая лишь опытом, он не ошибался.

В современном понятии почва – особое естественно историческое тело Природы, кожа планеты, управляющая и следящая система биосферы. Действительно, как не согласиться с нашим предком, ведь без кожи никто и ничто не сможет жить, а без управления в природе начнётся хаос.

Среди наиболее необходимых даров природы почва занимает особое место. Солнечный свет и тепло мы можем признать неисчерпаемыми, а вот почти все резервы плодородного слоя сегодня вовлечены в хозяйственный оборот. Если вода и воздух, вечно обращаясь, способны самоочищаться, леса восстанавливать себя, то благополучие почвы зависит ныне исключительно от человека.

Конечно, человек может быстро обогатить удобрениями истощённую почву. Да что из этого толку. На истощённой почве при высокой дозе азотных удобрений получаем продукцию с повышенным содержанием нитратов, от которой один шаг до раковых болезней. А высокие дозы фосфорных удобрений могут вызвать всевозможные параличи.

Человек не в силах создать почву заново. Эту титаническую работу способна выполнить только природа. И делает это она неторопливо. Как её не торопи, она не хочет считаться ни с ускорением темпов общественной жизни, ни с растущими потребностями в продуктах питания, ни с приростом населения и т.д. На восстановление слоя почвы всего два сантиметра природа затрачивает столетия. Одним же сильным ливнем в одночасье может быть смыт слой почвы до 4-5 см.

Современный же человек в отличие от своего пращура как будто решил подтвердить однажды сказанное Ламарком, что человеку разумному и впрямь предназначено себя самого уничтожить, предварительно уничтожив всё живое. Своей безотчётной деятельностью он вызвал невиданную по масштабам

эрозию, которая входит в категорию шести смертельно опасных явлений и представляет одну из самых больших угроз человечества.

В процессе эрозии потеря верхнего слоя почвы – тихий кризис в отличие от революций, землетрясений, цунами и других стихийных бедствий. Вызванная человеком катастрофа разворачивается постепенно, исподволь. Последствия её – гибель почвы, падение биологической продуктивности ландшафта и уход человека с насиженного места в небытие.

В России 128 млн. гектаров пашни, с которых ежегодно теряются 1,5 млрд. тонн плодородного слоя вследствие проявления эрозии. Годовой прирост площади эродированных почв составляет 0,4-1,5 млн. гектаров, оврагов – 80-100 тыс. га. По прогнозу Института наблюдений за состоянием мира (Нью-Йорк), если сейчас на каждого жителя планеты приходится в среднем 0,28 га плодородной земли, то при существующих темпах эрозии к 2030 году этот показатель сократиться до 0,19 га.

Известно, что на удобрения приходится примерно 50 процентов прироста урожайности. В нашей стране на каждую тонну удобрений мы получаем 8 т/га продукции, что вдвое меньше, чем в США, Китае, Индии (16-18 т/га). Таким образом, большая часть действующего вещества удобрений в процессе эрозии смывается с наших полей, следствием чего является катастрофическое загрязнение окружающей среды, по отрицательным последствиям не уступающее сбросу промышленных стоков.

Вследствие систематического применения на полях физиологически кислых форм минеральных удобрений, кислая почва в РФ выявлена на 37,1 млн. гектаров пашни. Участились кислотные дожди, что вызывает появление новых ареалов кислой почвы. На 50% площади чернозёмов, ранее не требовавших известкования, данный приём становится необходим.

Ещё в 1925 году Д.Н. Прянишников, опираясь на данные отечественной науки, убедительно показал, что Россия может не думать о недостатке продовольствия, если она даже будет удваивать население через каждые 50 лет. К сожалению, это не подтвердилось. Может не те были производственные отношения? Но реально увеличение производства продовольствия за счёт внесения больших доз минеральных удобрений и применения технических новшеств в значительной степени перекрывается потерями, вызванными эрозией.

Урожайность на эродированной почве из-за уменьшения запасов гумуса снижается почти наполовину. Ежегодные его потери составляют в среднем 0,62 т/га. А гумус незаменимое органическое вещество, он является важным критерием при оценке плодородности почвы. Ухудшилось его качество – в нём стало меньше гуматов и больше фульватов.

Утрачено благоприятное структурное состояние почвы. Сократилось количество агрономических ценных агрегатов и, как следствие, увеличилась податливость почвы воздействию ходовых систем и рабочих органов тяжёлой сельскохозяйственной техники. В результате – переуплотнение почвы, низкий коэффициент фильтрации, из-за чего большая часть осадков не впитывается в почву, не формирует условия для получения урожая, а либо испаряется, либо

образует сток.

Можно ли остановить эрозию? Конечно! Это затратное, но осуществимое предприятие, достижимое только комплексом почвозащитных мер, включающим в себя организацию территории, агро-, лесо-, гидро- и лугомелиорацию. В него входят постоянно действующие сооружения: лесные насаждения, залуженные водотоки, водозадерживающие валы и канавы, быстротоки, чего нет в современных системах земледелия.

Необходимо срочно выполнить реализацию комплекса в полном объёме, и в первую очередь по постоянно действующим сооружениям. В их контурах особенно эффективна почвозащитная технология возделывания сельскохозяйственных культур, с применением которой будет неуклонный рост их продуктивности за счёт эффективной трансформации факторов плодородия в урожайность.

Вызывает тревогу отношение к земле её собственников. Уместно вспомнить предостережение К.А. Тимирязева, что «владение землёй не право только или привилегия, а тяжёлая обязанность, грозящая ответственностью перед судом потомства». Не породить бы новую чересполосицу. Ведь до октябрьских событий 1917 года, полоса от полосы отделялась не межою, а вершиной оврага. Таких уродливых явлений нельзя допустить сегодня.

На этом фоне особую важность представляет научное сообщество, занимающимися исследованиями в данном направлении. Насколько оно адекватно отражает текущий процесс. Некачественное или ошибочное отражение (вспомним «лысенковщину») ведёт к развитию опасных тенденций.

В этом деле наука должна выйти на передний край и в соответствии с законами развития биосферы разработать стратегию и тактику экологически безопасного сельского хозяйства. Она должна убедить в неизбежной реализации оптимального соотношения в сельскохозяйственном ландшафте леса, луга, пашни и воды, в необходимости гармонизации землепользования, труда и капитала, как фактора устойчивости земледелия и сельских поселений, как фундамента для высокого качества жизни.

В условиях многоукладности научным коллективам необходимо пересмотреть процесс своей работы. При любом решении проблемы, а тем более такой глобальной, как эрозия, научные разработки должны завершаться в виде проектов. Теперь уже очевидно, что производственный процесс в целом превращается в технологическое применение науки. И до тех пор, пока не будет разработан в деталях соответствующий проект, не может быть реализована научная разработка, представляет ли она целый комплекс или его элемент в виде новой технологии.

Разразившуюся деградацию почвенного покрова можно сейчас поставить в вину главному человеку на земле – агроному. К сожалению, вся его работа сводилась к достижению планируемой урожайности любой ценой. Результаты такой работы не замедлили сказаться в массовом разрушении земель. Это не должно иметь продолжения. Необходимо изменить систему образования с производственными отношениями так, чтобы агроном имел на селе прези-

дентские полномочия. Не меньше! Ведь его деятельность движет «перо поэта и молот кузнеца». Да и без хлеба не прожить, «живи, хоть по-старому, хоть по-новому», а агроном главный творец его. Поэтому всем сельскохозяйственным ВУЗам необходимо иметь кафедры по защите почвы от эрозии, а в аграрных университетах следует открыть специальные факультеты охраны почвы.

Основы охраны почвы должны изучаться и в общеобразовательных школах, профессиональных училищах, и в самой деликатной форме, начиная с детских садов.

Большая необходимость создания общества по защите почвы от эрозии с фондом и счётом. Оно привлекало бы к решению проблемы общественность, специалистов и учёных различного уровня. Поощряло бы оригинальные исследования в области защиты почвы от эрозии, примерные хозяйства, успешно освоившие комплекс почвозащитных мероприятий, содействовало бы созданию сильных научных творческих коллективов по охране почвы, организации подготовки и переподготовки специалистов в этой важной области.

Несомненно, нужна служба охраны почвы, наподобие ГИБДД. Последняя несёт круглосуточное дежурство. Её задача – уберечь от травм и гибели человека. Почему же нет службы слежения за правильным использованием пашни? Ведь эрозия угрожает гибелью не одному человеку, а всему человечеству. Службе охраны почвы недостаточно иметь на вооружении только легковой автомобиль, а нужны дроны, вертолёты и космические аппараты, снабжённые специальной аппаратурой.

Велика здесь роль пропаганды. Вместе с государственной политикой она должна поставить дело так, чтобы научная мысль и её практическое движение проходило сквозь призму защиты почвы от эрозии. Этот принцип может восторжествовать, если газеты из номера в номер, радио и телевидение из передачи в передачу будут оглашать, как военную сводку, идею защиты почвы, всех добрых и недобрых перипетий, разыгравшихся на пашне.

Должно быть выработано нетерпимое общественное мнение к разрушению пашни эрозией, памятуя, что это узел, ключевая проблема, в которой замыкаются все проблемы сельского хозяйства. Не случайно мировая практика и наука определяет, что решение этой проблемы является неотъемлемой часть национальной обороны и обеспечивает тот уровень жизни, к которому стремится народ. Словом, степень развития эрозии, как и уровень борьбы с нею, отражает глубину совести, интеллигентности и образованности нации, государства.

Реформистская деятельность государства должна, прежде всего, быть направленной на повышение производительности пашни, на её сохранение и совершенствование как всеобщего незаменимого средства труда. В этом заключается проблема и сущность рационального использования пашни, её фатального влияния на благополучие общества. Она удовлетворит все наши запросы, если будем использовать её по законам земли, по лучшим законам морали и экономики.

К сожалению, несмотря на высочайшую актуальность, почва России является наименее защищённым компонентом ландшафта. Существуют разного

уровня необходимые нормативные документы, регулирующие использование и охрану недр и водоёмов, животных и растений.

Принятие же федерального закона об охране почвы России из года в год откладывается. И это, несмотря на образцово показательный пример в мировой практике.

В США такой закон принят в 1936 году. При подписании его 1 марта президент Франклин Рузвельт произнёс очень ёмкую и значимую фразу: «Благополучие нации определяется состоянием её почвы!». Сущностью данного закона являются поощрительные платежи фермерам, осуществляющим сохранение почвы в соответствии с правительственной программой. Фермеры передают правительству через местные сельскохозяйственные ассоциации в лизинг земли, предназначенные для посева сельскохозяйственных культур, истощающих почву, а получают взамен соответствующие гранты для охраны почвы от истощения, запустения и эрозии.

Наличие такого закона явилось одним из наиболее значимых факторов, приведшим США к мировому лидерству в экономике и уровне жизни населения. Стоит только надеяться, что разум возобладает у нашего сообщества, а Россия, как цивилизованное государство, наконец-то получит Закон перспективы благополучной жизни на Земле.

УДК 633.16

РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

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

Резюме. *В статье анализируется кустистость, высота растений, длина и ширина каждого листа, и площадь листовой поверхности одного растения ячменя в фазу середины кущения (Z 25) сорта Прометей в зависимости от нормы высева и внесения минеральных удобрений в полевом стационарном опыте «Курского ФАНЦ».*
Ключевые слова: *яровой ячмень, кустистость, высота растений, площадь листовой поверхности, норма высева, минеральные удобрения.*
Summary. *The article analyzes the bushiness, plant height, length and width of each leaf and the leaf surface area of one barley plant in the mid-tillering phase (Z 25) of the Prometheus variety, depending on the seeding rate and the application of mineral fertilizers in the field stationary experiment of the Kursk FANZ.*
Key words: *spring barley, bushiness, plant height, leaf surface area, seeding rate, mineral fertilizers.*

Урожайность сельскохозяйственных культур формируется за счет фотосинтетической деятельности растений [1, 2]. Листовому аппарату и его ассимиляционной площади принадлежит большая задача – сформировать в течение вегетации растений главный генеративный орган – колос, наполненный полноценным зерном [3]. Число и размер листьев, длительность их функционирования, величина чистой продуктивности фотосинтеза

напрямую оказывают влияние на размер накопления сухого вещества. Биологические, природные и агротехнические факторы изменяют продуктивность ярового ячменя, воздействуя в первую очередь именно на эти показатели фотосинтеза [4, 5].

Цель исследований – изучить различия в развитии ярового ячменя в зависимости от нормы высева и внесения удобрений в условиях ЦЧЗ.

Исследования проводились в 2022 году в полевом стационарном опыте по изучению эффективности основных приемов и способов (нормы посева, уровни удобренности) возделывания сельскохозяйственных культур в условиях черноземных почв. Севооборот со следующим чередованием культур: 1. Чистый пар, занятой пар; 2. Озимая пшеница; 3. Соя; 4. Яровой ячмень. Схема севооборота развернута во времени и в пространстве. Повторность в опыте – трехкратная. Посевная площадь делянки – 119 м^2. 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. 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.

Фазы развития ячменя определялись по Международной классификации (по Задоксу). Исследования проводили в фазу середины кущения (Z 25). Определяли: кустистость, высоту растений, длину и ширину каждого листа, и площадь листовой поверхности одного растения ячменя.

Математический анализ данных проводился с помощью программы Microsoft Office Excel.

Кустистость ярового ячменя изменялась от 2,3 до 4,17 штук (табл. 1). При увеличении нормы высева показатель достоверно снижался на всех вариантах опыта ($НСР_{05}$ 0,18). На контрольных вариантах кустистость в среднем составила 3,12 штук, что на 0,52 штуки или на 16,7 % ниже, чем на вариантах с внесением минеральных удобрений (3,64 шт.). В результате проведения корреляционного анализа выяснено, что кустистость имеет обратную заметную связь с нормой высева семян (r= –0,60) и прямую высокую с дозой внесения минеральных удобрений (r = 0,75) (табл. 2).

Высота растений ярового ячменя Прометей в фазу середина кущения варьировала от 32,1 до 47,8 см. Наибольшее влияние на этот показатель оказало внесение минеральных удобрений, что подтверждается высокой прямой корреляционной связью (r = 0,88). Средняя высота растений на контрольных вариантах в опыте составила 36,0 см, а на удобренных вариантах 44,8 см. Таким образом, на удобренных вариантах высота растений в среднем была выше на 8,9 см или на 24,7 %, что является существенной прибавкой.

Таблица 1 – Развитие ярового ячменя в зависимости от нормы высева и внесения удобрений

Вариант		Кустистость, шт.	Высота растений, см	Лист 1		Лист 2		Лист 3		Лист 4		Площадь листовой поверхности 1 растения, см^2
Норма высева, млн. шт. /га	Доза внесения удобрений, кг д.в.			длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	
3	Контроль	3,50	32,1	21,3	0,5	21,2	0,7	18,2	0,9	6,2	0,3	30,1
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,17	44,6	23,9	0,6	25,2	0,7	21,2	0,8	8,6	0,3	36,5
4	Контроль	3,00	40,0	24,1	0,5	23,8	0,6	21,3	1,0	10,9	0,3	35,8
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,83	42,8	25,1	0,5	26,3	0,7	22,0	0,8	8,8	0,4	38,0
5	Контроль	3,00	35,9	21,6	0,6	20,9	0,8	16,7	0,9	8,1	0,4	33,4
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,92	47,8	28,2	0,6	28,2	0,8	21,2	0,9	10,4	0,4	43,4
6	Контроль	2,30	35,9	20,7	0,5	22,9	0,6	20,3	0,8	9,1	0,3	30,5
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,30	44,3	24,9	0,7	24,4	1,0	19,2	1,0	8,2	0,4	44,6
Среднее контроль		**3,12**	**36,0**	**21,9**	**0,5**	**22,2**	**0,7**	**19,1**	**0,9**	**8,6**	**0,3**	**32,5**
среднее удобр		**3,64**	**44,8**	**25,5**	**0,6**	**26,1**	**0,8**	**20,9**	**0,9**	**9,0**	**0,4**	**40,6**
+/- контр	**+/-**	**0,52**	**8,9**	**3,6**	**0,1**	**3,9**	**0,1**	**1,8**	**0,0**	**0,4**	**-0,1**	**8,1**
удобр	**%**	**16,7**	**24,7**	**16,6**	**17,1**	**17,3**	**14,8**	**9,3**	**0**	**5,0**	**9,1**	**25,1**

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции между сопряженными данными

Показатель	Кустистость, шт.	Высота растений, см	Лист 1		Лист 2		Лист 3		Лист 4		Площадь листовой поверхности растения, см^2
			длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	длина, см	ширина, см	
Норма высева	-0,60	0,13	0,04	0,51	0,05	0,38	-0,17	0,23	0,26	0,62	0,32
Доза внесения удобрений	0,75	0,88	0,78	0,64	0,82	0,53	0,52	0,07	0,16	0,38	0,81
Кустистость	1,00	1,00	0,64	0,25	0,60	0,26	0,36	0,02	-0,07	-0,07	0,47
Высота растения в фазу середины кущения	0,60	1,00	0,91	0,63	0,91	0,37	0,63	0,22	0,57	0,51	0,89
Длина 1 листа	0,64	0,91	1,00	0,51	0,91	0,33	0,58	0,38	0,56	0,33	0,88
Ширина 1 листа	0,25	0,63	0,51	1,00	0,34	0,92	-0,13	0,57	0,06	0,77	0,83
Длина 2 листа	0,60	0,91	0,91	0,34	1,00	0,12	0,80	-0,01	0,59	0,22	0,75
Ширина 2 листа	0,26	0,37	0,33	0,92	0,12	1,00	-0,36	0,59	-0,30	0,60	0,68
Длина 3 листа	0,36	0,63	0,58	-0,13	0,80	-0,36	1,00	-0,29	0,64	-0,08	0,35
Ширина 3 листа	0,02	0,22	0,38	0,57	-0,01	0,59	-0,29	1,00	0,16	0,49	0,57
Длина 4 листа	-0,07	0,57	0,56	0,06	0,59	-0,30	0,64	0,16	1,00	0,35	0,41
Ширина 4 листа	-0,07	0,51	0,33	0,77	0,22	0,60	-0,08	0,49	0,35	1,00	0,62
Площадь листовой поверхности 1 растения в фазу середины кущения	0,47	0,89	0,88	0,83	0,75	0,68	0,35	0,57	0,41	0,62	1,00
Вес снопа	0,51	0,82	0,72	0,77	0,73	0,69	0,38	0,23	0,15	0,57	0,87
Кол-во стеблей в снопе	-0,06	0,39	0,38	0,80	0,14	0,77	-0,24	0,78	0,17	0,88	0,69
Кол-во колосков в снопе	-0,14	0,36	0,29	0,86	0,14	0,85	-0,21	0,71	0,02	0,77	0,68
Высота растения в полной спелости	0,24	0,46	0,51	-0,05	0,66	-0,10	0,81	-0,06	0,38	-0,01	0,39
Длина колоса	0,53	-0,27	-0,25	-0,24	-0,18	0,04	-0,15	-0,41	-0,80	-0,56	-0,33
Ширина колоса	0,66	0,33	0,24	0,07	0,38	0,18	0,37	-0,29	-0,27	0,03	0,20
Кол- во зерен в колосе	0,78	0,16	0,15	-0,28	0,27	-0,17	0,34	-0,44	-0,29	-0,38	-0,09
Вес зерна с 1 растения	0,81	0,25	0,23	-0,22	0,38	-0,13	0,44	-0,48	-0,25	-0,38	0,00
Урожайность	0,57	0,94	0,77	0,57	0,88	0,36	0,70	0,01	0,43	0,47	0,80

Рассматривая изменение высоты растений в зависимости от нормы высева, можно отметить, что наиболее высокие растения на контрольном варианте отмечались при норме высева 4 миллиона штук на гектар (40,0 см), а на удобренном варианте – при 5 млн. шт. /га (47,8 см). При увеличении нормы высева, высота растений ячменя увеличивается до определенной степени, а потом снижается. Это обусловлено возрастанием конкурентоспособности растений.

В период исследований (фаза середина кущения (Z 25)) на растениях во всех вариантах опыта было по 4 листа. Измерения каждого листа проводили по его длине и ширине для дальнейшего расчета площади листовой поверхности.

Наибольшей длиной отмечались первый и второй лист. Они изменялись от 20,7 до 28,2 см. Растения с максимальной длиной первого и второго листа отмечались на удобренном варианте с нормой высева 5 млн. шт. /га. (28,2 см).

На длину этих двух листьев, по корреляционному анализу значительно влияло внесение минеральных удобрений (r = 0,78-0,81). По полученным данным длина листьев на удобренных вариантах увеличивалась на 17 % по сравнению с контрольными. Эффективность удобрений на длину третьего листа несколько снижалась и характеризовалась заметной теснотой связи (r = 0,52). По сравнению с длиной первого и второго листьев длина третьего листа в среднем по всем вариантам опыта была ниже на 4,6 и 5,0 см соответственно. Длина четвертого листа была наименьшей и изменялась от 6,2 до 10,9 см. Воздействие изучаемых факторов на нее было слабым, так как лист полностью не был сформирован. Ширина всех листьев значительно не изменялась.

Площадь листовой поверхности растений является показателем фотосинтетической активности. В проведенном опыте площадь листовой поверхности изменялась от 30,1 до 44,6 $см^2$. Под действием внесения минеральных удобрений в зависимости от нормы высева она увеличивалась на 2,2-14,0 $см^2$, если не учитывать нормы высева, то прибавка составила 25,1 %. Зависимости изменения данного показателя от нормы высева не было обнаружено.

В научной литературе можно встретить исследования по вопросам связи площади листовой поверхности и длины листьев с урожайностью культуры, но какие именно показатели структуры урожая ответственны за это, изучалось крайне редко.

Анализируя полученные данные в опыте, выяснено, что кустистость имеет прямую высокую связь с количеством зерен в колосе (r = 0,78) и весом зерна с одного растения (r = 0,81). Высота растений в фазу середины кущения имеет прямую высокую связь с площадью листовой поверхности одного растения в фазу середины кущения (r = 0,89), весом снопа (r = 0,82) и в итоге, весьма высокую связь с урожайностью (r = 0,94). Длина первого и второго листа в фазу середины кущения имели высокую прямую связь с весом снопа и урожайностью культуры. Ширина первого листа имела прямую высокую

связь с площадью листовой поверхности (r = 0,83) и весом снопа (r = 0,77). Кроме этого, ширина всех листьев имеет высокую прямую связь с количеством стеблей в снопе (r = 0,77-0,88) и количеством колосков в снопе (r = 0,71-0,86). Площадь листовой поверхности имела прямую высокую корреляционную связь с весом снопа (r = 0,87) и урожайностью (r = 0,80).

Таким образом, выяснено, что высота растений, длина листьев и площадь листовой поверхности напрямую воздействуют на урожайность ячменя.

Библиографический список

1. Бегишев, А.Н. Работа листьев разных сельскохозяйственных растений в полевых условиях, Тр. Ин-та физиологии растений им. К.А. Тимирязева АНСССР. – 1983. – Т. 8, вып. 1. – С. 229-263.
2. Долгополова, Н.В. Рост и развитие яровой пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 9. – С. 60-67.
3. Митрохина, О.А. Влияние различных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур на территории Курской области // В сборнике: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. / Сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МЩЩ «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск, 2021. – С. 277-281.
4. Соловиченко, В.Д. Влияние основных элементов системы земледелия на продуктивность ячменя в зернопропашном севообороте юго-западной части ЦЧЗ / Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., Ступаков А.Г. // Аграрная наука. – 2019. – № 10. – С. 59-61.
5. Караулова, Л.Н. Оценка урожайности ячменя по метеорологической информации на разных агрофонах // В сборнике: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия / Сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск, 2021. – С. 178-182.

УДК 631.461.3:631.445.4

НИТРИФИКАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Двойных В.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *viktoria.dvoinyh@yandex.ru*

Резюме. *В статье представлены исследования по изучению нитрификационной активности почв пахотных угодий по методу Кравкова в склоновом агроландшафте на полигоне с куполообразной формой рельефа (Курская область, Медвенский район).*
Ключевые слова: *нитрификационная способность почв, азот, температура почвы, плодородие, микроорганизмы.*
Summry. *The article presents research on the study of nitrification activity of arable soils by the Kravkov method in a sloping agricultural landscape at a landfill with a domed relief shape (Kursk region, Medvensky district).*
Key words: *nitrification capacity of soils, azote, soil temperature, fertility, microorganisms.*

Почти весь азот почвы находится в форме органических веществ (перегной, бактерии, корни и пожнивные остатки растений). На долю же мине-

рального азота почвы приходится не более 1-3 % от общего его количества. Наряду с поступлением в почву окисленного или связанного в виде аммиака азота с осадками, удобрениями и фиксированного микробами, при определенных условиях в почве идет минерализация органических азотсодержащих соединений. Только с помощью микроорганизмов происходит переход азота из органических соединений в минеральный азот.

Аккумуляция азота в почве является характерным признаком почвообразования, а валовые запасы этого макроэлемента определяют потенциальное плодородие. Одним из основных факторов для создания высоких урожаев сельскохозяйственных культур является наличие в почве необходимого количества усвояемых форм азота. Учеными разработано множество способов определения запасов подвижных форм азотистых веществ в почвах, рекомендованных для целей почвенной диагностики и расчета доз минеральных удобрений. Однако по разным причинам они не получили широкого распространения для производственных целей. Наиболее востребованным в научных исследованиях является определение нитрификационной способности почв. Этот показатель азотного состояния почв относится к разряду нормируемых при оценке плодородия почв [1].

Активность протекания нитрификации отражает экобиологическое состояние почвы. Высокая нитрифицирующая активность характерна для окультуренных почв, в которых достаточное содержание азота, хорошая аэрация, реакция среды близка к нейтральной. Эти условия благоприятны для роста большинства растений, и поэтому интенсивность нитрификации указывает на хорошую окультуренность почвы [2, 3]. Вместе с тем активное протекание нитрификации в почвах крайне нежелательно, так как ведет к потерям азота в форме газообразных соединений, нитратов, вымывающихся из почвы в грунтовые воды и к повышению содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции [4].

Метод определения нитрификационной (нитрифицирующей) способности почв, который был использован при проведении исследования, основан на определении нитратов, накапливающихся в почве в результате разложения азотсодержащих органических соединений при компостировании почвы с соблюдением аэрации и оптимальных условий температуры и влажности. Почву, высушенную до воздушно-сухого состояния, пропущенную через сито, помещали в плоскодонную колбу емкостью 100 мл., увлажняли дистиллированной водой из расчета 60 % капиллярной влагоемкости. Колбу выдерживали 7 дней в термостате при температуре 26-28°. В течение этого периода дважды проверяли общий вес колбы. При уменьшении веса добавляли воду до восстановления первоначального. По истечении указанного срока в почве определяли содержание нитратов. Для этого в колбу добавляли 0,05%-ный раствор K_2SO_4, чтобы общий объем жидкости составлял 100 мл. В вытяжках определяли нитраты колориметрическим методом с дисульфофеноловой кислотой. Разница в содержании $N\text{-}NO_3$ характеризует интенсивность нитрификационного процесса. Метод дает хорошо воспроизводимые результаты. Бла-

годаря своей простоте может быть использован при массовых анализах нитрификационной способности почв. Однако, короткий срок компостирования почвы, предусмотренный методом, не позволяет с его помощью установить общую способность почв к накоплению нитратов. Если в этом возникает необходимость, следует удлинить срок компостирования почвы в тех же условиях. При определении нитрификационной способности почв более надежные результаты получают, когда используют для анализа почвы, не подвергавшиеся высушиванию образцы. Нитрификационная способность почв, доведенных до воздушно-сухого состояния, почти во всех случаях выше, чем при определении в сырых образцах.

Диапазон значений нитрификационной способности в 2019 году на исследованном полигоне составил от 10,2 до 83,8 мг $N\text{-}NO_3$/кг почвы. Причиной этого является комплекс факторов, связанных как с ландшафтной характеристикой земель, температурой почвы, так и с сельскохозяйственным использованием данных почв. Установлена достоверная корреляционная связь нитрификационной способности почв с прогреваемостью их. Так, при температуре почвы от 10 до 30 °С скорость процессов нитрификации резко увеличивается. Дальнейшее повышение температуры почвы до 35 градусов отмечается резким снижением процесса нитрификации, поскольку нитрифицирующие бактерии не могут выносить высокие температуры. Погодные условия являются одним из главных факторов формирования нитрификационной активности почвы. Выявлена тесная корреляционная связь нитрификационной способности почв с экспозицией склонов. Наибольшее количество $N\text{-}NO_3$ (18,5±) накапливалось в почве на юго-западном склоне. Нитрификационная способность почв, при этом, в большей мере была связана с кислотностью почв, которая тесно связана с прогреваемостью (r = 0,57) (Рис. 1, 2).

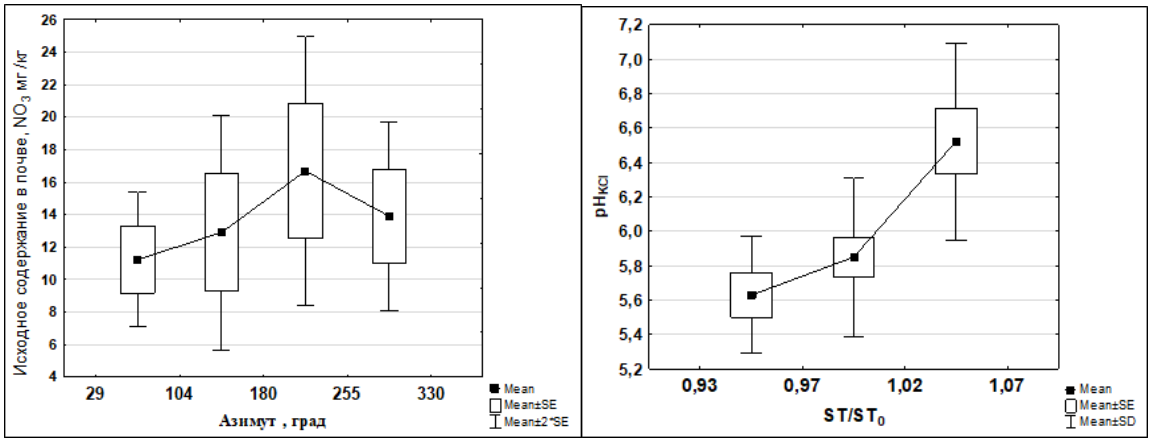


Рисунок 1 – Нитрификационная способность почвы в сгруппированных данных по экспозициям и теплообеспеченности склонов.

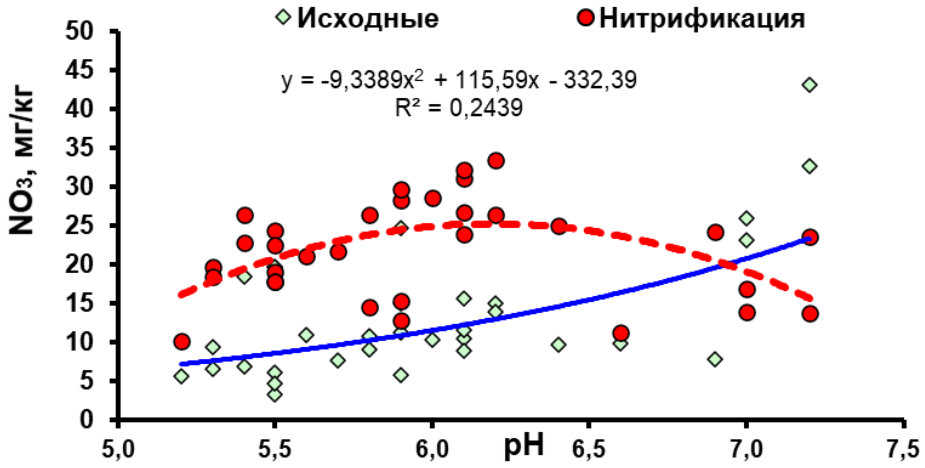


Рисунок 2 – Нитрификационная способность почв в 2021 г.

Максимальному уровню нитрификационной способности соответствовало значение pH $_{KCL}$ – 6.2ед. Установлено, что между pH солевой вытяжки и нитрификационной способностью наблюдается корреляционная связь средней тесноты.

В условиях интенсификации сельского хозяйства мощным фактором, оказывающим влияние на азотный режим пахотных почв, являются минеральные и органические удобрения. Минеральные удобрения оказывают благоприятное действие на нитрификационную активность почвы, увеличивая содержание макроэлементов, которые в свою очередь необходимы для роста и развития сельскохозяйственных культур, а также положительно влияют на плодородие почв. Недостаток влаги негативно сказывается на процессе нитрификации. Микроорганизмы, как и все живое не могут без воды. При температуре почвы от 10 до 30 градусов скорость нитрификации резко возрастает. Повышение температуры почвы выше 35 градусов резко снижает процесс нитрификации, поскольку бактерии не могут выносить высокие температуры. Таким образом, продолжительность нитрификации зависело не только от расположения на склоне, но и температурный фактор оказал влияние на нитрификационную способность.

Библиографический список

1. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 44 с.
2. Вяль Ю.А. Оценка биологической активности почв городских ландшафтов (на примере г. Заречный) / Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Естественные науки. – 2009. – № 14 (18). – С. 7-10.
3. Пищухина Е.Ю. Нитрифицирующая активность почв социально-значимых объектов города астрахань/ Е.Ю Пищухина, М.Н. Воробьева // Научная артель. – 2016. – № 1-2. – С. 14-16.
4. Звягинцев Д.Г. Роль микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв [Текст] / Д.Г. Звягинцев, Г.Г. Добровольская, Н.П. Бабьева и др. // Почвоведение. – 1992. – № 6. – С. 63-77.

УДК 631.461

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОД ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Морозов А.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия
E-mail: *kurskfarc@mail.ru*

Резюме. *Установлено, что снижение глубины основной обработки при возделывании ячменя способствует повышению биологической активности почвы в среднем по пахотному слою на 6,11-8,28 %. По мере усиления минимизации обработки почвы содержание микробной биомассы в среднем по пахотному слою (0-20 см) увеличивается с максимальным значением при прямом посеве.*
Ключевые слова: *целлюлозоразлагающая активность, основная обработка почвы, микробная биомасса, влажность.*
Summary. *It was found that a decrease in the depth of the main processing during the cultivation of barley contributes to an increase in the biological activity of the soil on average in the arable layer by 6.11-8.28%. As the minimization of tillage increases, the content of microbial biomass in the average arable layer (0-20 cm) increases with the maximum value during direct sowing.*
Key words: *cellulose-decomposing activity, basic tillage, microbial biomass, humidity.*

Введение. В настоящее время перед сельскохозяйственным производством остро стоит вопрос рационального использования материальных и природных ресурсов. Для этого необходима разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, и в частности ярового ячменя. Одним из самых энергозатратных элементов агротехнологий является обработка почвы [1]. Также, при механическом воздействии на почву почвообрабатывающими орудиями на различную глубину, изменяются ее физико-химические свойства [2]. Механическая обработка почвы влияет на ее биологическую активность, за счет воздействия на водно-воздушный режим почвы и как следствие, изменения микробиологической активности населяющей почву биоты [3].

Ряд исследователей наблюдают повышение биологической активности почвы при замене отвальной вспашки прямым посевом [4]. Так, вспашка, по сравнению с прямым посевом, приводит к увеличению численности аэробных аммонификаторов и целлюлолитиков, превращающих азот и углерод в доступную для растений форму. Минимизация обработки почвы, по сравнению со вспашкой, повышает активность анаэробных целлюлолитиков. При применении технологии прямого посева, наблюдается максимальная численность азотфиксаторов, развивающихся как в аэробных, так и в анаэробных условиях [5]. Имеются данные, что применение технологии No-till приводит к увеличению уреазной активности, как показателя самоочищающей способности почвы от загрязнения; повышению активности фосфатаз, инвертазы и дегидрогеназы, что свидетельствует об интенсивной деятельности микроорганизмов [6].

Такие особенности протекания микробиологических процессов необходимо учитывать, при выборе способа основной обработки почвы в технологи-

ях возделывания ярового ячменя.

Цель исследований – определить влияние способов основной обработки почвы на биологическую активность под посевами ярового ячменя в условиях Курской области на черноземе типичном.

Условия материалы и методы. Исследования проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2022 гг. в четырехпольном севообороте. Севооборот развёрнут в пространстве всеми четырьмя полями, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование 8-10 см + чизель 20-22 см); поверхностная обработка (дискование) до 8 см; прямой посев (No-till). Вариант No-till осуществлялся без какой-либо обработки почвы, сеялкой прямого посева Дон 114. Приемы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта.

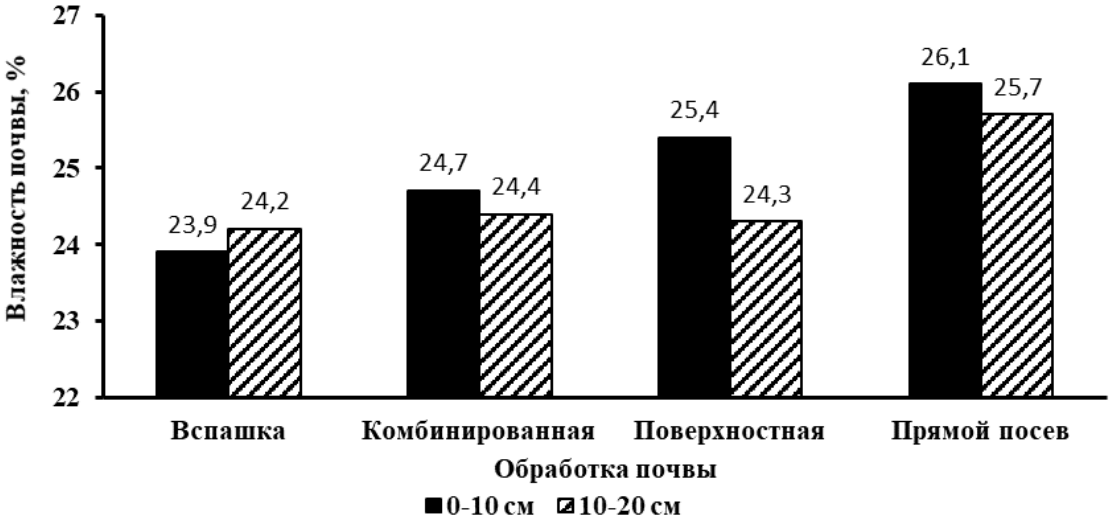
Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м^2 (60×100), повторность трехкратная.

Исследования проведены во второй ротации севооборота на яровом ячмене. Технология возделывания ячменя общепринятая для региона и не различалась за исключением основной обработки почвы. Сорт ярового ячменя – Суздалец. Почва опытного участка - чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый.

Биологическая активность почвы была определена по степени разложения целлюлозы (льняное полотно), намеченный срок экспозиции – 30 дней [7]. Содержание углерода микробной биомассы проводилось в свежих почвенных образцах регидратационным методом [8]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel, Statistica, методами дисперсионного и регрессионного анализов.

Результаты и обсуждение. Одним из важнейших факторов определяющих интенсивность биологических процессов в почве является наличие влаги. При дефиците воды активность микроорганизмов значительно снижается [9].

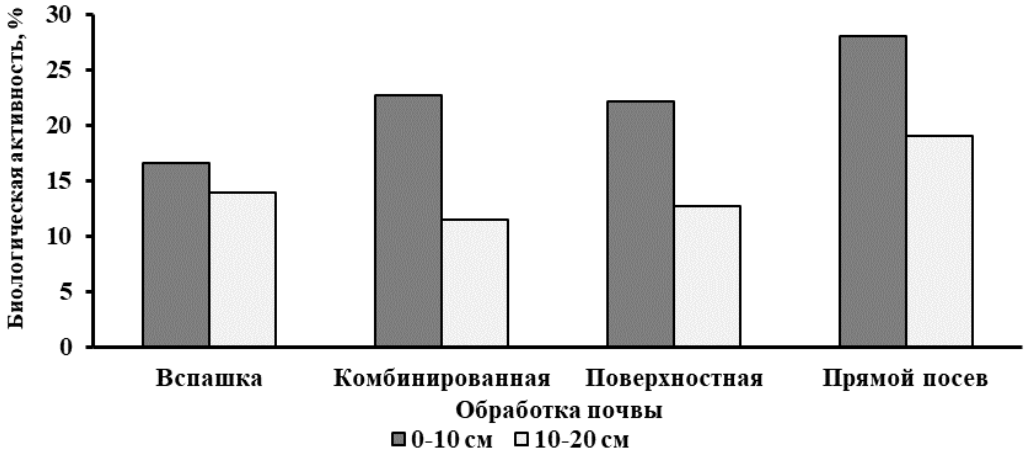
В среднем за три года, наиболее высокая влажность почвы в посевах ярового ячменя в слое 0-10 см отмечается при прямом посеве (рис. 1). Так, при использовании прямого посева влажность почвы была выше на 2,2 %, чем при вспашке, на 1,4 % – чем при комбинированной обработке, на 0,7 % – чем при поверхностной обработке. В слое 10-20 см при вспашке и комбинированной обработке влажность почвы практически не различалась, как между обработками, так и между почвенными слоями (разница составляла 0,3 %). При переходе на поверхностную обработку и прямой посев отмечается снижение влажности почвы в слое 10-20 см относительно слоя 0-10 см на 0,4-1,1 %. В среднем по пахотному слою (0-20 см) при прямом посеве влажность почвы была выше, чем при других изучаемых способах основной обработки на 1,3-1,8 %.



$НСР_{05}$: обработка почвы – 0,72; слой почвы – 0,51

Рисунок 1 – Влияние способов обработки почвы на влажность почвы

Биологическая активность почвы по степени разложения целлюлозы в посевах ячменя в среднем за три года в слое 0-10 см была наименьшей при вспашке (16,56 %) (рис. 2). При переходе от вспашки на комбинированную обработку биологическая активность увеличивалась на 6,15 %, поверхностную обработку – на 5,55 %, прямой посев – 11,41 %.



$НСР_{05}$: обработка почвы – 5,36; слой почвы – 4,91

Рисунок 2 – Влияние способов обработки почвы на целлюлозоразлагающую активность чернозема типичного

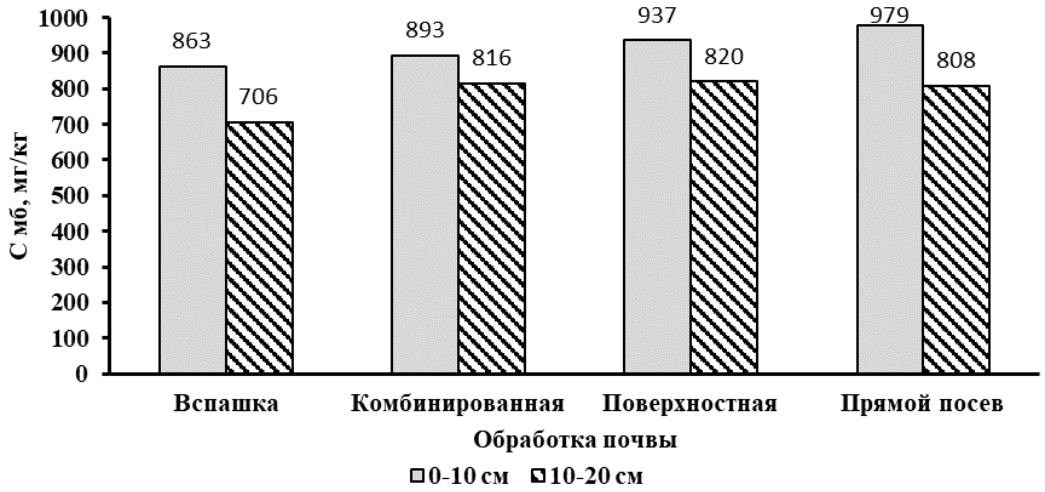
В нижележащем слое (10-20 см) наблюдается снижение целлюлозоразлагающей активности по сравнению с верхним слоем (0-10 см). Причем на вспашке разница была несущественной (–2,66 %), а наиболее высокое снижение отмечается при комбинированной обработке (–11,18 %).

В слое 10-20 см биологическая активность почвы была самой высокой при прямом посеве (19,04 %), а наименьшей при комбинированной обработке (11,53 %).

Одним из важнейших компонентов почвы является микробная биомасса. Почвенные микроорганизмы служат емким резервуаром элементов минерального питания, а при недостатке свежего органического вещества в почве

удовлетворяют потребность в углероде путем разложения гумуса, непосредственно на почвенное плодородие [10].

Исследования содержания микробной биомассы в почве показали, что ее содержание (по С) в слое почвы 0-10 см было выше, чем в слое 10-20 см по всем изучаемым способам основной обработки (рис. 3) на 77-171 мг/кг. Причем наименьшая разница установлена при комбинированной обработке, а наибольшая при прямом посеве. Наиболее высокое содержание микробной биомассы в слое 0-10 см отмечается при поверхностной обработке почвы и прямом посеве. Очевидно, это связано с тем, что на данных вариантах основная часть растительных остатков, являющаяся питательной средой для микроорганизмов, сосредоточена в верхней части почвы.



$НСР_{05}$: обработка почвы – 75,3; слой почвы – 57,4

Рисунок 3 – Влияние способов обработки почвы на содержание микробной биомассы в черноземе типичном

В слое 10-20 см по содержанию микробной биомассы комбинированная, поверхностная обработки и прямой посев существенно не различались, а при вспашке произошло ее снижение на 102-114 мг/кг, относительно этих способов основной обработки.

Проведенный корреляционный анализ показал высокую степень связи целлюлозоразлагающей активности с влажностью почвы ($r = 0,78$ $\alpha = 0,05$), а также с количеством микробной биомассы ($r = 0,81$ $\alpha = 0,05$). Между влажностью почвы и содержанием микробной биомассы выявлена заметная корреляционная связь ($r = 0,59$ $\alpha = 0,05$).

Заключение. Прямой посев повышает влажность почвы в пахотном слое (0-20 см) на 1,3-1,8 %, по сравнению со вспашкой, комбинированной и поверхностной обработками. Минимизация способов основной обработки при возделывании ярового ячменя способствует увеличению биологической активности почвы (по степени разложения целлюлозы). В слое почвы 0-10 см биологическая активность почвы выше, чем в слое 10-20 см независимо от способа обработки. Содержание микробной биомассы в среднем по пахотному слою (0-20 см) увеличивается по мере усиления минимизации обработки почвы, с максимальным значением при прямом посеве.

Библиографический список

1. Воронов С.И., Зволинский В.П., Плескачев Ю.Н., Матвеева Н.И., Грабов Р.С. Роль приёмов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Земледелие. – 2020. – №2. – С. 24-26.
2. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Валовое содержание элементов питания в темно-серой лесной почве при различных системах основной обработки почвы // Земледелие. – 2022. – №3. – С. 23-27.
3. Sasse J., Martinoia E., Northen T. Feed your friends: do plant exudates shape the root microbiome? // Trends Plant Sci. – 2018. – Vol. – 23(1). – P. 25-41.
4. Ефремова Е.Н., Тютюма Н.В., Зенина Е.А. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло-каштановой почвы // Масличные культуры. – 2018. – № 4. – С. 107-111.
5. Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Семенов М.В. и др. Сравнительная оценка влияния нулевой и традиционной обработки на биологическую активность агрочерноземов Ставропольского края // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2019. – № 100. – С. 159-189.
6. Ильбулова Г.А., Суюндуков Я.Т., Сафин Х. М. и др. Оценка ферментативной активности почв Зауралья Республики Башкортостан при различных системах обработки почв // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2021. – № 2. – С. 10-15.
7. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. и др. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. – 424 с.
8. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 64-71.
9. Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н. и др. Влияние ресурсосберегающей технологии No-till на агрофизические и биологические свойства чернозема обыкновенного Башкирского Зауралья // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – №4. – С. 66-71.
10. Dou S., Shan J., Song X., Cao R., Wu M., Li Ch., Guan S. Are humic substances soil microbial residues or unique synthesized compounds? A perspective on their distinctiveness // Pedosphere. – 2020. – Vol. 30(2). – P. 159-167.

УДК 631.434:631.51.01

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

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

Резюме. *Изучено влияние способов обработки почвы на структурное состояние чернозема типичного. Различия структурного состояния в слоях 0-10 см и 10-20 см показаны с помощью кластерного анализа и метода главных компонентов. Установлено, что первая и вторая главные компоненты описывают большую (>80%) часть вариации рассматриваемых характеристик объектов.*

Ключевые слова: *чернозем типичный, вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, структурно-агрегатный состав.*

Summary. *The influence of tillage methods on the structural state of typical chernozem has been studied. The differences in the structural state in layers 0-10 cm and 10-20 cm are shown using cluster analysis and the method of principal components. It is established that the first and second main components describe a large (>80%) part of the variation of the considered characteristics of objects.*

Key words: *typical chernozem, plowing, combined processing, surface treatment, direct sowing, structural and aggregate composition.*

Введение. В современных условиях развития земледелия большое внимание уделяется ресурсосберегающим технологиям, в основе которых лежит минимизация способов основной обработки почвы. Применение минимизации обработки почвы неоднозначно влияет на показатели почвенного плодородия. Так, в ряде случаев отмечается улучшение агрофизических и агрохимических свойств почвы [1, 2], но вместе с этим применение, как безотвальных обработок, так и технологии прямого посева способствует снижению эффективности удобрений, ухудшению условий питания растений, снижению нитрифицирующей способности, повышению засоренности и т.д. [3, 4]. Обработка почвы оказывает непосредственное влияние на агрофизические свойства, а именно на структурное состояние [5]. Особое место при изучении агрофизических показателей отводится структурному состоянию почвы и методам ее оценки.

Целью работы являлось изучение структурного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы с использованием метода главных компонентов и кластерного анализа.

Объекты и методы. Исследования были проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки, 51°37′46″ N; 36°15′40″ E) в четырехпольном севообороте в 2020-2022 гг. (в работе приведены средние данные за 3 года).

Севооборот развернут в пространстве и во времени четырьмя полями, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень. Варианты обработки почвы: вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование 8-10 см + чизель 20-22 см); поверхностная обработка (дискование) до 8 см; прямой посев. Прямой посев осуществлялся без какой-либо обработки почвы, сеялкой прямого посева Дон 114. Способы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта. Размещение вариантов в полевом опыте было систематическим в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м^2 (60×100), повторность трехкратная. В 2020 г. начата вторая ротация севооборота.

Изучалось структурное состояние чернозема типичного под посевами ярового ячменя. Ячмень (сорт Суздалец) возделывался по общепринятой для региона технологии и по вариантам не различался, за исключением способов основной обработки почвы. При этом особое внимание уделялось технологии прямого посева, так же было учтено, что данная технология начинает действовать не ранее 4-го года систематического применения [6].

Объектом исследования являлся чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый (Haplic Chernozems). В пахотном слое содержание гумуса составляет 5,1 %, щелочногидролизуемого азота – 15,4 мг/100г почвы, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 20,1 и 13,1 мг/100г почвы, соответственно.

Реакция почвенной среды – слабокислая (pH_{Kcl} 5,4).

Для изучения структурно-агрегатного состава чернозема типичного на всех вариантах опыта из каждой повторности (3-х кратная повторность варианта) были отобраны образцы ненарушенного сложения почвы размером 25×25×10 см из слоев 0-10 см и 10-20 см в 3-х кратной повторности, что обусловлено различной глубиной обработки почвы. Отбор образцов проводился в период уборкиярового ячменя. Структурно-агрегатный состав проведен по методу Н.И. Саввинова – сухое и мокрое просеивание [7]. Полученные результаты были обработаны с использованием метода главных компонентов и кластерного анализа. Кластерный анализ проводился на основании анализа эвклидовых расстояний между исследуемыми вариантами. Для построения дендрограмм сходства для смесей и для метода главных компонентов использовали программы Statistica [8].

Результаты и их обсуждение. Распределение воздушно-сухих структурных отдельностей чернозема типичного при различных способах обработки почвы представлено на рисунке 1.

В целом можно отметить преобладание фракций >10 мм (30,63±1,10 %) и наименьшее количество структурных отдельностей <1 мм (6,86±0,63%). Такое распределение агрегатов характерно для данного типа пахотной почвы. Вместе с этим количество агрегатов агрономически-ценного диапазона было наибольшим при прямом посеве и составляло 67 %.

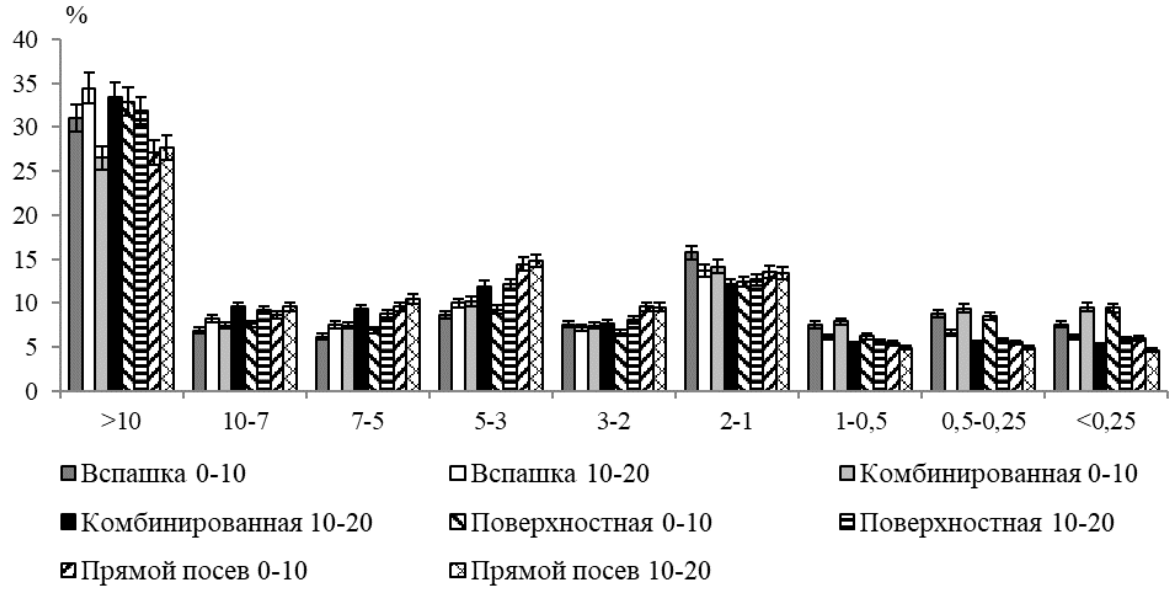


Рисунок 1 – Содержание воздушно-сухих агрегатов чернозема типичного при различных способах обработки почвы

Результаты кластеризации чернозема типичного при различных способах обработки почвы методом кластерного анализа согласно распределению в них воздушно-сухих агрегатов приведены на дендограмме (рисунок 2). По итогам кластеризации анализа результатов сухого просеивания наименьшее расстояние в слое 0-10 см (рис. 2а) наблюдается между вспашкой и поверхностной обработкой (4,68), наибольшее – между вспашкой и прямым посевом (9,52).

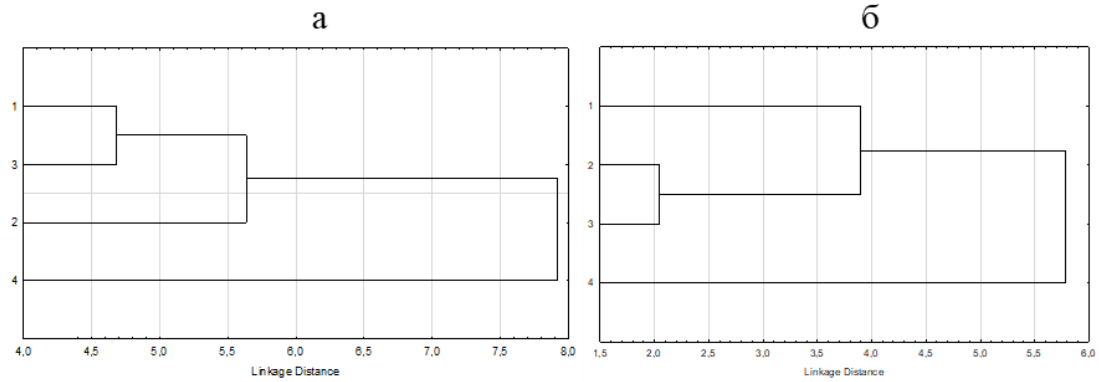


Рисунок 2 – Дендрограмма иерархической группировки чернозема типичного при различных способах обработки почвы по результатам кластерного анализа результатов сухого просеивания: а – слой 0-10 см, б – слой 10-20 см. Обозначения цифрами: 1 – вспашка; 2 – комбинированная обработка; 3 – поверхностная обработка; 4 – прямой посев

В слое 10-20 см (рис. 2б) наименьшее расстояние установлено между комбинированной и поверхностной обработками (2,05) почвы, а максимальное – между вспашкой и прямым посевом (9,53).

При этом независимо от изучаемого слоя почвы наибольшие отличия были выявлены между вспашкой и прямым посевом. По уровню сходства способы обработки почвы образовали следующий ряд: в слое 0-10 см – вспашка → поверхностная обработка → комбинированная обработка → прямой посев, а в слое 10-20 см: вспашка → комбинированная обработка → поверхностная обработка → прямой посев.

Распределение изучаемых объектов в координатах первых двух главных компонент (ГК) приведено на рисунке 3. Первая и вторая главные компоненты (ГК1 и ГК2) описывают большую (>80%) часть вариации рассматриваемых характеристик объектов. При этом на первую главную компоненту в зависимости от изучаемого слоя приходится от 68,13 до 80,18 %, а на вторую главную компоненту от 20,34 до 17,58%. Учитывая относительно невысокий вклад третьей компоненты, к которой можно отнести ошибки определения, в данном анализе мы ее не рассматривали.

По главной компоненте 1 (на рис. 3 вдоль оси X) независимо от изучаемого слоя можно различить два крайних варианта обработок почвы это вспашка и прямой посев. Варианты с поверхностной и комбинированной обработкой почвы в слое 10-20 см можно отнести к группе с восстанавливающейся структурой.

При двумерном изучении пространства вариации признаков, то есть при добавлении второй главной компоненты контрастными вариантами для ГК2 стали варианты в слое 0-10 см со вспашкой и поверхностной обработкой, а для слоя 10-20 см – комбинированная обработка и прямой посев.

а б

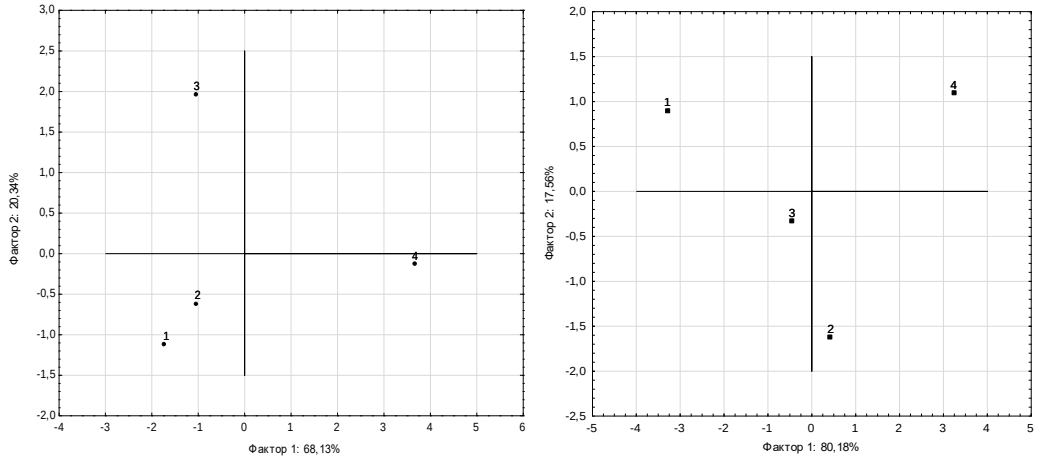


Рисунок 3 – Распределение почвы в слое 0-10 см (а) и 10-20 см (б), охарактеризованных сухим просеиванием в координатах главных компонент
Обозначения цифрами: 1 – вспашка; 2 – комбинированная обработка; 3 – поверхностная обработка; 4 – прямой посев

Оценку вклада структурных отдельностей в распределение почвы по различным способам обработки почвы в пространстве главных компонент можно провести с помощью коэффициентов их собственных векторов (табл. 1). Так, по величине ГК1 наибольший вклад в различиях по способам обработок черноземов в слое 0-10 см вносит количество агрегатов 10-2 мм и 0,5-0,25 мм, так как величины собственных векторов были превалирующими (0,40-0,37), что и позволяет говорить об их максимальном вкладе в первую компоненту.

Таблица 1 – Анализ результатов сухого просеивания методом главных компонентов

Слой, см	*	Собственное число	Вклад, %	Коэффициент собственного вектора								
				>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
0-10	1	6,18	68,13	–0,21	0,38	0,39	0,40	0,37	–0,12	–0,32	–0,39	–0,31
	2	1,83	20,34	0,42	0,21	0,02	–0,05	–0,31	–0,67	–0,39	–0,04	0,28
10–20	1	7,22	80,18	–0,33	0,33	0,37	0,36	0,34	–0,07	–0,37	–0,37	–0,35
	2	1,58	17,56	–0,34	–0,37	–0,03	0,15	0,30	0,78	0,11	0,14	–0,02

* – главные компоненты

В слое 10-20 см наибольший вкладе в первую компоненту оказывали фракции >2 мм и <1 мм, так как величины собственных векторов составляли 0,33-0,37. При этом, можно отметить относительную равномерность вклада этих фракций, что позволяет говорить о восстановлении структурного состояния при поверхностной и комбинированной обработках почвы.

Распределение почвы по второй компоненте независимо от изучаемого слоя в наибольшей степени определяется фракциями 2-1 мм (коэффициент собственного вектора 0,67-0,78).

Таким образом, по уровню сходства способы обработки почвы образовали следующий ряд: в слое 0-10 см – вспашка → поверхностная обработка →

комбинированная обработка → прямой посев, а в слое 10-20 см: вспашка → комбинированная обработка → поверхностная обработка → прямой посев. Установлено, что первая и вторая главные компоненты описывают большую (>80%) часть вариации рассматриваемых характеристик объектов.

Библиографический список

1. Исайкин И.И. Опыт освоения адаптивной системы обработки почвы в Мордовии // Земледелие. – 2003. – №4. – С. 10-11.
2. Кирюшин В.И. Проблемы минимизации обработки: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. – 2013. – №7. – С. 3-6.
3. Макаров М.Р. Химические средства борьбы с некоторыми болезнями на посевах озимой пшеницы // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т.5. – №1. – С. 212-216.
4. Турусов В.И. Новичихин А.М. Обработки черноземов: опыт и тенденция развития // Земледелие. – 2012. – №4. – С. 1-11.
5. Кураченко Н.Л., Лелякова А.А. Устойчивость структурного состояния черноземов при минимизации основной обработки // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №6. – С. 67-72
6. Дридигер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву: методические рекомендации. Ставрополь: Сервисшкола, 2020. – 69 с.
7. Вадюнина А.Ф, Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
8. Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во Московского университета, 2008. – 84 с.

УДК 631.41:631.96

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО УГОДЬЯ

Дураков П.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия

E-mail: *kurskfarc@mail.ru*

Резюме. *Исследованы агрохимические показатели чернозема типичного под различными угодьями. Установлены изменения кислотности почвы, содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия в зависимости от местоположения в рельефе и вида сельскохозяйственного угодья.*

Ключевые слова: *агрохимические свойства почвы, подвижные элементы питания, чернозем типичный, склоны полярных экспозиций, угодье.*

Summary. *Agrochemical indicators of typical chernozem under various lands are investigated. Changes in soil acidity, humus content, mobile forms of phosphorus and potassium have been established depending on the location in the relief and the type of agricultural land.*

Key words: *agrochemical properties of soil, mobile elements of nutrition, typical chernozem, slopes of polar exposures, land.*

Введение. Плодородие сельскохозяйственных земель определяется сочетанием природных и антропогенных факторов. При этом одним из ведущих природных факторов почвообразования является рельеф [1]. В условиях расчлененного рельефа изменение почвенного плодородия обусловлено различиями микроклимата разноориентированных склонов, а также наличием эрози-

онных процессов [2]. Интенсивность антропогенного воздействия на почву во многом зависит от вида сельскохозяйственного природопользования [3]. Как известно, наибольшая нагрузка на компоненты агроландшафта происходит на пашне, являющейся наиболее распространенным видом сельхозугодий [4]. Кроме того, пашня в наибольшей степени подвержена эрозионному воздействию, что делает ее, с экологической точки зрения, наименее устойчивой агроэкосистемой [5].

Помимо пашни в агроландшафте присутствуют такие самостоятельные виды сельхозугодий как лесополосы. Влияя на водно-воздушный режим, лесополосы создают особый микроклимат, оказывающий непосредственное влияние на свойства находящихся под ними почв [6]. Имеющие высокую степень опасности быть подверженными эрозионным процессам почвы, зачастую отводят под залужение, как один из видов почвосберегающего природопользования [7]. И, в качестве крайней меры, для сохранения и восстановления почвенного плодородия, на землях подверженных сильной деградации, может использоваться перевод пашни в залежь [8]. При любом виде сельскохозяйственного природопользования происходят процессы трансформации почвенного плодородия, проявляющиеся в изменении агрофизических и агрохимических показателей [9].

Цель работы – изучение изменения агрохимических свойств почвы различных сельскохозяйственных угодий, расположенных в склоновом агроландшафте.

Условия материалы и методы. Исследования проведены на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район) в блоке 1 (эрозионном) полевого многофакторного опыта. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Отбор образцов произведен на склонах полярной экспозиции (северной и южной) крутизной 1-5^{o} и водораздельном плато. Отбор проб был произведен в 2022 году в летний период.

Исследования вариативности агрохимических свойств почв проводились по ключевым точкам на следующих типах угодий, являющихся элементами противоэрозионной организации агроладншафта: пашне, лесополосах, лугу.

Пашня на склонах северной и южной экспзиций крутизной 1-5^{o} и водораздельном плато, была представлена четырехпольным зернопропашным севооборотом. Лесополосы трехрядные, состоящие из смеси евро-американских гибридов тополя «Робуста-236» и «Заря». Местоположение лесополос в рельефе – приводораздельная, а также на склонах северной и южной экспозиций при крутизне 3^{o} и 5^{o}. Средняя высота лесополос – 20-25 м, возраст – 48 лет. Луг расположен на полярных склонах при уклоне более 5^{o}. Элемент залужения на водораздельном плато отсутствует ввиду отсутствия эрозионных процессов. На лугу преобладает бобово-злаковый компонент с периодическим сенокошением. Также исследовалась территория 37-летней залежи, расположенной в верхней части северного склона.

Для характеристики почвенного плодородия были взяты следующие агрохимические показатели: pH_{KCl}, гидролитическая кислотность по Каппену,

гумус (по Тюрину), подвижные формы калия и фосфора (по Чирикову).

Результаты и обсуждение. В результате исследований кислотности почв установлено, что на пашне она во многом определяется местоположением в рельефе. Так, на водораздельном плато pH почвенного раствора была близкой к нейтральной (5,9 ед.) (табл. 1). На склоне северной экспозиции по мере увеличения крутизны склона значения pH увеличивались с 5,2 до 5,6 ед. На склоне южной экспозиции с повышением градуса уклона процессы подщелачивания усиливались, и pH изменялась с 5,6 (1°) до 7,2 (5°). Очевидно, это вызвано тем, что в нижней части склонов (5°) наблюдается увеличение содержания карбонатов, мигрирующих из нижележащих горизонтов.

Почвы под лесополосами имели нейтральную кислотность. Так, на водораздельном плато она составляла 6,7 ед. pH, а на северном склоне 6,0-6,3 ед. pH. На южном склоне pH изменялась от нейтральной при 3°, до слабощелочной при 5° уклона.

Под лугом на склонах полярных экспозиций pH почвы характеризовалась как близкая к нейтральной и нейтральная, причем на южном склоне сдвиг pH был в сторону подщелачивания. Почвы залежи, по значениям pH, относились к нейтральным (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от местоположения в рельефе

Угодье	Элемент рельефа	Уклон, градус	pH_{KCl}	Нг, мг.экв. /100 г	Гумус, %	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г
Пашня	Северный склон	1	5,2	4,78	5,32	10,7	9,9
		3	5,5	3,86	5,24	10,6	8,8
		5	5,6	3,63	5,29	12,3	12,3
	Водораздельное плато	0	5,9	2,76	5,49	13,9	10,4
	Южный склон	1	5,6	3,68	5,24	10,8	13,0
		3	6,2	1,88	5,47	9,2	12,5
		5	7,2	0,64	5,91	11,0	16,1
Лесополоса	Северный склон	3	6,3	1,65	5,65	10,1	23,7
		5	6,0	2,38	6,05	13,4	27,4
	Водораздельное плато	0	6,7	1,01	6,27	11,1	24,4
	Южный склон	3	6,3	1,79	6,95	11,9	25,2
		5	7,2	0,69	6,67	10,8	25,8
Луг	Северный склон	>5	5,8	3,40	6,01	20,5	27,0
	Южный склон	>5	6,3	1,79	6,35	9,3	14,4
Залежь	Северный склон	3	6,1	2,38	6,63	10,7	13,5

Характер изменения гидролитической кислотности почвы был аналогичен показателям pH, так как между ними существует обратная прямая зависимость (r= –0,96). Наиболее низкими значениями гидролитической кислотности, как на пашне, так и под лесополосой, отличаются почвы южного склона, особенно при уклоне 5°.

Содержание гумуса на пашне склона северной экспозиции в зависимости

от местоположения на склоне существенно не изменялось, варьируя от 5,24 до 5,32 %. В почве на водораздельном плато содержание гумуса было выше, чем на северном склоне на 0,17-0,25 %. На склоне южной экспозиции наблюдается постепенный рост содержания гумуса в почве по мере увеличения крутизны склона. Так, по сравнению с уклоном 1° количество гумуса при 3° повысилось на 0,23 %, при 5° на 0,67 %. Очевидно это вызвано намывом верхнего слоя почвы вниз по склону в результате водной эрозии.

Под лесополосами отмечается увеличение содержания гумуса по сравнению с пашней в среднем на 0,90 %. При этом наиболее высокое содержание гумуса в лесополосах на южном склоне 6,67-6,95 %. Залужение способствует повышению гумуса в почве по сравнению с пашней в среднем на 0,76 %. Перевод земель в залежное состояние позволяет увеличить количество гумуса в почве на 1,21 %, по отношению к пашне.

Содержание подвижного фосфора в почве под пашней наиболее высоким было на водораздельном плато – 13,9 мг/100 г (табл. 1). На склонах полярных экспозиций, по сравнению с водоразделом, количество фосфора снижается на 1,6-3,3 мг/100 г на северном склоне и на 2,9-4,7 мг/100 г на южном склоне. В пределах склона содержание подвижного фосфора в почве существенно не изменяется, можно лишь отметить тенденцию к повышению при уклоне 5°, что обусловлено переносом его с верхних частей склонов в результате эрозионных процессов.

В почве под лесополосой, содержание подвижного фосфора в зависимости от местоположения в рельефе, изменялось незначительно и колебалось в пределах 10,1-13,4 мг/100 г. На лугу северной экспозиции наблюдается значительное увеличение количества фосфора в почве – до 20,5 мг/100 г, что превышало содержание в почве луга на южном склоне на 11,2 мг/100 г. Очевидно, это обусловлено различиями в гидротермическом режиме склонов, проявляющимися в более благоприятных условиях для разложения растительной биомассы на северном склоне при уклоне более 5°, и как следствие, накопления фосфора в почве. В почве на залежи количество подвижного фосфора, по сравнению с другими угодьями, существенно не отличалось и составляло 10,7 мг/100 г.

Содержание подвижного калия в почве на пашне характеризуется следующими особенностями. На склонах северной и южной экспозиций, при уклоне 3° отмечается небольшое снижение калия, по сравнению с уклоном 1°, на 1,1 и 0,5 мг/100 г соответственно. Затем, в нижней части склонов (5°) происходит увеличение количества подвижного калия в почве до 12,3 мг/100 г на северном склоне и до 16,1 мг/100 г на южном склоне (табл. 1). На водораздельном плато содержание подвижного калия составило 10,4 мг/100 г.

В почве под лесополосами произошло существенное увеличение подвижного калия по сравнению с пашней, в среднем в 2,1 раза. Содержание подвижного калия было наиболее высоким в почве под лесополосой на северном склоне при 5° (27,4 мг/100 г).

На лугу, на северном склоне количество подвижного калия было выше,

чем на южном склоне в 1,9 раза. На залежи значительного накопления подвижного калия не наблюдается, и его количество составляло 13,5 мг/100 г.

Заключение. Кислотность почвы на пашне зависит от местоположения в рельефе. Развитие эрозионных процессов способствует снижению кислотности в нижних частях склонов, за счет увеличения содержания карбонатов в почвенных горизонтах. Лесополосы препятствуют подкислению почвы, сохраняя нейтральную реакцию среды. Залужение и перевод пашни в залежь способствует поддержанию нейтральной pH почвенного раствора.

На пахотных землях отмечается снижение количества гумуса по сравнению с лесополосами и лугом. Перевод земель в залежное состояние позволяет повысить количество гумуса в почве, по отношению к пашне.

Содержание подвижного фосфора в зависимости от вида сельскохозяйственного угодья и местоположения в рельефе, существенно не изменяется, за исключением луга северной экспозиции, где отмечается его высокий уровень.

Содержание подвижного калия на пашне, на склонах полярных экспозиций, повышается по мере увеличения градуса уклона. Под лесополосами и лугом северной экспозиции происходит существенное накопление подвижного калия в почве.

Библиографический список

1. Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. М.: Колос, 1997. – 240 с.
2. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Влияние эродированности на макроструктуру чернозема типичного // Агрофизика. – 2017. – №3. – С. 12-19.
3. Черкасов Г.Н., Дубовик Е.В. Пространственная неоднородность структурного состояния чернозема типичного под культурами в звене севооборота // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 3. – С. 31-33.
4. Дубовик Е. Изменение макроструктуры чернозема типичного в агроландшафте за 10-летний период // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2011. – №1. – С. 55-59.
5. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Изменение агрохимических свойств чернозема типичного под различными угодьями на полярных склонах агроландшафта за десятилетний период из использования // Агрохимия. – 2011. – №6. – С. 82-87.
6. Подлесных И.В. Роль агролесомелиоративного комплекса в поддержании плодородия почвы // В сборнике: «Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия». Материалы международной научно-практической конференции. Петропавловск, 2022. – С. 217-220.
7. Дубовик Е.В. Влияние различных систем использования чернозема типичного на показатели структурного состояния агрегатов // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. 2009. – С. 282-284.
8. Масютенко Н.П., Дубовик Е.В., Кузнецов А.В. Регенерация свойств чернозема типичного на залежи // В сборнике: «Агроэкологические проблемы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур». Материалы научно-практической конференции Курского отделения ММО «Общества почвоведов», 2008. – С. 4-6.
9. Дубовик Е.В. Качественный и количественный состав органического вещества серой лесной почвы в зависимости от экспозиции склона и степени эродированности // В сборнике: «Современные тенденции развития аграрного комплекса». Материалы международной научно-практической конференции. ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», Региональный Фонд «Аграрный университетский комплекс», 2016. – С. 284-287.

УДК 631.4

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Дыдышко С.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В., Матыченков Д.В.
РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск
E-mail: *soil@tut.by*

Резюме. *Представлены методические аспекты оценки агроэкологического состояния зональных дерново-подзолистых почв в условиях длительного сельскохозяйственного использлования. В основе оценки применены расчетные величины отклонений показателей гумус-гранулометрических отношений и буферности в кислотном и щелочном интервале почв пахотных земель от исходного (естественного) состояния.*
Ключевые слова: *дерново-подзолистые почвы, гранулометрический состав, фракция физической глины, гумус, степень трансформации, устойчивость.*
Summary. *Methodological aspects of assessing the agroecological state of zonal soddy-podzolic soils under conditions of long-term agricultural use are presented. The assessment is based on the calculated deviations of the indicators of humus-granulometric ratios and buffer capacity in the acidic and alkaline range of arable land soils from the initial (natural) state.*
Key words: *soddy-podzolic soils, granulometric composition, fraction of physical clay, humus, degree of transformation, stability.*

Главной особенностью современного процесса почвообразования является превалирование антропогенного фактора в формировании компонентного состава почвенного покрова. Интенсивное агрогенное воздействие приводит к сильному преобразованию зональных почв, их ускоренной трансформации и, как следствие, к возникновению антропогенно-преобразованных почв.

Вовлечение почв в длительное сельскохозяйственное использование вызывает изменение не только их наиболее динамичных (агрохимических, физико-химических) свойств, но, и как считалось ранее, консервативных (содержание и соотношение гранулометрических фракций) характеристик. С учетом региональных особенностей почвообразования в пахотных почвах происходит накопление, а затем закрепление новых признаков и свойств, ряд которых не характерен для естественного почвообразования. Поэтому необходимым и важным представляется разработка таких критериев и показателей, которые позволили бы оперативно определить направленность происходящих изменений и дать объективную оценку агроэкологического состояния почв, обнаружить которые возможно при условии наличия эталона сравнения, а именно, естественных почв под лесом. Такими критериями могут выступать показатели гумус-гранулометрических отношений и взаимосвязей и физико-химических свойств, тесно связанных с производительной способностью почв.

Объектами исследований явились пахотные дерново-подзолистые супесчаные почвы, развивающиеся на связных супесях, подстилаемых с глубины до 0,5-1,0 м моренным суглинком, а также их естественный аналог (почвы под лесом) в качестве эталона сравнения.

Лабораторные исследования по определению гранулометрического состава проведены методом «пипетки» по Н.А. Качинскому (ГОСТ 12536-2014), общее содержание гумуса, (%) – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91).

Показатели гумус-гранулометрических отношений и взаимосвязей рассчитаны по методике В.С. Крыщенко с соавторами [2]. Определение кислотно-основной буферности проводили по методу Аррениуса [1].

Коэффициент трансформации почв (КТП) определялся по формуле (1):

$$КТП = \sum индексов - (n-1), \quad (1)$$

где, ∑индексов – сумма числовых выражений индексов,
n – количество используемых индексов.

Коэффициент устойчивости почв (КУП) определялся по формуле (2):

$$КУП = \frac{\sum показателей\ классов}{n} - (n-1) \quad (2),$$

где, n – количество используемых классов

Алгоритм оценки агроэкологического состояния почв, находящихся в длительном сельскохозяйственном использовании, приведен на рисунке 1.

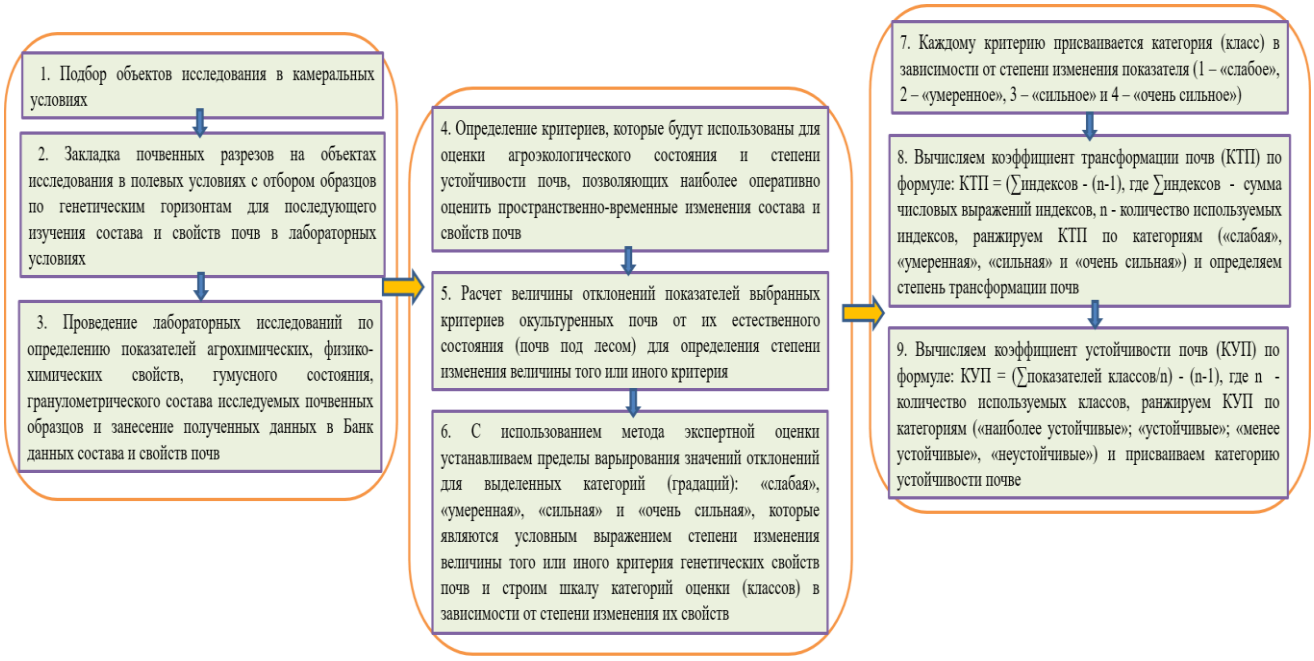


Рисунок 1 – Алгоритм оценки трансформации агроэкологического состояния почв в результате длительного агрогенного воздействия

Рассмотрим порядок проведения оценки агроэкологического состояния почв на примере дерново-подзолистые связносупесчаных почв:

1. Подбираем объекты исследования в камеральных условиях.

2. В полевых условиях закладываем почвенные разрезы и полуямы с их морфологическим описанием, привязкой по GPS и характеристикой рабочих участков, отбором почвенных образцов по горизонтам для аналитических исследований состава и свойств почв в лабораторных условиях (рис. 2).

Полуяма 2–22 заложена на пахотных землях ОАО «Голоцк» Пуховичского района Минской области (53°42′50,1″с.ш. 27°48′59,5″ в.д.), h =183 м (раб. уч-ок № 48, элем. уч-ок № 420) Культура: озимая тритикале. Удобрения: $N_{200+110}$.

№	pH	H_m, %	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	CaO, мг/кг	MgO, мг/кг
48	5,47	2,83	142	243	1197	365
420	5,19	2,94	172	200	1199	349

Рисунок 2 – Морфологический облик почв-объектов исследования (фрагмент)

3. Результаты лабораторных исследований заносятся в Банк данных агроэкологического состояния почв (рис. 3). Систематизированные данные послужат основой проведения статистических расчетов с целью получения развернутой характеристики трансформации состава и свойств исследуемых почв в условиях длительного сельскохозяйственного использования.

	E	F	G	H	U	V	AB	AP	AQ	AR	AS	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
1	Oblast	Region	Plant	Hoz	N_Profile	Year	Soil_Kod_2003	Horizon_index_o	Horizon_in	Horizon_Probe	Horizon_P	Includes_size	Gran_1	Gran_2	Gran_3	Gran_4	Gran_5	Gran_6	Gran_7	Silt	Clay
2	Область	Район	Форма предприятия (СПК, колхоз и т.д.)	Название предприятия	Номер разреза	Год закладки разреза	Классификационное положение почвы (на уровне разновидно	Обозначение горизонта (индексировка)	Обозначение горизонта согла	Глубина отбора образца, см (интервал)	Глубина взятия образца,	Гран состав (>3 мм)	Гран состав (%, 3-1 мм)	Гран состав (%, 1-0,5 мм)	Гран состав (%, 0,5-0,25 мм)	Гран состав (%, 0,25-0,05 мм)	Гран состав (%, 0,05-0,01 мм)	Гран состав (%, 0,01-0,005 мм)	Гран состав (%, 0,005-0,001 мм)	Содержание ила (%)	Содержание физической глины (%)
3	текстовый	текстовы	текстов	текстов	числово	числов	текстовый	текстовы	текст	числовой	числ	текстов	числово	числово	число	число	число	число	числ	число	числов
4	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	$A_п$	P	5 – 15	10	0,5	2,9	12,3	4	28,5	35,5	5,4	6	4,9	16,3
5	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	A_2B_1	BE	20 – 30	25	0,8	3,4	12	3,7	23,5	40,7	5,5	5,4	5	15,9
6	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	B_2	B_2	35 – 45	40	0,2	2,8	7,4	1,8	20,2	44,2	3,7	2,4	17,3	23,4
7	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	$A_п$	P	5 – 15	10	0,3	3,5	11,2	3,5	26,3	39,4	5,8	6,1	3,9	15,8
8	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	A_2B_1	BE	20 – 30	25	0,8	3,4	9,6	3,2	25,3	41,3	6	5,4	5	16,4
9	Минская	Пухович	ОАО	Голоцк	11УР-	2021	дерново-	B_2	B_2	35 – 45	40	0	2,9	8	2,5	21,9	42	4,1	3,4	15,2	22,7

Рисунок 3 – Фото фрагмента Банка данных гранулометрического состава дерново-подзолистых связносупесчаных почв Беларуси

4. В условиях Беларуси именно гранулометрический состав принимается за один из главных критериев качества почв. Наибольшее значение имеет наиболее подвижная фракция – физическая глина, определяющая плодородие почв. Содержание физической глины в почвах различной степени агрогенной трансформации находится на одном уровне, но распределение ила и пыли в них значительно различается, существенно изменяя ее качественный состав, количество и качественный состав гумуса и, следовательно, уровень потенциального плодородия почв. Важное значение имеют также буферные свойства, тесно связанные с тонкодисперсной составляющей, отражающие физико-химический аспект плодородия почвы и способные противостоять резкому изменению ее свойств и состава при внешних воздействиях. Поэтому в качестве критериев для оценки агроэкологического состояния почв нами использованы показатели гумус-гранулометрических отношений ($a_ф$, $b_ф$, V_a, V_b, $y_г$, $x_р$, W) (табл. 1) и буферности (площадь буферности в кислотном ($S_к$) и щелочном ($S_щ$) интервалах), тесно связанные с производительной способностью почв (корреляционное отношение ŋ изменяется от 0,48 до 0,85).

5. Для отражения изменения количественных показателей гумус-гранулометрических отношений и буферности в верхнем корнеобитаемом слое производим расчет величин отклонений показателей гумус-гранулометрических отношений и буферности почв пахотных земель от тако-

вых в исходном (естественном) состоянии.

Таблица 1 – Среднестатистические показатели гумус-гранулометрических отношений и взаимосвязей в исследуемых почвах (фрагмент)

Горизонт, глубина, см	Фактическое содержание фракций, %			Насыщенность физической глины, %		Гумус, %		Насыщенность ф/г гумусом, %
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001-0,01 мм	илом	пылью	в почве	в глине	
	z	$a_ф$	$b_ф$	V_a	V_b	$y_г$	$x_р$	W
Естественные почвы, класс супесчаные, б*								
A_1A_2, 3–7	17,1	7,2	9,9	42,16	57,84	2,08	7,02	40,97
Окультуренные почвы, класс супесчаные, б								
$A_п$, 5–15	17,8	6,4	11,5	35,20	64,80	2,46	9,11	51,11

*а) 50,0-54,9 % – слабая степень насыщенности физической глины илом или пылью; б) 55,0-64,9 % – средняя; в) 65,0-74,9 % – сильная; г) > 75,0 % – очень сильная.

6. Оценка степени изменения свойств почв во времени под влиянием антропогенного фактора требует создания соответствующей шкалы, позволяющей дифференцировать изменения почвенных критериев по степени проявления. На основе величин отклонений, с использованием метода экспертной оценки, устанавливаем пределы варьирования значений отклонений для выделенных категорий (градаций), которые являются условным выражением степени изменения величины того или иного критерия генетических свойств почв (табл. 2).

Таблица 2 – Шкала степени изменения критериев генетических свойств почв в результате длительного сельскохозяйственного использования

№ п/п	Критерий	Степень изменения величины критерия:			
		1– слабая	2 – умеренная	3 – сильная	4 – очень сильная
1	$a_ф$, $b_ф$, V_a, V_b	≤ 5	5,1-15	15,1-30	> 30
2	$y_г$	≤ 5	5,1-20	20,1-40	> 40
3	$x_р$, W, $S_к$	≤ 20	20,1-50	50,1-100	> 100
4	$S_щ$	≤ 5	5,1-30	30,1-60	> 60

7. Каждому критерию присваиваем категорию (класс) в зависимости от степени изменения показателя (1 – «слабое» изменение, 2 – «умеренное», 3 – «сильное» и 4 – «очень сильное») как со знаком «+» так и «–», то есть имеет двойственный характер.

8. Рассчитываем коэфициент трансформации почв (ТКП) по формуле 1, ранжируем КТП по категориям и определяем степень трансформации почв: в данном случае КТП = 15 («умеренная» степень трансформации) (табл. 3).

9. Рассчитываем коэффициент устойчивости почв (КУП) по формуле 2, ранжируем КУП по категориям и определяем категорию устойчивости почв: в данном случае КУП = 2,75 (соответствует градации «менее устойчивые»).

Таким образом, критерии, основанные на показателях гумус-гранулометрических отношений и буферности, могут быть использованы для усовершенствования системы показателей оценки агроэкологического состо-

Таблица 3 – Оценка агроэкологического состояния исследуемых почв

Критерий	Естественная почва	Величина отклонения, %	Категория (класс) изменения*	КТП и степень трансформации почв**	КУП и категория устойчивости почв***
	A_1A_2	$A_п$			
$a_ф$, %	6,3	+22,2	2	15 («умеренная»)	2,75 («менее устойчивые»)
$b_ф$, %	14,3	+0,70	3		
V_a, %	29,72	+17,2	3		
V_b, %	70,28	–7,3	2		
$y_г$, %	4,80	–45,0	2		
$x_р$, %	15,94	–50,8	2		
W, %	75,17	–52,3	2		
$S_щ$, см^2	22,8	–52,9	3		
$S_к$, см^2	2,3	+380,4	4		

*1 – «слабое» изменение, 2 – «умеренное», 3 – «сильное» и 4 – «очень сильное».

**Коэффициент трансформации почв (КТП): 1-8 – «слабая» степень трансформации, 9-16 – «умеренная», 17-24 – «сильная» и > 24 – «очень сильная».

***Категории устойчивости почв: КУП ≤ 1,00 – «наиболее устойчивые»; 1,01-2,00 – «устойчивые»; 2,01-3,00 – «менее устойчивые»: > 3,00 – «неустойчивые».

яния почв при проведении научных, мониторинговых исследований, учебном процессе, разработке мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв. Следовательно, оценка устойчивости дерново-подзолистых почв к агрогенным воздействиям, находящихся в интенсивной системе земледелия, имеет комплексный подход и актуальный характер в условиях государственной экологической политики устойчивого и рационального использования почв.

Библиографический список

1. Методические указания по химическому анализу почв для студентов IV курса специальности «Почвоведение» (Определение катионнообменной способности почв) / сост. О.А. Йонко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – С. 16-18.

2. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения / В.С. Крыщенко [и др.] // «Живые и биокосные системы». – № 2. – 2013 – 15 с.

УДК 631.472

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ ПРЯМОМ ПОСЕВЕ В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Ермолаев Н.Р.[1], Юдин С.А.[1], Гаджиумаров Р.Г.[2],
Дридигер В.К.[2] Белобров В.П.[1]
[1]ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва
[2]ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49
E-mail: [1]*n.r.ermolaev94@gmail.com*, [2]*rasul_agro@mail.ru*

Резюме. *Применение прямого посева не приводит к трансформации гранулометрического состава и равновесной плотности, но за счет растительных остатков на поверхности почв снижает и с течением времени купирует водную эрозию и дефляцию, сохраняя гумусовый горизонт, который по сравнению с пахотными почвами имеет в среднем на 14 см более мощный гумусовый профиль.*

Ключевые слова: *гумусовый горизонт, свойства почв, традиционная технология, продуктивность, восстановление, экология*

Summary. *The use of no-till does not lead to the transformation of the granulometric composition and equilibrium density, but due to crop residues on the soil surface, it reduces and eventually stops water erosion and deflation, while maintaining the humus horizon, which has an average of 14 cm more powerful humus profile compared to arable soils*
Key words: *humus horizon, soil properties, traditional technology, productivity, restoration, ecology*

Введение. Деградация каштановых почв в засушливой зоне Ставрополья, глобальные изменения климата, экологические риски, связанные с водной эрозией и дефляцией, ставят перед производителями сельскохозяйственной продукции многочисленные проблемы, одной из которых является снижение плодородия наиболее распространенных почв края [3, 9, 12]. Засушливая зона почв в Ставрополье расположена между зоной неустойчивого увлажнения и крайне засушливой. Она имеет субмеридиональное простирание и представлена в почвенном покрове разными типами и подтипами почв [7, 13]. Доминируют каштановые почвы, но в составе зональной субширотной структуры почвенного покрова локально встречаются южные черноземы и наиболее аридные светло каштановые почвы [11].

Длительное использование в земледелии каштановых почв привело к истощению их биологического ресурса, местами до критического уровня, а постоянные засухи в вегетационный период роста культур, черные пары и пыльные бури привели к снижению показателей плодородия почв [4, 5, 9, 10].

Внедрение в практику земледелия прямого посева, влияние технологии на свойства каштановых почв, изучалось в гораздо меньшей степени, чем в черноземной зоне Ставрополья. В этой связи работа преследует цель показать изменения морфометрических параметров каштановых почв в производственных условиях, которые имеют место в некоторых генетико-морфологических свойствах при применении прямого посева, путем сравнения с почвами традиционной технологии, применяющей вспашку с оборотом пласта и другие обработки почв.

Объекты и методы. Объекты исследования – каштановые почвы двух полей площадью 161 и 109 га типичных фермерских хозяйств, использующих в системе земледелия: прямой посев (ПП) и традиционную технологию (ТТ) соответственно, расположенных в Буденновском районе Ставрополья (рисунок 1).

В ТТ применялась вспашка с оборотом пласта и последующая культивация для подготовки почвы под посев, а в ПП использовалась специальная сеялка Salford – 525 непосредственно по стерне и растительным остаткам предшествовавших культур, равномерно распределенным по поверхности почв. Технология ПП применялась на протяжении 10-12 лет, а ТТ в различных модификациях севооборота постоянно. В обеих технологиях в течение последних лет использовали схожие севообороты с включением в них озимой пшеницы, озимого ячменя, подсолнечника, гороха, нута и льна масличного.

Условия рельефа в пределах каждого поля были сходными, что определяло их репрезентативность для исследования. В границах обоих полей присутствуют локальные понижения рельефа, склоны разной крутизны и экспо-

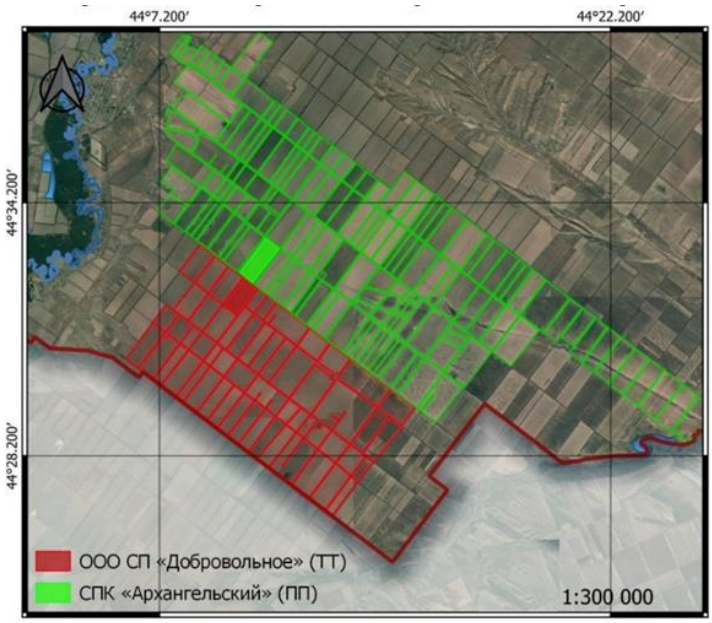


Рисунок 1 – Поля хозяйств СПК «Архангельский» и ООО СП «Добровольное»

зиций, выровненные плакорные поверхности с углами наклона около 1°. Полевые исследования на объектах велись в течение полевых сезонов 2019-2022 гг. в сентябре после уборки урожая на двух почвенно-геоморфологических профилях методом бурения глубоких и дополнительных скважин-прикопок. Из всего массива скважин (54) было выбрано 22 представительных, характеризующих каштановые почвы полей, морфометрические показатели которых были протестированы статистически.

Результаты. Диагностическими параметрами каштановых почв являются морфологические свойства, а также морфометрические параметры, те же, что и у черноземов: мощность гумусового горизонта А и горизонтов А+АВ, характер карбонатного и солевого профиля.

Гранулометрический состав для почв степного типа почвообразования для обеих полей типичный, преимущественно средне-тяжелосуглинистый (таблица 1). Более тяжелый состав почв в скважинах 586, 529 и 584 объясняется выносом глинистой фракции с поверхностным стоком в днище ложбин стока, где они расположены.

Таблица 1 – Гранулометрический состав каштановых почв (0-20 см)

№ скважины	Физический песок, %	Физическая глина, %	Гранулометрический состав	Технология
525	62.03	37.97	среднесуглинистый	ПП
526	63.32	36.68	среднесуглинистый	ПП
527	58.31	41.69	среднесуглинистый	ПП
528	60.37	39.63	среднесуглинистый	ПП
586	47.57	52.45	тяжелосуглинистый	ПП
529	47.83	52.17	тяжелосуглинистый	ТТ
585	60.23	39.77	среднесуглинистый	ТТ
584	53.98	46.02	тяжелосуглинистый	ТТ

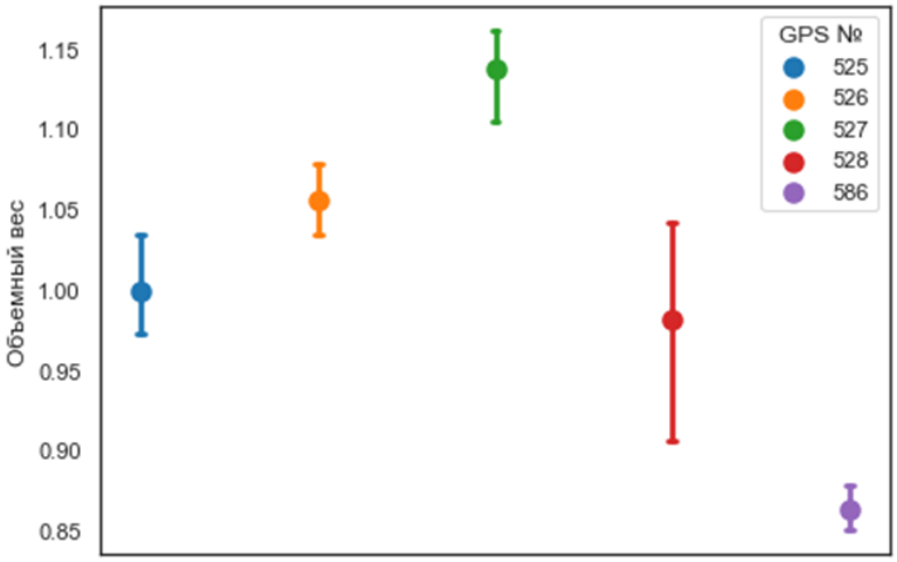


Рисунок 2 – Равновесная плотность каштановых почв на поле с применением прямого посева (глубина 0-10 см)

Средние значения равновесной плотности почв при использовании ПП колеблются от 1 до 1.15 г/см^3 (рисунок 2), что говорит об отсутствии переуплотнения, характерного для первичного периода освоения технологии прямого посева, отмеченного в черноземах [8]. Низкая плотность каштановой почвы (скважина 586) следствие высокого содержания корней растительности в тальвеге нижней части широкой ложбины стока.

Приведенные данные по равновесной плотности и гранулометрическому составу не показали видимых изменений в этих параметрах в прямом посеве. Морфометрические показатели свойств почв за 12 лет использования ПП в СПК «Архангельский» существенно изменились, трансформировались и некоторые показатели (карбонатный и солевой профиль), характеризующие генетическое строение почв, определяющие их таксономический уровень в классификации. Каштановые почвы при использовании ТТ имеют меньшую мощность горизонта А и гумусовых диагностических горизонтов А+АВ. Средняя мощность горизонт А в почвах на поле, где применялся ПП составляет 33 см, при ТТ только 20 см, а горизонта А+АВ соответственно 51 см и 37 см. Различия между технологиями не имеют достоверного характера, но отражают тенденцию [1], связанную с эрозией каштановых почв в условиях расчлененного рельефа и в особенности обработок и использования черного пара в рекомендованной технологии земледелия Ставропольского края.

Роль растительных остатков на поверхности почв в ПП играют важную противоэрозионную роль, что стало катализатором распространения данной технологии в мире [2, 5, 6]. В обеих технологиях ложбины стока на полях, получая дополнительную влагу с окружающих участков, промывают профиль почв от легкорастворимых солей и гипса на всю глубину до лессовидных суглинков. В тоже время почвы ложбин на прямом посеве служат аккумуляторами влаги, накапливая в профиле выносимый тонкодисперсный материал за счет пожнивных остатков на поверхности почв, а на пашне те же ложбины

являются катализаторами водной эрозии, поскольку на поверхности почвы никак не защищены от водных потоков, а обработки только способствуют развитию эрозионных процессов.

Заключение. Главная проблема использования каштановых почв в земледелии засушливой зоны состоит в обеспечении защиты от водной эрозии и дефляции. В этом вопросе применение прямого посева представляется наилучшим решением. Растительные остатки на поверхности почв обеспечивают защиту от эрозии, накопление биомассы и лабильных форм органического вещества [4, 14], сохраняя мощность гумусового профиля и устойчивость структуры и агрегатов от разрушения обработками почв. В совокупности это приводит к снижению деградации и восстановлению продуктивных свойств каштановых почв, а также положительной трансформации экологических функций почв почвенного покрова в засушливой зоне Ставропольского края.

Библиографический список

1. Белобров В.П., Дридигер В.К., Юдин С.А. Влияние технологий земледелия на морфометрические признаки черноземов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 102. – С.125-142.
2. Белобров В.П., Дридигер В.К., Юдин С.А., Ермолаев Н.Р. К вопросу о диагностике и защите почв от дефляции в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. – 2021. – №02(205). – С.12-23.
3. Дорожко Г.Р., Власова О.Г., Шабалдас О.Г., Зеленская Т.Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны // Земледелие. 2017. № 7. С. 7-10.
4. Дридигер В. К. и др. Эффективность технологии прямого посева в борьбе с дефляцией и водной эрозией // Сельскохозяйственный журнал. 2020. С. 18-28.
5. Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г. Возделывание сельскохозяйственных культур по технологии прямого посева в крайне засушливой зоне Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2020. № 9. С. 9-16.
6. Дридигер В.К., Кулинцев В.В., Измалков С.А., Дридигер В.В. Эффективность технологии no-till в засушливой зоне Ставропольского края. Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 52-56.
7. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективгная монография.- М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с.
8. Ермолаев Н.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.И., Ильин Б.С. Вариабельность плотности типичных черноземов при использовании прямого посева / Сельскохозяйственный журнал. 2021. №1 (14). – С.14-20.
9. Есаулко А. Н. и др. Динамика показателей почвенного плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии no-till в условиях Ставропольского края // Агрохимический вестник. 2017. № 15. С. 39–49.
10. Есаулко А.Н., Дрёпа Е.Б., Ожередова А.Ю., Голосной Е.В. Эффективность применения технологии No-till в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края // Земледелие. 2019. № 7. С. 28-31.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
12. Кулинцев В. В. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. 520 с.
13. Куприченков М.Т. Почвы Ставрополья. – Ставрополь: ГУП "Ставропльская краевая

типография", 2005. 424 с.
14. Холодов В.А. Механизмы восстановления структуры и органического вещества гумусовых горизонтов почв на разных уровнях иерархической организации / Автореферат на соискание ученой степени доктора с-х наук. М.: 2020. – 45 с.

УДК 631.459.2

К ВОПРОСУ О СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Зарудная Т.Я.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *zarudnaya.t.yu@mail.ru*

Резюме. *В многолетнем опыте по контурно-мелиоративному земледелию исследовали вопросы биологизации возделывания сельскохозяйственных культур, поступление листового опада на поле от узких лесных полос и влияние этих факторов на общее содержание гумуса в слое почвы 0-40 см.*
Ключевые слова: *почва, эрозия, лесная полоса, плодородие, гумус, листовой опад.*
Summary. *In the long-term experience in contour-reclamation agriculture, the issues of biologization of agricultural crops cultivation, the receipt of leaf litter on the field from narrow forest strips and the influence of these factors on the humus content in the soil layer 0-40 sm were investigated.*
Key words: *soil, erosion, belt strip, fertility, humus, leaf litter.*

Интенсивное сельскохозяйственное использование земель, рассчитанное на получение максимального количества сельскохозяйственной продукции за короткий промежуток времени, привело к развитию ускоренной эрозии и существенному снижению количества гумуса во всех угодьях Центрально-Черноземного региона, особенно на пашне [1-5].

Для разработки стабилизирующих мер по деградации почвы необходимо изучать процесс ее эволюции под воздействием антропогенных факторов, чтобы на основе полученных данных можно было предложить методику борьбы с ней.

Составной частью борьбы с эрозионными процессами является создание противоэрозионного комплекса с защитными лесными насаждениями, которые оказывают положительное воздействие на окружающую среду [6-10].

В условиях расчлененного рельефа на почвах подверженных эрозионным процессам использование базовых элементов противоэрозионной организации территории в адаптивно-ландшафтной системе земледелия используют узкие двухрядные лесные полосы с валом по нижней опушке и канавой между рядами. Что является действенным средством борьбы с проявлением последствий водной эрозии в общем, и деградации пахотного горизонта почвы, в частности. Водорегулирующие лесные полосы являются эффективным средоформирующим средством агроландшафта, поэтому изучение их влияние на почву весьма актуально.

Мониторинговые исследования проводили на протяжении 40 лет в условиях опыта по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область), состоящий из трех водосборов со сложным лож-

бинно-балочным рельефом, расположенных на территории научно-производственного подразделения № 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район Курской области). На водосборе расположен агролесоландшафтный комплекс, состоящий из контурно расположенных поперек склона трех линейных рубежей: водорегулирующих двухрядных лесных полос, усиленных водоулавливающей канавой в междурядье и валом по нижней опушке. Глубина канавы – 80 см.

Лесные полосы однопородные представлены тополем евроамериканским гидрид Робуста (Populus euramericana Robusta), размещены на расстоянии 216 м друг от друга по склону сверху вниз. Средняя высота древостоя – 30 м. Состояние насаждения удовлетворительное. Они включали в себя изучение влияния противоэрозионных мероприятий на сток и смыв почвы, урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур в севообороте и плодородие почвы. Контрольный вариант представлен водосбором без противоэрозионных мероприятий [11, 12].

Объектами исследования являлись почвы эродированные и неэродированные, расположенные на склонах с контурно расположенными двухрядными лесными полосами, усиленными канавой в междурядье и валом по нижней опушке (через 216 метров) и контроль, на котором отсутствовали лесные полосы с валами и канавами.

Почвенный покров на опыте по контурно-мелиоративному земледелию представлен черноземами типичными и выщелоченными с содержанием общего гумуса в пахотном слое 4-6%. Крутизна склонов на пашне находится в диапазоне от $0{,}1^0$ до 8^0. Фактический смыв почвы на зяби от талого стока при снеготаянии в зависимости от года исследования изменялся от 5 до 20 т/га (величины получены методом измерения объема водороин).

Общее содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина. Полученные данные при закладке опыта, а также дальнейшее их изменение представлены в таблице в среднем по всему водосбору.

Таблица – Динамика побочной продукции, количества листового опада и общего гумуса на водосборе с лесными полосами и контроле

Показатели	Возраст лесной полосы в годы исследования, лет					
	8	19	26	30	34	38
Водосбор с лесными полосами						
Побочная продукция, т/га	–	3,54	4,87	3,20	1,87	1,93
Количество листового опада, т/га	–	1,06	1,36	0,96	1,34	1,26
Общий гумус в слое 0-40 см, %	5,73	5,53	5,35	5,41	5,53	4,96
Контроль						
Побочная продукция, т/га	–	2,70	–	4,06	2,44	2,27
Общий гумус в слое 0-40 см, %	5,74	5,68	5,44	4,98	5,38	4,74

В начальный период изучения влияния противоэрозионных приемов вносили достаточное количество органических и минеральных удобрений, вся побочная продукция в виде соломы вывозилась с полей на хозяйственные нужды, но потери гумуса в этот период в процентном выражении были незначительны, находились в пределах погрешности определения.

В девяностые годы и начале двухтысячных годов, на опыте по контурно-мелиоративному земледелию отмечено падение содержания общего гумуса в почве (слой 0-40 см). При возделывании сельскохозяйственных культур происходило полное изъятия урожая и соломы с полей. Отсутствовало внесение как минеральных, так и органических удобрений. Вследствие потребительского отноешения к почвенным ресурсам был получен отрицательный баланс гумуса. Плодородный чернозем позволял получать относительно высокие урожаи сельскохозяйственных культур без внесения удобрений.

В последнее десятилетие на опыте также изучали вопросы биологизации земледелия на фоне минимального внесения минеральных удобрений, в основном применяли азотные при посеве, и отсутствия органических. Внесение удобрений заменили измельченной соломой и пожнивными остатками, а также сидератами в качестве которых выступали всходы сельскохозяйственных культур из потерянного при уборке урожая зерна, заделанные дискаторами на глубину 10-12 см.

Солома, состоящая на 85 % из органического вещества, разлагается микроорганизмами почвы в легкодоступные питательные вещества для растений, также является ценным источником органических и минеральных веществ для почвы и растений. Однако, для ускореня разложения соломы необходимо внесение азотных удобрений [9], которое отсутствовало. Поэтому разложение соломы происходило медленно. Растительные остатки накапливались в обрабатываемом слое почвы.

В процессе разложения подстилки из листового опада тополя, которое происходит достаточно быстро, образуется свежий гумус, способствующий лучшей оструктуриваемости почв и повышению водопрочности агрегатов, что дополняет положительную роль соломы. Как показывают полученные данные (таблица) данное мероприятие привело к улучшению плодородия почвы.

В результате проведенных исследований пришли к следующим выводам. Применяемые современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур: использование минимальной обработки почвы в качестве основной, внесение низких доз минеральных удобрений и полное отсутствие органических удобрений, а также ведение укороченных севооборотов с преобладанием зерновых культур, востребованных на рынке зерна, при сбалансированном сочетании с заделкой побочной продукции в почву, под влиянием системы водорегулирующих лесных полос, в данном случае, как источника листового опада (дополнительное поступление в почву органического вещества), позволяют приостановить потери общего гумуса из почвы, и как следствие получить бездефицитный баланс гумуса при минимальный финансовых затратах.

Библиографический список

1. Петелько А.И. Почвоулучшающая и почвообразующая роль противоэрозионных защитных лесных насаждений // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» / Курск 24-25 апреля ФГБНУ «Курский ФАНЦ». – Курск: ФГБНУ «Курский ВАНЦ». – 2019. – С. 290-294.
2. 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.
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. – № 11. – P. 1344-1353. doi: 10.1134/S1064229317110084.
4. Soil erosion: An important indicator for the assessment of land degradation neutrality in Russia / P. Tsymbarovich, G. Kust, M. Kumani, et al. // International Soil and Water Conservation Research. – 2020. – Vol. 8. – No. 4. – P. 418-429. – doi: 10.1016/j.iswcr.2020.06.002.
5. Модифицированный метод прогнозирования эрозии почвы и ее последствий / Ю.П. Сухановский, А.В. Прущик, С.И. Санжарова, и др. // Земледелие. – 2016. – № 2. – С. 29-32.
6. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я., Надеин С.В. Влияние адаптивно-ландшафтной системы земледелия на эрозионные процессы и влагонакопление // Почвозащитное земледелие в России: сб. докл. Всерос. Науч.-практ. конф., посвященной 45-летию ВНИИЗиЗПЭ, Курск 15-17 сентября 2015. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – С. 245-252.
7. Чеплянский И.Я., Турчин Т.Я., Ермолова А.С. Дистанционный мониторинг государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2022. – № 3. – С. 44-59. https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-44-59.
8. Годунов С.И., Павлов П.В. Адаптация зоны депрессии в экотонах полезащитной лесной полосы с прерывистым профилем древостоя к сельскохозяйственному производству // Вестник ВГУ. Серия: география, геоэкология. – 2012. – № 2. – С.105-107.
9. Черепухина И.В. Влияние запашки соломы зерновых культур с целлюлозолитическим микромицетом на формирование урожая сахарной свеклы // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» / Курск 16 декабря 2015 ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. – 2015. – С. 234-237.
10. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Роль лесной полосы и побочной продукции в сохранение плодородия почвы // Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере Агрохолдинга "Байсерке-Агро": сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного деятеля Республики Казахстан Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича / 04-05 апреля 2019. – Казахстан. – Астана: Национальная инженерная академия, 2019. – Т. 3. – С. 117-119.
11. Тарасов С.А., Прущик А.В., Зарудная Т.Я., Вытовтов В.А. Почвозащитная эффективность сформированных культурами севооборота агрофонов в системе гидролесомелиорации на склонах Центрального Черноземья // Земледелие. – 2020. – № 6. – С. 6-10. – DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10602.
12. Зарудная Т.Я., Прущик А.В. Динамика содержания общего гумуса на поле с контурно-мелиоративной организацией // Плодородие почв - основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – С. 119-121.

УДК 631.431.1/631.51.01

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОД ОВЕС С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Зинченко С.И., Рыжова Л.Е., Князева И.В.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»
Владимирская обл., Суздальский р-он, п. Новый, ул. Центральная,3
E-mail: *zinchenkosergei@mail.ru*

Резюме. *Представлены результаты исследований по изучению влияния системы приёмов основной обработки на динамику плотности сложения серой лесной среднесуглинистой почвы в слое 0-30 см под овсом с подсевом многолетних трав (клевер+тимофеевка) в зернотравяном севообороте.*

Ключевые слова: *серая лесная среднесуглинистая почва, приемы основной обработки, оптимальная плотность сложения, равновесная плотность сложения, урожайность.*

Summary. *The results of studies on the influence of the system of basic processing techniques on the dynamics of the density of the addition of gray forest medium loamy soil in a layer of 0-30 cm under oats with the sowing of perennial grasses (clover + timofeevka) in the grain-grass crop rotation are presented.*

Key words: *gray forest medium loamy soil, basic processing techniques, optimal addition density, equilibrium addition density, yield.*

Одним из главных показателей физического состояния пахотного слоя является его плотность сложения. С ней непосредственно связаны условия механической обработки, водный, воздушный, тепловой и, следовательно, микробиологический и пищевой режимы почвы, а, в конечном счете, эффективное плодородие (урожай).

Большое влияние на плотность сложения оказывает обработка почвы и воздействие движущейся по поверхности почвы техники. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки, затем она постепенно уплотняется и через некоторое время ее плотность приходит в состояние равновесной, т.е. мало изменяющейся (до следующей обработки).

Исследования Бондарева А.Г., Медведева В.В. (1980) показывают, что для серых лесных почв со средне- и тяжелосуглинистым механическим составом значение оптимальной плотности сложения для зерновых культур составляет 1,21 г/см^3, а ее интервал – 1,00-1,30 г/см^3 [4]. По данным Пупонина А.И. (2010) оптимальный интервал плотности для зерновых составляет 1,15-1,25 г/см^3, при этом равновесная плотность находится на уровне 1,40 г/см^3 [4].

Ряд авторов отмечают, что оптимальный диапазон плотности сложения почвы для возделывания полевых культур на легкосуглинистых почвах находится в интервале 1,10-1,40 г/см^3 [3]. По данным Сапожникова Н.А. на суглинистых почвах зерновые культуры успешно произрастают даже при плотности пахотного слоя от 1,40 до 1,50 г/см^3 [5]. Оптимальная величина плотности для отдельных зерновых культур на тяжелом и среднем суглинке составляет

соответственно 1,15-1,40 г/см^3 и 1,25-1,40 г/см^3 [4]. Последующие исследования позволили установить, что при высокой обеспеченности растений элементами питания уменьшается неблагоприятное влияние высокой плотности сложения почвы на урожайность сельскохозяйственных культур [3, 4].

Для научного обоснования объективного решения вопросов выбора способов и глубины основной обработки серой лесной почвы Опольной зоны, важно знать границы оптимальных значений плотности сложения почвы, отвечающих требованиям возделываемых культур в конкретных почвенно-климатических условиях. Поэтому целью исследования было изучение длительного влияния приемов основной обработки серой лесной почвы на динамику ее плотности сложения под овсом с подсевом многолетних трав в зернотравяном севообороте.

Экспериментальные исследования проводились в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (г. Суздаль) в стационарном полевом опыте, заложенном в 1986 г. на серой лесной среднесуглинистой почве. По интенсивности технологий фон исследований, согласно Государственного регистра (1999 г.), соответствует «нормальной технологии» (Федеральный регистр технологий технического сервиса сельскохозяйственной техники и транспортных средств, 1999) [6].

Почва опытного участка характеризуется следующими показателями плодородия: мощность гумусового горизонта А (A_n+A_1) – от 31 до 34 см; pH_{kcl} – 5,2, содержание гумуса варьирует от 3,2 до 4,3%; подвижных P_2O_5 (по Кирсанову) – 155 мг/кг; K_2O (по Масловой) – 152 мг/кг почвы. Почвообразующая порода – пылеватые покровные суглинки, лессовидные карбонатные суглинки, содержащие большое количество известковых конкреций.

Зернотравяной севооборот в опыте включал следующие культуры: овес+ многолетние травы (клевер+тимофеевка) – мн. травы 1 г.п. – мн. травы 2 г.п. – озимая рожь – яровая пшеница – ячмень. Исследования проводили в посевах овес + мн. травы (клевер+тимофеевка) в 2015, 2016, 2021 гг. Схема вариантов основной обработки: 1 – ежегодная плоскорезная на 6-8 см; 2 – ежегодная плоскорезная на 20-22 см; 3 – ежегодная вспашка на 20-22 см; 4 – ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры вспашка на 20-22 см; 5 – ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры плоскорезная на 6-8 см.

Для характеристики плотности сложения почвы использовали метод цилиндров [1]. Отбор почвенных образцов проводился в трехкратном повторении, в слое почвы 0-30 см через 10 см.

Среднемноголетняя сумма осадков в изучаемом регионе составляет 604 мм с колебаниями по годам от 390,8 до 741 мм. Климатические условия вегетационных периодов отличались значительными перепадами температуры воздуха и неравномерностью выпадением осадков (ГТК 0,54-1,37), но в целом были удовлетворительными для роста и развития возделываемых культур.

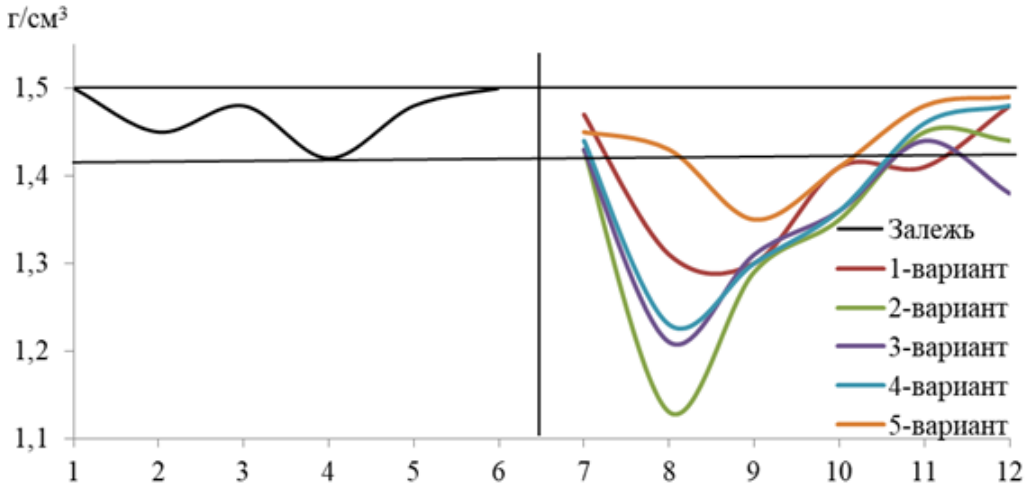
Для обоснования эффективности применения в агроэкосистемах приемов основной обработки рассмотрим результаты наших исследований за плотно-

стью сложения пахотного слоя (0-30 см), где обычно располагается основная масса активных корней большинства сельскохозяйственных культур в серой лесной почве. У овса эти значения составляют – 36,7-46,8 % [2]. За величину равновесной плотности сложения для серой лесной среднесуглинистой почвы мы приняли величину плотности сложения пятидесятилетней залежи, расположенной на сопредельном участке с опытом.

Рассмотрим динамику плотности сложения под овсом с подсевом многолетних трав в зернотравяном севообороте.

После уборки ячменя (предшествующей культуры) в августе месяце плотность сложения в слое 0-30 см по вариантам основной обработки была на уровне 1,43-1,47 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,08 г/см^3) и приближалась к равновесным значениям плотности (рисунок), которая в среднем за годы исследований на залежи соответствовала 1,48 г/см^3.

Осеннюю обработку проводили в сентябре месяце при влажности почвы 21,3-26,6 %, т.е. в пределах оптимальных значений для крошения почвы. Она снизила плотность сложения 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 (вариант № 1) и периодическим рыхлением на 6-8 см в чередовании с ярусной вспашкой на 28-30 см (вариант № 5) наблюдались более высокие значения плотности сложения – 1,31 и 1,43 г/см^3. В варианте с ежегодным рыхлением на 6-8 см, после ярусной вспашки на 28-30 см (№ 5 варианта) не сохраняется разрыхляющего влияния глубокой обработки на плотность сложения в посевах овса.



Значения плотности сложения на залежи: 1, 2 – август и сентябрь предшествующего года, 3 – май, 4 – июль, 5 – август, 6 – сентябрь. *Овес с подсевом многолетних трав:* 7 – до основной обработки, 8 – после основной обработки, 9 – до посева, 10 – после посева, 11 – выметывание, 12 – полная спелость. – интервал плотности сложения на участке залежи

Варианты основной обработки: 1 – ежегодная плоскорезная на 6-8 см, 2 – ежегодная плоскорезная на 20-22 см, 3 – ежегодная вспашка на 20-22 см, 4 – ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры вспашка на 20-22 см, 5 – ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры плоскорезная на 6-8 см.

Рисунок – Плотность сложения в слое почвы 0-30 см под овсом с подсевом многолетних трав в зернотравяном севообороте (среднее за три года)

К посеву овса (май месяц) 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 в этот период выравнивался и достигал оптимального диапазона для возделывания зерновых культур. По всем фонам обработки плотность сложения 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 значений 1,35-1,41 г/см^3 ($НСР_{05}$=0,11 г/см^3).

К фазе вымётывание овса почва продолжала уплотняться, независимо 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 (вариант № 5) плотность сложения достигала равновесных значений –1,48 г/см^3.

К уборке плотность почвы в слое 0-30 см продолжала увеличиваться, независимо от приема и глубины основной обработки, и стремиться 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 приближалась плотность на вариантах с рыхлением на 6-8 см – 1,48-1,49 г/см^3.

Анализ многолетних исследований плотности сложения серой лесной почвы под овсом в 6-польном зернотравяном севообороте показал, что обработки на глубину 6-8 см (вариант № 1) способствуют формированию наиболее высокого диапазона плотности в период вегетации культуры севооборота, который приближался или был на уровне равновесной плотности. Последействие ярусной вспашки под овсом (варианты № 4, 5) на снижение плотности почвы не наблюдается.

Анализируя урожайность культур севооборота по вариантам опыта следует отметить, что существенной разницы в уровне урожая по фонам основной обработки не выявлено (таблица). А плотность сложения, создаваемая различ-

Таблица – Интервал плотности сложения в период формирования урожая овса с подсевом многолетних трав в зернотравяном севообороте

Вариант	Урожайность, т/га	Плотность сложения, г/см^3
Залежь	–	1,48-1,50
Ежегодная плоскорезная на 6-8 см	2,93	1,41-1,48
Ежегодная плоскорезная на 20-22 см	3,01	1,35-1,45
Ежегодная вспашка на 20-22 см	3,07	1,36-1,44
Ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры вспашка на 20-22 см	3,05	1,36-1,48
Ярусная вспашка на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры плоскорезная на 6-8 см	3,01	1,41-1,49
$НСР_{05}$	0,26	Интервал 1,35-1,49 г/см^3

ными приемами основной обработки в период вегетации, не является лимитирующим фактором уровня урожайности овса в зернотравяном севообороте на серой лесной почве. То есть диапазон плотности сложения, при котором проходило формирование урожая сельскохозяйственной культуры, можно считать оптимальным для серых лесных почвы агроэкосистем. Однако многолетние исследования позволили уловить определенные закономерности в формировании урожая по вариантам основной обработки.

В зернотравяном севообороте урожайность овса, при описанной выше динамике плотности, была на уровне 2,93-3,07 т/га ($НСР_{05}$=0,26 т/га). Тенденция к снижению уровня урожайности отмечается на вариантах применения безотвальной обработки на 6-8см (варианта № 1, 5). Диапазон плотности сложения на этих фонах при возделывании овса в слое 0-30 см был самым высоким и составил 1,41-1,49 г/см^3, приближаясь к равновесной плотности сложения (1,48-1,50 г/см^3).

Таким образом, анализ динамики плотности почвы в агроценозах позволяет определить особенности формирования физических процессов в серой лесной среднесуглинистой почве в зависимости от приёмов и систем основной обработки почвы.

Исследования показали значительные сезонные изменения плотности сложения серой лесной среднесуглинистой почвы в зернотравяном севообороте под посевами овес+ многолетние травы (клевер+тимофеевка), которые связаны в первую очередь с особенностью возделываемых культур и приёмами основной обработки почвы.

Урожайность сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте (нормальный уровень интенсивности агротехники) при различных приемах и системах основной обработки формировалась при интервале оптимальной плотности сложения серой лесной среднесуглинистой почвы в слое 0-30 см для овса в интервале – 1,35-1,49 г/см^3.

На вариантах с системами основной обработки интервал плотности сложения в период вегетации изучаемой культуры в зернотравяном севообороте был в интервале: на ежегодной плоскорезной обработке на 6-8 см – 1,41-1,48 г/см^3; ежегодной плоскорезной на 20-22 см – 1,35-1,45 г/см^3; ежегодной вспашке на 20-22 см – 1,36-1,44 г/см^3; на ярусной вспашке на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры вспашка на 20-22 см – 1,36-1,48 г/см^3; на ярусной вспашке на 28-30 см под озимую рожь, под остальные культуры плоскорезная на 6-8 см – 1,41-1,49 г/см^3.

На участке залежи в слое 0-30 см в период вегетации культуры равновесная плотность сложения была в интервале – 1,48-1,50 г/см^3.

Библиографический список

1. Водюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Зинченко С.И. Особенности развития корневой системы зерновых культур // Земледелие. – 2015. – № 6. – С.32-35.
3. Королев А.В. Выявление и создание оптимального сложения пахотного слоя дерново-подзолистых почв для основных сельскохозяйственных культур: Автореферат дисс. на

соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Ленингр. с.-х. ин-т. – Ленинград: Пушкин, 1972. – 36 с.
4. Пупонин А.И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: матер. Всерос. науч.- практ. конф. РГАУ-МСХА. М.: РГАУ-МСХА, 2010. – С.13-29.
5. Сапожников Н.А. Биологические основы обработки подзолистых почв. М.-Л.: Сельхозиздат. [Ленингр. отд-ние], 1963. – 291с.
6. Федеральный регистр технологий технического сервиса сельскохозяйственной техники и транспортных средств. Российская академия сельскохозяйственных наук. М.: ИНФОРМАГРОТЕХ, 1999. – 106 с.

УДК 631.433.53

ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ ПОЧВЫ В СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Золотухин А.Н.[1,2], Чуян О.Г.[1], Глазунов Г.П.[1]
[1]ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курск
[2]Институт географии РАН, Москва
E-mail: *alipijj@rambler.ru*

***Резюме**. Представлены результаты оценки дыхания черноземных почв агроландшафта со сложным рельефом, и участков с дифференцированным внесением питательных веществ на основе корреляционно-регрессионного анализа. Оценена связь почвенной эмиссии CO_2 с природно-антропогенными факторами среды.*
***Ключевые слова:** склоновый агроландшафт, почвенное дыхание, минеральные удобрения, биологическая активность.*
***Summary.** The results of the assessment of the respiration of chernozem soils in an agrolandscape with a complex topography and areas with differentiated nutrient application based on a correlation-regression analysis are presented. The relationship between soil CO_2 emission and natural-anthropogenic environmental factors was assessed.*
***Key words:** slope agricultural landscape, soil respiration, mineral fertilizers, biological activity.*

К основным природно-климатическим факторам, влияющим на интенсивность дыхания почвы – ИДП (рассматривается эмиссия CO_2 как основная составляющая), относятся температура и влажность в поверхностном слое, распределение которых в агроландшафте, в свою очередь, обусловлено характеристиками рельефа. Процессы окисления органического вещества почвы связаны с активностью микроорганизмов. В целом, ИДП сельхозугодий определяется совокупностью естественных и антропогенных (агротехнические приемы) факторов и является ценным индикатором биологической активности почвы. Развитие надземной фитомассы характерно отражает состояние ризосферной части растений – корневой системы, а корневые выделения, в свою очередь, влияют на микробиологическую активность почвы [1]. Поскольку более 50 % агроландшафтов в Центрально-Черноземном регионе расположены на склонах, а применение минеральных удобрений носит территориально-неоднородный характер, исследования в этой области имеют высокую актуальность.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2022 г. на научно-производственных участках Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область): полигоне «Точное земледелие» с

куполообразной формой рельефа (86 га) и мелкоделяночном опыте с различными дозами NPK (0,054 га) (рис. 1). Интенсивность почвенной эмиссии CO_2 определяли методом закрытых (динамических) камер [2] портативными анализаторами AZ-7752 с разрешением 1 ppm.

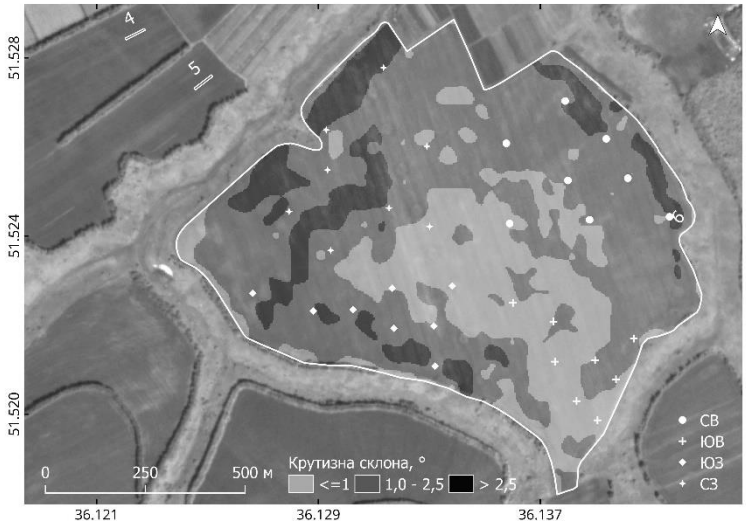


Рисунок 1 – Опытные участки (Роскосмос 22.07.2022).
Цифрами 4, 5 обозначен мелкоделяночный опыт, 6 – полигон,
точками – места измерений.

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 4,4º. Средний уклон составляет 2,3º. Территория охватывает все экспозиции (0-360º). Измерения почвенной эмиссии CO_2 проводили в 32 реперных точках с различными значениями угла наклона и экспозиции территории. Повторность измерений в каждой точке трехкратная. Возделываемая культура – соя (предшественник – озимая пшеница). Почвы территории тяжелосуглинистые типичные и выщелоченные черноземы (по данным полевого исследования почв 1991 г. Щенниковой В.П.).

Наблюдения на полигоне направлены на исследование территориального распределения интенсивности почвенной эмиссии, а также влияния на нее естественных факторов, так как территория характеризуется большим разнообразием уклонов и экспозиций, что определяет её температурно-влажностный режим. Значительное влияние на перераспределение климатических условий оказывает рельеф местности.

Опыт с различными дозами NPK включает два участка: водораздел – уклон 0-1,5º (51°31.719′ N, 036°07.363′ E), южная экспозиция – 2-3,5º (51°31.639′ N, 036°07.471′ E). Измерения проводились на трех вариантах внесения удобрений: контроль ($N_0P_0K_0$), одинарная доза ($N_{50}P_{50}K_{50}$), двойная доза ($N_{100}P_{100}K_{100}$), в трех проворностях, размер делянки 3х5 м. Повторность изме-

рений пятикратная. Возделываемая культура – озимая пшеница (предшественник – гречиха). Уклоняющиеся варианты X_{max}, так называемые «выбросы», были найдены и отброшены путем использования статистического критерия τ для малых выборок [3]. Принятый уровень значимости 5 %. Почвы – черноземы типичные. На участках мелкоделяночного опыта наблюдения направлены на исследование зависимости дыхания почвы от фазы развития растений и количества внесенных минеральных удобрений.

Измерения выполнены с 30 дневным интервалом и охватывают различные этапы развития сельскохозяйственных культур: кущение – трубкование – полное созревание для озимой пшеницы и посев – цветение – налив семян для сои. Влажность почвы в точках наблюдения на глубине 0-10 см определялась весовым методом. Осуществлен трехкратный отбор проб для мелкоделяночного опыта и однократный (фенофаза-цветение) для полигона.

При построении регрессионных уравнений в качестве независимых переменных использовали ранжированные: температура и влажность почвы, азимут, крутизна склонов, коэффициент относительной прогреваемости склонов; индексированные: фитофаза, количество внесенных в почву минеральных удобрений. Принятый уровень значимости коэффициентов корреляции r >0,20, при уровне вероятности p <0,10.

Коэффициент относительной прогреваемости рассчитан по формуле:

kп = (COS((β /360)*6,28) – (TAN((H /360)*6,28))^–1*SIN((β /360)*6,28)* COS(((A – 45)/360)*6,28)),

где: β – крутизна склона в градусах (расчетные по рельефу); H – высота солнца в градусах (справочные данные); A – экспозиция склона (азимут в градусах).

Результаты и обсуждение. На *полигоне*, средние значения эмиссии CO_2 (за период наблюдения) варьировали в диапазоне 0,114-0,637 г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$ (mean = 0,269±0,023) (рис. 2). На данном участке со сложным рельефом получен средний отрицательный коэффициент ранговой корреляции показателей эмиссии с крутизной склонов (r= –0,54; p= 0,0007; N= 32).

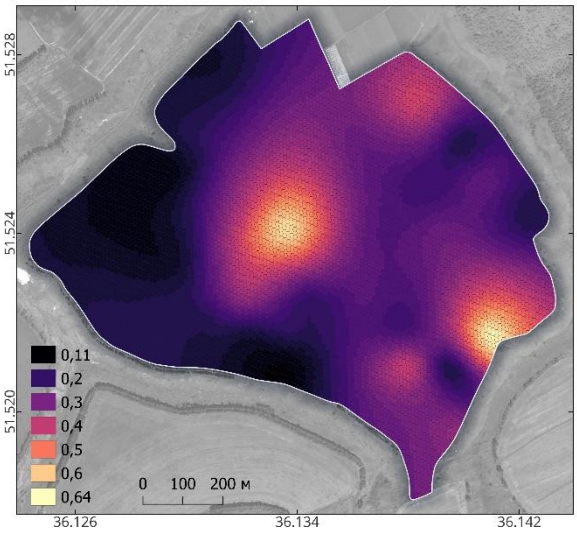


Рисунок 2 – Территориальное распределение значений эмиссии (средние за период наблюдения, г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$)

По данным, полученным сразу после посева сои, когда поверхность почвы еще не занята всходами культуры, прослеживается четко выраженная закономерность: экстремумы эмиссии CO_2 соответствуют направлениям СВ - ЮЗ (рис. 3 а). Это сочетается со смещением максимума прогреваемости склонов в типичных агроландшафтах ЦЧР к юго-западному направлению (азимут 225º) [4]. В дальнейшем, с развитием наземной растительности наибольшие варьирования значений эмиссии отмечаются на склонах северных экспозиций (рис. 3 б).

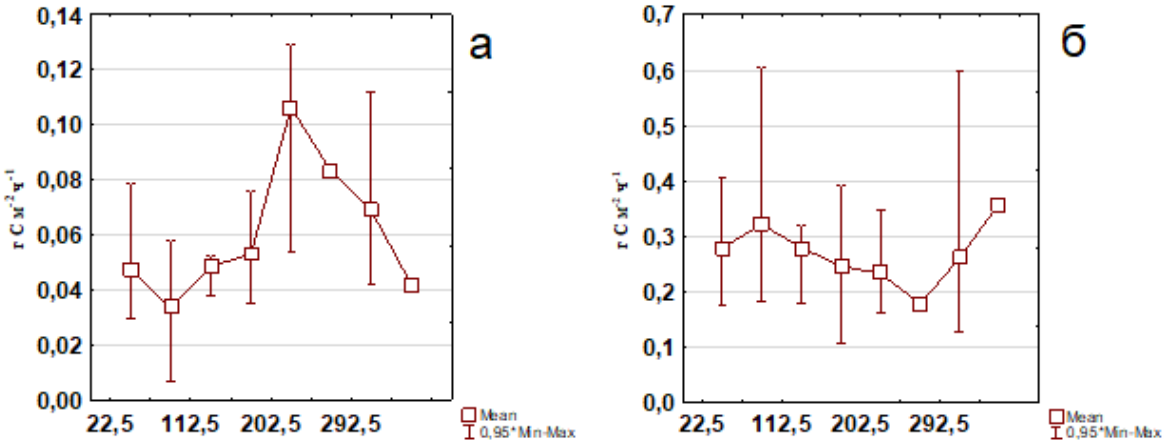


Рисунок 3 – Уровни дыхания почвы в зависимости от азимута:
а) после посева, б) средний за период наблюдения

Это связано с тем, что с развитием растительного покрова увеличивается доля корневого дыхания и околокорневых микроорганизмов, активность которых в значительной степени зависима от увлажнения [5].

Высокая положительная зависимость между скоростью выделения почвенного CO_2 и температурой почвы (в её ризосферной части) установлена в рамках лабораторных и полевых исследований, причем для сельскохозяйственных земель эта зависимость, как правило, ниже, чем для почв естественных экосистем [6, 7]. На полигоне получен достаточно высокий коэффициент ранговой корреляции интенсивности дыхания и температуры почвы на глубине 3 см за весь период наблюдения ($r = 0,70$; $N=92$; $p <0,0001$), поскольку сложный рельеф территории определяет характер распределения микроклиматических параметров. Связь ИДП с увлажнением, как правило, наиболее ярко выражена на тяжело суглинистых почвах и бывает, как прямой, так и обратной [8]. Средняя влажность почвы (0-10 см) на полигоне составила 24,9 %. Для склонов различных направлений она оценивается как: СЗ – 23,7 % <ЮЗ, ЮВ – 24,8 % <СВ – 26,3 %. Влияние влажности почвы ($r = –0,32$; $p = 0,0370$; $N = 32$) и запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см ($r = –0,41$; $p = 0,0197$; $N = 32$) на её дыхание характеризовались слабой отрицательной связью. Тем не менее, статистические характеристики зависимости эмиссии CO_2 от гидротермических характеристик почвы не всегда очевидны и зависят от множества дополнительных факторов, поскольку рельеф определяет закономерности перераспределения влаги и уровень теплообеспеченности территории.

В полученных регрессионных уравнениях, при указанных выше уровнях значимости, весомыми оказались: коэффициент прогреваемости ($k_п$), крутизна склона (slope) и влажность почвы на глубине 0-10 см (w). Средние показатели CO_2 за весь период описывает уравнение:

$Y = 30,42 – 0,30*k_п – 0,54*slope$ ($R = 0,64$; $R^2 = 0,40$; $p = 0,0006$; $N = 32$)

Показатели ИДП в фитофазу цветение:

$Y = 35,72 – 0,27*k_п – 0,58*slope – 0,32* w$ ($R = 0,72$; $R^2 = 0,52$; $p = 0,0001$; $N = 32$)

Значения коэффициента детерминации (R^2) позволяют сделать вывод, что полученные модели объясняют 40-52 % дисперсии дыхания черноземных почв исследуемой территории с большим разнообразием экспозиций и уклонов.

Опыт с микроэлементами. Для разных участков мелкоделяночного опыта разница средних уровней дыхания оказалась несущественной: 0,215 ± 0,026 на водоразделе и 0,219 ± 0,017 г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$ на южной экспозиции (рис. 4).

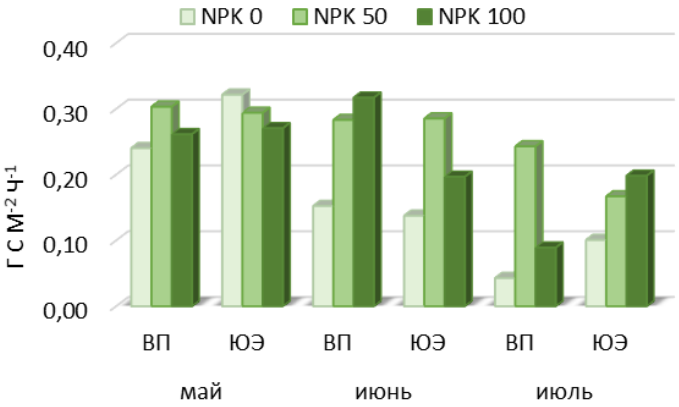


Рисунок 4 – ИДП на разных вариантах опыта, в различные фитофазы

На данном опыте наиболее значимое влияние на ИДП имели факторы: фаза развития растений (date) и количество внесенных в почву минеральных удобрений (NPK):

$$Y = 41,72 – 10,86*date + 25,56*NPK – 10,83*NPK^2$$

($R = 0,68$; $R^2 = 0,47$; $p = 0,0000$; $N = 54$)

Связь дыхания почвы с NPK нелинейная (верхний экстремум приходится на дозу $1,18*NPK_{50}$). В среднем для участков с разными дозами минеральных удобрений эмиссия CO_2 из почвы составила (таблица): 0,166±0,026 – без удобрений, 0,263±0,022 – одинарная доза и 0,222±0,028 г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$ – двойная. Заметно, что ИДП была значимо выше на делянках с одинарной дозой NPK, чем на остальных вариантах, во все рассматриваемые фитофазы. За весь период исследования средний поток CO_2 из почвы на делянках с внесенным NPK_{50} составил 0,263±0,022 г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$.

Таблица – Средние уровни почвенного дыхания по двум участкам мелкоделяночного опыта

NPK		CO_2	SE		CO_2	SE		CO_2	SE		CO_2	SE
		г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$			г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$			г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$			г С $м^{-2}$ $ч^{-1}$	
0	май	0.281	0.041	июнь	0.145	0.019	июль	0.072	0.015	весь период	0.166	0.026
50		0.299	0.039		0.284	0.038		0.231	0.044		0.263	0.022
100		0.266	0.032		0.257	0.069		0.144	0.031		0.222	0.028

В целом, условия увлажнения в период наблюдений характеризуются как достаточные (влажность почвы не выступала лимитирующим фактором). Средняя влажность почвы на опыте составила 21,4 %. Отмечена слабая положительная связь эмиссии CO_2 с влажностью почвы ($r = 0,39$; $N = 54$; $p = 0,0045$).

Урожайность сухой надземной биомассы, ц/га (зерно + солома) на данных участках повышалась с увеличением дозы внесенных питательных веществ: 130,7 – 146,7 – 158,1. Связь урожайности (сухая биомасса) с почвенным дыханием проявилась на среднем уровне: $r = 0,46$; $N = 18$; $p = 0,0573$, причем, теснота связи, если рассматривать урожайность соломы отдельно – выше на 8 %.

Таким образом, дыхание почвы в склоновом агроландшафте в значительной степени зависит от уклона и уровня прогреваемости территории, которые могут объяснять более 40 % его дисперсии, поскольку первичные климатические показатели – температура и влажность почвы имеют сложный цикл перераспределения. На мелкоделяночном опыте максимальный поток CO_2 из почвы отмечался на участках с одинарной дозой внесенных минеральных удобрений, тогда как большая урожайность зафиксирована для делянок с $N_{100}P_{100}K_{100}$. На данном опыте регрессия (предикторы: фитофаза, доза NPK, NPK^2) описывает 47 % дисперсии почвенного дыхания.

Библиографический список

1. Gavrichkova O. 2009. Drivers of soil respiration of root and microbial origin in grasslands. Universita degli studi della Tuscia-Viterbo. – 166 p
2. Люри Д.И., Карелин Д.В., Кудиков А.В., Горячкин С.В. Изменение почвенного дыхания в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах в южной тайге // Почвоведение. – 2013. – № 9. – С. 1060-1072.
3. Биометрические методы: (стат. обработка опыт. данных в биологии, сел. хоз-ве и медицине) / Акад. наук СССР. Ин-т биол. физики. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – Москва: Наука, 1964. – 415 с.
4. Чуян О.Г., Золотухин А.Н., Глазунов Г. П. Оценка ресурсов продуктивности пашни в склоновых агроландшафтах ЦЧР // Земледелие. – 2023. – № 1. – С. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-1-48
5. Сушко С. В. Эмиссия двуокиси углерода и микробное дыхание почв разных экосистем подтайги и лесостепи: Московская и Курская области: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.02.13 / Сушко Софья Владимировна; [Место защиты: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)]. – Москва, 2019. – 25 с.
6. Каганов В. В., Курганова И. Н. Оценка скорости минерализации органического вещества основных типов почв Европейской части России при различных температурных режимах // Региональные геосистемы. – 2011. – № 15(110). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-skorosti-mineralizatsii-organicheskogo-veschestva-osnovnyh-tipov-pochv-evropeyskoy-chasti-rossii-pri-razlichnyh-temperaturnyh (дата обращения: 30.01.2023).
7. Karelin, D. V. Contribution analysis of permanent and sporadic controls of Co2 efflux from chernozems over four seasons / D. V. Karelin, O. E. Sukhoveeva // Geography, Environment, Sustainability. – 2022. – Vol. 15. – No 1. – P. 35-45. – DOI 10.24057/2071-9388-2021-042. – EDN HEUGIC.
8. Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Розанова Л.Н., Кудеяров В.Н. - Годовая эмиссия диоксида углерода из почв южнотаежной зоны России. Почвоведение, 2001. – № 9. – С. 1045-1059

УДК 631.432

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАСПАШКЕ[1]

Иванов А.В., Тюгай З., Салимгареева О.А., Сидорова И.Я.
ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия.
E-mail: *anton.soil@mail.ru, zemfira53@yandex.ru, salimgareevaoa@my.msu, Yaroslavovna1999@yandex.ru*

Резюме. *Показано изменение структурно-функциональных свойств серой лесной почвы при длительной распашке на мезо и микроуровнях ее организации. На мезо уровне длительная распашка привела к уплотнению, увеличению глыбистости. На микроуровне – снижению степени микроагрегированности, о чем свидетельствует увеличение удельной поверхности по азоту и снижение гидрофильности.*
Ключевые слова: *серая лесная почва, микроморфология, агрегатный состав, структура, удельная поверхность, гранулометрический состав.*
Summary. *The change in the structural and functional properties of gray forest soil during long-term plowing at the meso and microlevels of its organization is shown. At the meso level, prolonged plowing led to compaction and an increase in blockiness. At the micro level, it is a decrease in the degree of microaggregation, as evidenced by an increase in the specific surface area for nitrogen and a decrease in hydrophilicity.*
Key words: *gray forest soil, micromorphology, aggregate composition, structure, specific surface area, granulometric composition.*

Введение. Одной из главнейших функций почв определяющих продуктивность естественных и искусственных экосистем является плодородие почв. В связи с интенсификацией земледелия значительно возросла антропогенная нагрузка на почвы: значительно возросли длительность и интенсивность обработки почв, что приводит к деградации ряда агрофизических свойств почв, изменению структурного состояния и как следствие потере естественного плодородия.

Цель нашего исследования – изучить влияние длительной распашки на некоторые физико-химические и поверхностные свойства серой лесной почвы с использованием современных инструментальных методов включая микро-морфологические исследования шлифов в ненарушенном состоянии.

Объекты и методы. Исследования были проведены на серых лесных почвах разного землепользования: лесной и пашня (Тульская область, Щекинский район). В таблице 1 представлено морфологическое описание исследованных разрезов серой лесной почвы.

В образцах, отобранных из почвенных горизонтов были исследованы физические и физико-химические свойства почв на агрегатном уровне организации почвы как традиционными методами физики почв так и с привлечением современных инструментальных методов: гранулометрический состав методом лазерной дифракции; агрегатный состав: сухое просеивание на виброгрохоте, мокрое просеивание методом Савинова, удельную поверхность (S) –

[1] Исследование проведено по теме НИР: Почвенные информационные системы и оптимизация использования почвенных ресурсов (№ 121040800147-0).

внешнюю определяли методом тепловой десорбции газов на аналитическом комплексе определения текстурных характеристик дисперсных систем (Vapor 100, Messo 222, 3P INSTRUMTNTS, Германия) и общую –весовым методом по Кутелику. Краевой угол смачивания – на анализаторе формы капель фирмы KRUSS Германия) [1, 3].

Таблица 1 – Морфологическое описание серых лесных почв

Разрез 1. Лес. (WRB: Haplic luvisol), вторая надпойменная терраса, 53˚58ʹ 23ʺ с.ш., 37˚10ʹ 57,5ʺ в.д..	Разрез 2. Пашня. (WRB: Haplic luvisol), склон водораздела восточной экспозиции, 53˚58ʹ 02,2ʺ с.ш., 37˚10ʹ 11,8ʹ в.д.
Горизонт О (0-1 см): фрагментированный опад лиственных пород средней степени разложенности (сохраняется опад прошлого года). *Горизонт АУ (1-15 см):* почва влажноватая, серо-коричневая, легкий суглинок, комковатая структура, очень рыхлая, поры не видны, трещин нет, много корней разного размера, среднее количество растительных остатков, есть червороины, включений нет, граница волнистая, переход постепенный. *Горизонт АЕL (15-32 см):* почва влажноватая, темно-серая, средний суглинок, призмовидно-комковатая структура, рыхлое структурное сложение, трещин и пор нет, единичные корни и растительные остатки в виде отмерших корней, есть червороины, включений нет, граница волнистая, переход постепенный, заметный *Горизонт ВЕL (32-63 см):* почва свежая, буро-серая, средний суглинок, ореховато-призмовидная структура, твердоватая, плотное структурное сложение, мало мелких пор, трещин нет, единичные корни и растительные остатки, присутствуют червороины, глинистые кутаны, скелетаны, включения – литоморфы *Горизонт ВТ (63-90 см):* почва влажноватая, светло-бурая, тяжелый суглинок, ореховатая структура, твердоватая, плотный, пористый, корней и включений нет, присутствуют глинистые кутаны и скелетаны	*Горизонт РУ (0-32см):* почва влажноватая, цвет - темно-серый, коричневый, комковато-глыбистая структура, крупные поры отсутствуют, много мелких корней и растительных остатков, присутствуют червороины, граница ровная, переход резкий, присутствуют пирогенный включения; в нижней части структура ухудшается становится плитчатой (плужная подошва). *Горизонт ВЕL (32-70 см):* почва влажноватая, бурая с белесыми натеками, тяжелый суглинок (шнур), твердая, плотное сложение, призмовидно-ореховатая структура, мало корней и растительных остатков, червороины, невыраженные глинистые кутаны и обильные скелетаны; включений нет, граница языковатая, переход постепенный по структуре и новообразованиям *Горизонт ВТ (70-92см):* почва влажноватая, тяжелый суглинок (шнур), бурая, ореховатая структура, рыхлое сложение.

Микроморфология почв была изучена с использованием почвенных шлифов на поляризационных микроскопах ПОЛАМ Р113 и Soptop CX40P, с камерой SIMAGIS TC-5CU [2].

Результаты и обсуждение. Согласно классификации Н.А. Качинского исследованные нами серые лесные почвы относятся к суглинку среднему Содержание физической глины (фракции <10 мкм) по всему профилю разрезов 1 и 2 ~ 40 %. Содержание тонких фракций <1 мкм незначительное 1, 5-4,3 %. Из всех фракций преобладает фракция крупной пыли (фракция размерами 10-50 мкм). Гранулометрический состав серой лесной почвы в процессе дли-

тельного с.-х. использования не изменился.

Морфологическое исследование почв на макро и мезо уровне при описании почвенных разрезов в полевых условиях позволило выявить переход комковатой структуры верхнего горизонта серой лесной почвы леса в комковато-глыбистую структуру пахотного горизонта серой лесной почвы при сельскохозяйственном использовании. При препарировании стенки почвенного разреза почвенным ножом в нижней части пахотного горизонта разреза 2 обнаружен слой так называемой плужной подошвы, для которой характерна повышенная плотность и плитчатая структура.

Сравнительный анализ при описании почвенных шлифов показал, что при длительной распашке происходит уменьшение многопорядковости агрегатов, общей порозности и упрощение структуры порового пространства. Почва под пашней более плотная, глыбистая, количество пор меньше, часть заполнено илистым веществом, растительных остатков и органического вещества в целом больше в почве под лесом, сами растительные остатки под лесом более разложенные; образец под лесом обладает признаками более высокой зоогенности (рис. 1).

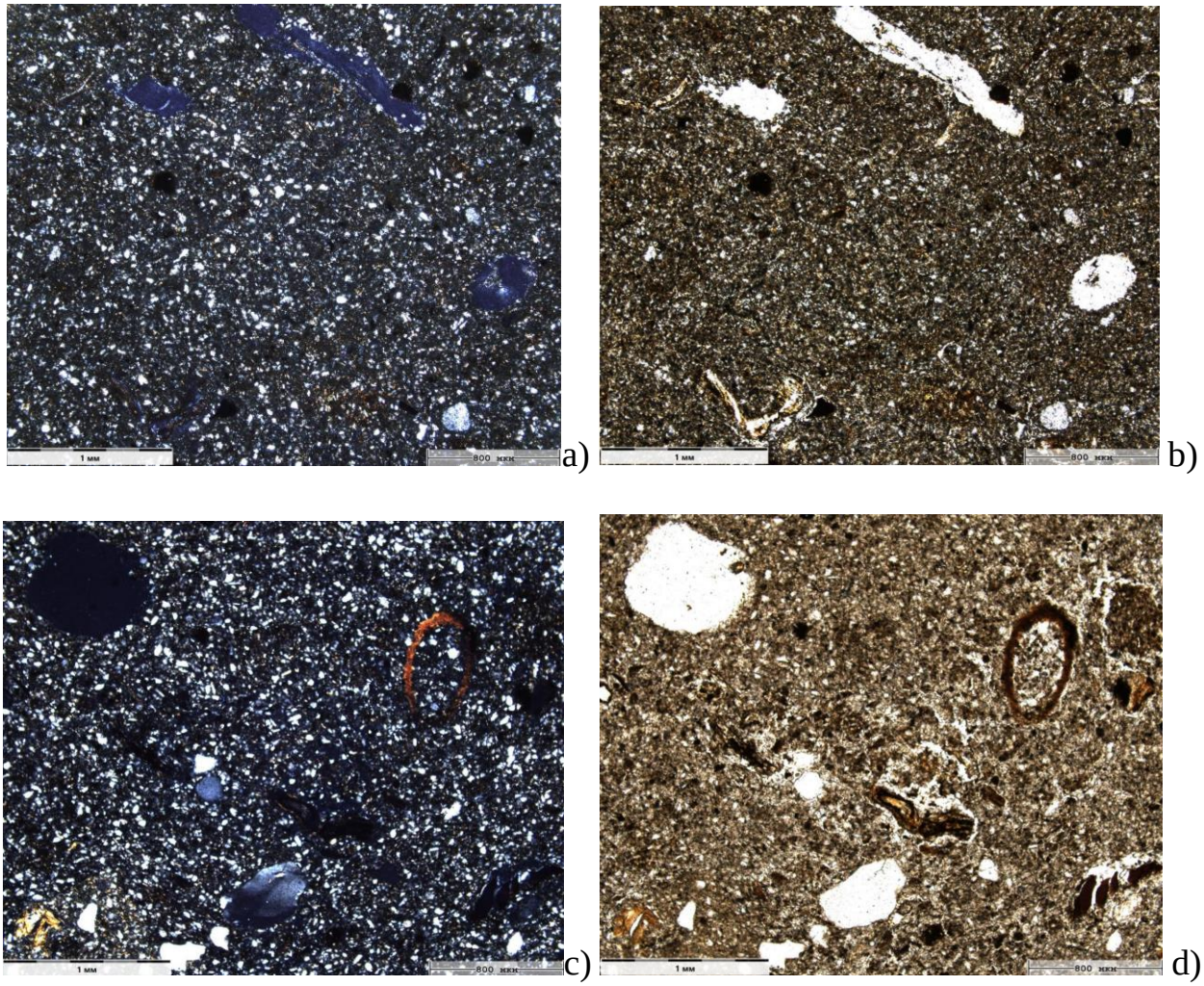


Рисунок 1 – Фото шлифов серой лесной почвы:
a – горизонт PY с анализатором; b – горизонт PY без анализатора;
c – горизонт AY с анализатором; d – горизонт AY без анализатора

Изменение структурной организации верхнего горизонта серой лесной почвы при длительной распашке, выявленное при микроморфологических исследованиях, влечет за собой ухудшение его агрофизических свойств.

В исследованной нами серой лесной почве отмечается резкое снижение содержания агрономически ценных агрегатов в результате длительной распашки серой лесной почвы (рис. 2). Почти в два раза увеличилось содержание глыбистой фракции > 10мм. Макроагрегированность серой лесной почвы под лесом (разрез 1.) относится к градации отличная агрегированность (сумма фракций размерами 10-0,25мм> 70 %). В результате длительной распашки этот показатель снизился и близок к неудовлетворительной (сумма фракций размерами 10-0,25 мм = 40 %).

Распашка в нашем случае не привела к увеличению общей степени дисперсности почвы (S общая по воде одинаковая в верхних горизонтах разрезов 1 и 2). Применение Аналитического комплекса для определения текстурных характеристик поверхностных свойств почв позволило четко отметить влияние распашки на ее дисперсность. Величина внешней удельной поверхности на пашне увеличилась в 1,5-2 раза. Что свидетельствует об уменьшении микроагрегированности почвенных частиц. Об этом же и свидетельствуют данные по величинам краевых углов смачивания. Почвенные частицы при длительной распашке характеризуются более низкими величинами углов смачивания по сравнению с их целинными аналогами.

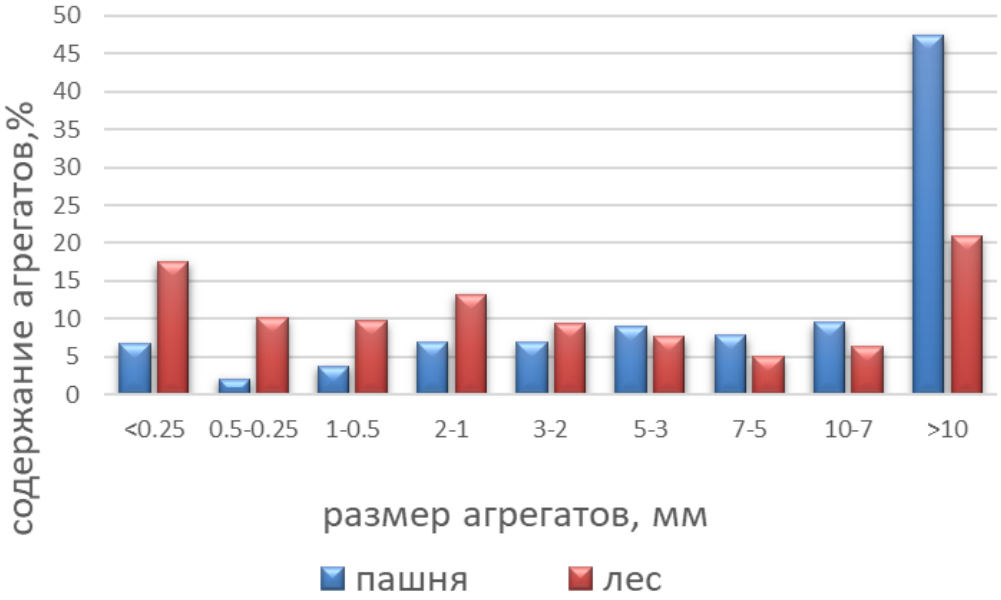


Рисунок 2 – Агрегатный состав (сухое просеивание) серой лесной почвы

Выводы. Длительная распашка серых лесных почв привела к изменению структурно-функциональных свойств верхнего горизонта:

1. На мезо- уровне в пахотном горизонте: более плотное сложение, меньшая агрегированность, наличие глыбистой структуры.

2. На микроуровне: изменение структуры порового пространства пахотных горизонтов в связи с разрушением агрегатов, исчезновением крупных

пор аэрации, биогенных ходов и межагрегатных пор и трещин, частично заполненных глинистым веществом.

3. Нарушение структурного состава привело к потере агрономическиценных агрегатов в горизонте PY. Агрегатный состав серой лесной почвы из градации «отличная» приблизился к градации «неудовлетворительная».

4. Определение внешней удельной поверхности по азоту и краевых углов смачивания диагностировало уменьшение микроагрегированности серой лесной почвы при длительной распашке.

Библиографический список

1. А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Изд-во Высшая школа, 1973. – 399 с.
2. Методическое руководство по микроморфологии почв. Учеб. Пособие / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1983. – 80 с.
3. Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Тюгай З.Н., Бутылкина М.А., Шеин Е.В., Дембовецкий А.В. Практикум по физике твердой фазы почв. Учебное пособие. – Москва: Издательство ООО «Буки-Веди», 2022. – 132 с. ISBN 978-5-4465-3536-1.

УДК 631.8.022.3

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Ильюшенко И.В.
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», г. Москва
E-mail: *ili.ari@yandex.ru*

Резюме. *Представлены данные о балансе калия и динамике его содержания за период с 1971 по 2021 гг. в пахотных почвах субъектов федерации с преобладанием дерново-подзолистых почв. Проведена работа по прогнозированию изменения содержания подвижного калия в почвах и регулированию данного процесса.*

Ключевые слова: *агрохимические свойства почв, содержание подвижного калия, вынос калия, вклад калийных удобрений.*

Summary. *Data on the potassium balance and the dynamics of its content for the period from 1971 to 2021 in arable soils of the subjects of the Federation with a predominance of sod-podzolic soils are presented. Work has been carried out to predict changes in the content of mobile potassium in soils and to regulate this process.*

Key words: *agrochemical properties of soils, mobile potassium content, potassium extraction, contribution of potassium fertilizers.*

Известно, что калий играет многофункциональную роль в жизни культурных растений и повышении их продуктивности, однако, оценка применения калийных удобрений за 50 летний период в нашей стране показала определенную неоцененность этого элемента в земледелии. Несмотря на высокий вынос калия урожаями, применение калийных удобрений отставало применения азотных и калийных удобрений. Тем не менее, в период интенсивной химизации отмечено существенное повышение плодородия почв по агрохимическим показателям. Площади с очень низким содержанием подвижного калия заметно сократилось. В наибольшей степени это коснулось регионов, в

которых более двух третей пахотных площадей были расположены на дерново-подзолистых почвах. Благодаря положительному балансу калия в этих субъектах федерации сверх выноса урожаями было внесено большое количество калия. В ряде регионов эта величина превысила в сумме за 25 лет 1000 кг/га, что позволило перевести большинство областей из среднеобеспеченных в повышеннообеспеченные. Например, Калужская и Смоленская области трансформировались из категории низкообеспеченных в среднеобеспеченные. В целом по Нечерноземной зоне средневзвешенное содержание K_2O повысилось с 86 до 159 мг/кг (табл. 1).

Начиная с 1991 г. применение калийсодержащих удобрений постоянно уменьшалось и к 2020 г. составило 2-3 кг/га. Вынос калия стал намного превышать его поступление в почву с удобрениями, что повлекло за собой снижение содержания подвижного калия. По состоянию на 1 января 2021 г. средневзвешенное содержание подвижного калия снизилось в 17 регионах Нечерноземной зоны, в которых дерново-подзолистые почвы составляли более 66 % пахотной площади. Большинство из них перешло из повышеннообеспеченных в среднеобеспеченные. В таких областях, как Брянская, Владимирская, Ивановская, Костромская и Тверская отмечено заметное снижение степени обеспеченности пахотных почв подвижных калием (табл. 1).

Таблица 1 – Баланс калия и динамика его содержания в пахотных почвах субъектов федерации с преобладанием дерново-подзолистых почв

Республика, край, область	Доля дерново-подзолистых почв, %	Баланс калия, кг/га		Содержание K_2O в почвах, мг/кг		
		1971-1995гг	1996-2020гг	1971г.	1996г.	2021г.
Брянская	66	1141	–646	71	140	94
Владимирская	66	1113	–668	93	128	97
Ивановская	95	775	–397	87	123	86
Калужская	66	522	–452	70	100	90
Костромская	99	520	–360	119	133	103
Московская	72	1447	–767	86	160	141
Смоленская	99	771	–353	79	118	93
Тверская	99	1137	–568	85	134	93
Ярославская	96	528	–500	96	99	94
Карельская	94	1904	–1187	60	172	144
Коми	89	1315	–614	146	126	112
Архангельская	89	1184	–393	128	135	134
Вологодская	98	1136	–583	113	126	113
Калининградская	90	1167	–714	140	202	178
Ленинградская	95	2230	–913	114	141	150
Новгородская	97	1081	–335	86	114	112
Псковская	99	1158	–400	97	123	111
Марий-Эл	99	717	–666	98	121	103
Удмуртская	82	490	–197	129	108	–
Кировская	86	322	–439	103	124	130
Пермский	82	298	–468	115	121	124

На основе полученных результатов можно понять, что теряют сельскохозяйственные предприятия в такой ситуации. Ведь известно, что переход содержания K_2O от высокой группы до низкой приводит к снижению урожайности без внесения калийных удобрений под озимую пшеницу и рожь, овес в 2,3 раза, картофеля – в 1,7 раза, льноволокна на супесчаных почвах – в 1,7 раза, на легкосуглинистых – в 1,4 и на среднесуглинистых – в 1,2 раза [1].

Таким образом, приходим к выходу о том, что в настоящее время одной из проблем рационального использования почвенных ресурсов Нечерноземной зоны является превышение выноса калия урожаями над его поступлением в почву, что приводит к обеднению дерново-подзолистых почв подвижным калием. Причем исследования показывают, что процесс снижения обеспеченности почв калием происходит гораздо быстрее по сравнению с фосфором, так как вынос калия урожаями примерно в 2,5 раза превышает потребление фосфора [2]. Для проведения планомерной работы по прогнозированию изменения содержания подвижного калия в почвах и регулирования данного процесса создана научно обоснованная нормативная база, которая позволяет с одной стороны научно обосновывать степень изменения содержания K_2O в почвах, с другой – принимать меры по повышению содержания калия в почве до намеченного уровня [3].

В основу расчетов были положены статистические данные о внесении минеральных удобрений, данные по распределению почвенных разновидностей и агрохимической характеристике почв Нечерноземной зоны. Проведена статистическая обработка материала методом корреляционно-регрессионного анализа.

Исходной информацией для математического моделирования послужили длительные полевые опыты ВНИИА, ДАОС и других научно-исследовательских учреждений, входящих в Географическую сеть опытов ВНИИА. Влияние изучаемых факторов, влияющих на «сдвиг» содержания подвижного калия в почвах оценивали по коэффициентам корреляции и корреляционным отношениям; по коэффициентам детерминации и индексам детерминации оценивалась доля изменчивости выходной величины, которая обусловлена колебаниями изучаемых факторов.

Результаты опытов были объединены в три выборки в зависимости от гранулометрического состава почв и уровня применения калийсодержащих удобрений. Диапазон колебаний содержания подвижного калия в почвах охватывал практически все классификационные группы, которые могут встретиться в условиях производства [3].

По каждой из этих групп были определены коэффициенты корреляции. Наиболее высокими они оказались в группах с нулевым и менее 50%-ным возмещением выноса (табл. 2). Представленные данные свидетельствуют о том, что теснота связи между изученными признаками оказалась высокой и составила соответственно – 0,74, –0,87. Скорость снижения обеспеченности почв подвижным калием наиболее заметно проявилась при высоком и очень высоком содержании K_2O в почвах.

Таблица 2 – Изменение содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах при различной их обеспеченности K_2O, мг/кг

Исходное содержание K_2O в почве, мг/кг	Возмещение выноса, %			
	0	0-50	50-100	>100
21-80	–11	–10	–7	–1
81-120	–23	–24	–19	–18
121-170	–40	–37	–20	–24
171-250	–69	–66	–39	–41
>250	–120	–99	–79	–50
Коэффициент корреляции	–0,86	–0,74	–0,77	–0,87

Результаты исследований показали, что влияние на снижение содержания подвижного калия оказывала исходная обеспеченность почв K_2O.

Таким образом, полученные результаты представляют собой более совершенную информацию, которая может использоваться при научно- обоснованном формировании калийного режима дерново-подзолистых почв и прогнозирования динамики содержания K_2O в почвах в зависимости от интенсивности применений калийсодержащих удобрений.

Библиографический список

1. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. – М.: ВНИИА, 2016. – 96 с.
2. Шафран С.А., Кирпичников Н.А., Ермаков А.А., Семенова А.И. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны и его регулирование. // Агрохимия. – 2021. – № 5. – С.14-20.
3. Шафран С.А. Научные основы и современные методы определения доз применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2022. – 236 с.

УДК 631.46:579.64

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ И БИОПРЕПАРАТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

Каменева И. А., Гритчин М.В., Якубовская А. И., Приходько А. В.,
Черкашина А.В., Караева Н. В.
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства»
E-mail: *irina.kameneva.7@mail.ru*

Резюме. *Иисследовали динамику биологической активности чернозема южного при заделке биомассы тритикале озимой с применением комплексного микробного препарата – деструктора растительных остатков. Показано, что комплекс микробных препаратов - деструкторов растительных остатков способствовал увеличению численности аммонификаторов на протяжении всего периода исследований, целлюлозолитиков – на начальных этапах разложения биомассы, активизации процесса трансформации органического вещества и повышал биохимический коэффициент гумификации биомассы сидерата.*

Ключевые слова: *сидераты, биомасса, комплекс микробных препаратов, биологическая активнось, чернозем*

Summary.*The dynamics of the biological activity of the southern chernozem was studied during the sealing of winter triticale biomass using a complex microbial preparation – a destructor of plant residues. It is shown that the complex of microbial preparations - destructors of plant residues contributed to an increase in the number of ammonifiers throughout the entire period of re-*

search, cellulolytics – at the initial stages of decomposition of biomass, activation of the transformation process of organic matter and increased the biochemical coefficient of humification of siderate biomass.
Key words: *green manure, biomass, complex of microbial preparations, biological activity, chernozem*

В условиях сокращения объемов внесения органических и минеральных удобрений актуальную проблему воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов во многом можно решить за счет приемов биологизации земледелия. Альтернативным источником восполнения органического вещества в почве являются сидеральные культуры [1]. В условиях степного Крыма использование вегетативной массы тритикале озимой в качестве органического удобрения способствовало улучшению структуры почвы, положительно влияло на процессы накопления органических и минеральных питательных веществ, формирование запасов влаги [2, 3]. Трансформация биомассы сидератов в сложные органические вещества, в том числе гумус, происходит при непосредственном участии микроорганизмов, активность которых является одним из важных показателей экологического состояния почвы, а способ её обработки оказывает существенное влияние на скорость минерализационных процессов [1, 4-6]. Агроклиматические условия в Крыму, как и в сопредельных, с ним сельскохозяйственных территориях, в последние годы приближаются к аридным, что связано с недостатком влаги, повышенными температурами воздуха и почвы, бесснежными зимами, суховеями и другими факторами. Следовательно, разработка эффективных приемов оптимизации разложения биомассы в почве – актуальная научная и практическая задача земледелия.

Цель исследований: изучить динамику биологической активности чернозема южного при заделке биомассы тритикале озимой с применением комплексного микробного препарата – деструктора растительных остатков.

В полевых опытах на полях стационарного севооборота лаборатории земледелия изучили динамику биологической активности чернозема южного при заделке фитомассы тритикале в фазу начала колошения дискованием с применением целлюлозолитического комплекса микробных препаратов (КМП), разработанного в отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма». Почвенный покров опытного участка представлен черноземом южным малогумусным на лессовидных глинах. Мощность гумусового горизонта до 40 см. Количество гумуса (по Тюрину) – 2,0-2,2 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 4,0-4,2, обменного калия до 40 мг на 100 г почвы. Климат континентальный с умеренно жарким засушливым летом и умеренно-мягкой неустойчивой зимой. Погодные условия в период проведения исследований были не типичными для степного Крыма и характеризовались обилием атмосферных осадков в период формирования вегетативной массы растений на фоне повышенного температурного режима. Агротехника выращивания тритикале общепринятая для степной части Крыма. Растения тритикале в фазу начала колошенияна обрабатывали суспензией КМП из растчета 1 л/га (около 300 л рабочего раствора), измельчали и задисковывали на глубину 10-15 см. Почву отбирали через 0,5 и 1,5

и 5 месяца после заделки фитомассы. Динамику биологической активности почвы исследовали в слое 0-20 см общепринятыми в микробиологии методами [7]. Количество микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) в 1 грамме абсолютно сухой почвы. Биохимический коэффициент накопления гумуса (БКНГ) рассчитывали по соотношению полифенолоксидазы (ПФО) к пероксидазе (ПО) [7]. Активность ПО и ПФО определяли в воздушно-сухих образцах колориметрическим методом А.Ш. Галстяна [8] и выражали в мг израсходованного субстрата на 1 г сухой почвы за 1 час. Постановку опыта и статистическую обработку результатов проводили по Н.С. Доспехову [9] и методическим рекомендациям по использованию граф-анализа в исследованиях биосистем [10].

Микробиологический анализ показал, что заделка дискованием фитомассы тритикале в фазу начала колошения и применение микробного препарата для ускорения ее разложения способствовало увеличению количества аммонификаторов на 15,8 %, 23,4 % и 17,7 % соответственно через 0,5, 1,5 и 5 месяцев в сравнении с вариантом без обработки (табл. 1). В условиях данного опыта не выявлено влияния применения микробного препарата на численность олигонитрофилов и фосфатмобилизующих бактерий. Вместе с тем, через 1,5 месяца эксперимента численность олигонитрофилов (диазотрофов) увеличилась в 2 раза, через 5 месяцев снижалась, но оставалась на высоком уровне. Диазотрофы способны развиваться при отсутствии или очень низком содержании азота в субстрате и увеличение их численности может свидетельствовать о завершении минерализационных процессов органического субстрата. На численность фосфатмобилизаторов в почве оказывают влияние ряд факторов, в том числе наличие подвижных форм фосфора и углерода. Так, при недостаточном содержании P_2O_5 и оптимальном количестве углерода численность этой группы микроорганизмов, как правило, увеличивается. Через 1,5 месяца после заделки фитомассы тритикале в почву численность фосфатмобилизаторов возрастла в 2 и 2,6 раз соответсвенно с обработкой КМП и без обработки.

Таблица 1 – Динамика численности функциональных групп микроорганизмов в черноземе южном при заделке дискованием фитомассы тритикале в фазу начала колошения (полевой опыт)

Численность микрооргнанизмов, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы	Варианты опыта					
	КМП			Без обработки		
	Период исследований, мес.					
	0,5	1,5	5	0,5	1,5	5
Аммонификаторы	8,8 ±0,46	9,5 ±0,26	11,3 ±0,09	7,6 ±0,20	7,7 ±0,15	9,6 ±1,15
Олигонитрофилы	8,0 ±0,52	16,3 ±0,23	10,3 ±0,43	8,5 ±0,72	16,4 ±0,46	10,6 ±0,95
Фосфатмобилизаторы	6,4 ±0,09	14,0 ±0,87	8,0 ±1,30	6,6 ±0,20	17,3±0,61	7,6 ±0,38
Целлюлозолитики*	16,1 ±1,24	3,3 ±0,07	12,83 ±0,97	7,9 ±0,64	9,2±0,94	15,0 ±1,33
Примечание: * – тыс.						

Важной группой в деструкции растительных остатков являются целлюлозолитические микроорганизмы, благодаря которым осуществляется круговорот биогенных элементов и формируется плодородие почв. Анализ талицы 1 показал снижение их численности через 1,5 месяца экспозиции и возрастание через 5 месяцев. На начальных этапах разложения фитомассы (0,5 месяцев) КМП стимулировал развитие целлюлозолитиков в черноземе южном, их численность в 2 раза была выше, чем в варианте без применения микробного препарата.

Между исследуемыми группами микроорганизмов установлена преимущественно сильная корреляционная связь. На начальных этапах разложения фитомассы (0,5 месяцев) численность аммонификаторов коррелировала с численностью азотфиксаторов (r=0, 883). Через 1,5 месяцев от начала эксперимента сильная корреляционная связь установлена между численностью азотфиксатров и фосфатмобилизаторов (r=0,961). Через 5 месяцев от начала опыта корреляционные связи ослабевали. Положительная корреляция установлена между численностью аммонификаторов и фосфатмобилизаторов (r= 0,724).

Соотношение численности микроорганизмов, способных расти на обедненных, в частности азотом, средах к микроорганизмам, ассимилирующим органический азот – индекс олиготрофности – характеризует направленность биологических процессов в почве. Стремление индекса олиготрофности к 1 (0,5 и 5 мес.) свидетельствует об активной трансформации органического вещества (табл. 2), а его повышение через 1,5 месяца до 1,7 и 2,1 соответственно в варианте с применением КМП и без обработки может указывать на замедление минерализационных процессов органического субстрата, и максимум зарегистрирован в почве контроля.

Таблица 2 – Динамика направленности микробиологических процессов в черноземе южном при заделке дискованием фитомассы тритикале в фазу начала колошения (полевой опыт)

Варианты опыта	Время экспозиции, месяц		
	0,5	1,5	5
КМП	0,9	1,7	0,9
Без обработки	1,1	2,1	1,1

В почве в результате жизнедеятельности автохтонной микробиоты протекают одновременно противоположные процессы: синтез и минерализация органического вещества (гумуса), которые зависят от активности ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы. Их соотношение (биохимический коэффициент накопления гумуса) характеризует темпы деструкции растительной массы и накопления гуминовых и фульвокислот. Анализ рисунка 1 показал увеличение коэффициента гумификации через 1,5 месяца от начала опыта, а применение КМП способствовало его сохранению на высоком уровне и через 5 месяцев, то есть перед посевом озимой пшеницы.

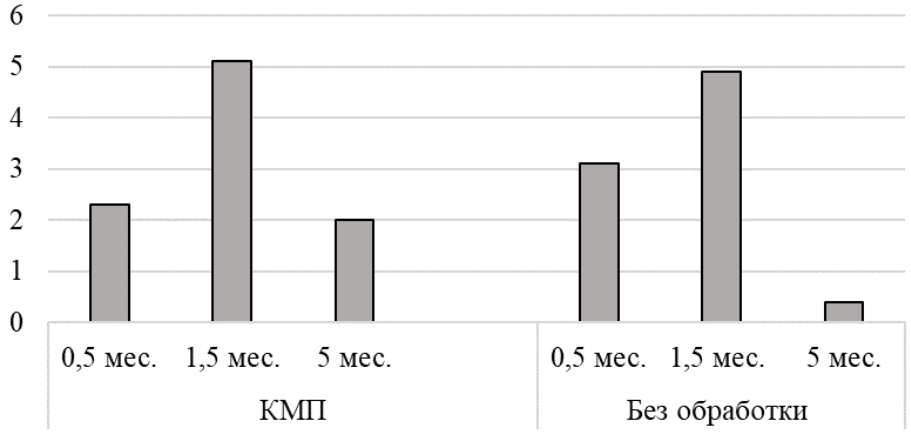


Рисунок 1 – Биохимический коэффициент накопления гумуса (по Муромцеву) в черноземе южном при заделке дискованием фитомассы тритикале в фазу начала колошения

Таким образом, установлено изменение численности исследуемых экологотрофических групп микроорганизмов в период разложения биомассы тритикале озимого и направленность микробиологических процессов минерализации оргинического вещества. Комплекс микробных препаратов – деструкторов растительных остатков способствовал увеличению численности аммонификаторов на протяжении всего периода исследований, целлюлозолитиков – на начальных этапах разложения биомассы, активизации процесса трансформации органического вещества и повышал биохимический коэффициент гумификации биомассы сидерата.

Библиографический список

1. Лошаков В.Г. Зеленое удобрение как биологический фактор сохранения и повышения плодородия почвы// Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение: сб. науч. трудов международной науч.-практ. Конференции (Санкт-Петербург – Пушкин 9 ноября 2016 года) / СПбГАУ. – СПб, 2016. – С.18-22.
2. Приходько А.В. Влияние способов использования тритикале озимой в качестве сидеральной культуры на физико-химические показатели почвы / А.В. Приходько, А.Н. Сусский, Л.С. Муравейник // II международная научно-практическая интернет-конференция "Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования" (Соленое Займище, 28 февраля). Соленое Займище, 2017. – С. 963-967.
3. Приходько А. В., Черкашина А. В. Продуктивность сидеральных культур в различных гидротермических условиях // Таврический вестник аграрной науки. 2021. – № 3(27). – С. 144-154. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-144-154
4. Солдатова, С.С. Роль сидерации и соломы в формировании экологически устойчивых агробиоценозов в южно-таежной зоне: дис. … канд. биол. наук: 03.02.08 / Солдатова София Сергеевна. – М., 2011. – 146 с.
5. Даденко Е.В. Влияние распашки на биохимические свойства черноземов Юга России / Е.В. Даденко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, М.А. Мясникова. – Южный Федеральный ун-т.- Ростов-на-Дону: Изд-во Южного.Федерального уни-та, 2015. – 115 с.
6. Каменева И.А., Якубовская А.И., Гритчин М.В., Приходько А.В. Биологическая активность южного чернозема при разных способах заделки фитомассы тритикале на сидераты /Современное состояние чернозёмов: материалы II Международной научной конференции, 24–28 сентября 2018 г. В двух томах / отв. ред. О. С. Безуглова; Южный федераль-

ный университет. – Ростов-на-Дону Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. Т. 1. – 458 с. – 138 – 143. ISBN 978-5-9275-2871-4
7. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: Научно-методическое пособие / Нижегородская с.-х. академия. – Нижний Новгород, 2012. – 64 с.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х.Хазиев. Ин-т биологии Уфим.НЦ. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат,1985. – 352 с.
10. Методические рекомендации по использованию граф-анализа в исследованиях биосистем / Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Кутузова Р.С., Рецензент д.биол. н., проф. Круглов Ю.В. ГНУ ВНИИСХМ РАСХН, – С.-Петербург-Пушкин, 2005 г. – 28 с.

УДК 633.63:631.92

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО НА СКЛОНАХ

Караулова Л.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия
E-mail: *karaulovaln@gmail.com*

Резюме. *В статье представлена характеристика содержания элементов питания в почвах Курской области ненарушенных био- и агроценозов. В результате исследований установлено, что почвы полярно-ориентированных склонов значительно различаются по содержанию элементов питания. Наиболее высоким содержанием элементов обладают склоны северной экспозиции, минимальными склоны южной экспозиции. От вершины к подножью запасы элементов повышаются. Такие закономерности прослеживаются и в агроценозах, и в ненарушенных почвах заповедника.*
Ключевые слова: *экспозиция склона, южный склон, северный склон, чернозем, гумус, азот, подвижные формы фосфора и калия*
Summary. *The article presents a description of the content of nutrients in the soils of Kursk region undisturbed of bio- and agrocenoses. The studies have found that the soils of polar-oriented on slopes vary significantly in the content of the nutrients. The highest content elements are the slopes of the northern exposition, the minimum content are on slopes of the southern exposition. From the top to the foot of the element reserves rise. Such patterns can be seen in the agrocenoses and undisturbed soils of the reserve.*
Key words: *slope exposure, southern slope, northern slope, chernozem, humus, nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium*

Почва является одним из основных компонентов агроландшафта, и ее состояние во многом определяет результаты сельскохозяйственной деятельности человека. Плодородие почвы и рельеф местности тесно взаимосвязаны. Рельеф определяет агрохимические свойства почвы, содержание в ней макро и микроэлементов, радиационный и тепловой баланс, интенсивность биологических, химических и физических процессов [1].

На свойства почвы в агроландшафте оказывает влияние совокупность природных и антропогенных факторов, чтобы рационально использовать ресурсный потенциал почвы, антропогенные воздействия на нее должны соответствовать процессам и условиям, сложившимся в агроландшафте [2].

Как известно, склоны южной экспозиции получают больше солнечной

радиации по сравнению со склонами северной экспозиции. Это приводит к более быстрому прогреванию почвы весной и ускоряет испарение влаги с её поверхности. Соответственно, на склонах южной экспозиции в течение вегетационного периода температура почвы выше, чем на склоне северной экспозиции. Под воздействием более высокой температуры происходит более ранняя активизация почвенных микроорганизмов в почвах южных склонов. Для ориентированных на север склонов характерна более высокая влажность почвы по сравнению с южными склонами. Весной данная особенность обусловлена различиями в снегозапасах, летом и осенью – меньшим расходом влаги на испарение в условиях меньшей освещенности и температуры.

Как известно, в зависимости от режимов изменяются свойства черноземных пахотных почв на склонах южной и северной экспозиций: содержание гумуса, азота, кислотность, подвижных элементов питания.

В отличие от равнин, главной особенностью склоновых земель является большая пестрота по плодородию, то есть по наличию усвояемой пищи для растений в почве и условий для ее потребления, что связано с режимами влаги и температуры.

В связи с этим представляет интерес изучение свойств почв склонов при антропогенном влиянии и его отсутствии, что позволяет определенным образом расширить представление о влиянии экспозиций склонов на свойства почв.

Учет изменения плодородия почвы в зависимости от рельефа – необходимое условие адаптации технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Исследования свойств почв проводили на территории Центрально-Черноземного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина и в многофакторном полевом опыте (МФПО). Объектом исследования являлся чернозем типичный, залегающий на приводораздельных частях, а также у подножья склона северной и южной экспозиции.

Почвенные образцы в заповеднике отбирались на склонах, расположенных на Стрелецком участке заповедника (квартал 19, выд. 1), известный под названием Петрин лог. Географические координаты места обследования (верхняя часть склона северной экспозиции): 51°55'803" с.ш., 35°15'071" в.д. Крутизна склонов – средняя. На склонах производится умеренный выпас скота и сенокошение.

Многофакторный полевой опыт (МФПО) расположен в Медвенском районе Курской области. Территория, на которой проводились исследования, расположена в пространстве на склонах южной и северной экспозиции с уклоном 3-5°. Географические координаты места 51°52'99" с.ш., 36°11'12" в.д. Изучение физико-химических свойств проводилось в 4-х-польном зернопаропропашном севообороте.

Почвенные образцы были взяты в верхней и нижней части склонов, с глубины 0-20 см. Отбор проб проводился в конце июля 2012, 2018, 2020, 2022 гг. При анализе образцов почвы определялись следующие показатели: гумус –

по Тюрину (ГОСТ 26213-91); азот щелочногидролизуемый – по Корнфилду; фосфор подвижный – по Чирикову (ГОСТ 26204-91); калий подвижный – по Чирикову (ГОСТ 26204-91); pH – в 1,0 HKCl вытяжке (ГОСТ 26483-85).

В ЦЧР эффективность сельскохозяйственного производства в значительной степени определяется не только почвенными условиями, но и рельефом. Курская область является уникальным географическим регионом, где стыкуются разнообразные ландшафты.

По данным генеральной схемы противоэрозионных мероприятий Курской области, около половины пахотных земель региона расположено на склонах [3]. Территория ЦЧР отличается высоким уровнем распаханности, а производство сельскохозяйственных культур осуществляется в условиях расчлененного рельефа [4].

В Курской области эффективность сельскохозяйственного производства в значительной степени определяется не только почвенными условиями, но и рельефом. По данным генеральной схемы противоэрозионных мероприятий Курской области [3], свыше 30 % пахотных земель региона расположено на склонах более 2° и в разной степени эродировано.

Верхняя и нижняя часть склона, и его экспозиция оказывают значительное влияние на показатели плодородия почвы (таблица 1).

Проведенные нами исследования показали, что почвы Заповедника на склоне северной экспозиции характеризуются как средне- и сильнокислые. Причем приводораздельные верхние части склона относятся к среднекислым, а при продвижении к днищу балки кислотность почв увеличивается. На склонах южной экспозиции почвы нейтральные и на вершине, и в нижней части склона.

Аналогичные закономерности в изменении кислотности прослеживаются и в исследуемых почвах многофакторного опыта. Только склоны северной экспозиции характеризуются показателями слабокислой реакцией, что может объясняться проводимыми мелиоративными мероприятиями.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почв исследуемых склонов

Склон	Часть склона	pH_{KCL}	Гумус, %	Nщг	P_2O_5	K_2O
				мг/100 г почвы		
Северный	Заповедник					
	верхняя	4,9	9,2	29,8	6,5	6,6
	нижняя	4,0	10,3	38,8	10,2	17,3
	Агроценоз					
	верхняя	5,5	5,0	15,4	15,5	12,1
	нижняя	5,6	4,8	14,9	14,7	11,0
Южный	Заповедник					
	верхняя	7,2	5,9	17,9	4,5	18,4
	нижняя	7,4	5,8	24,6	11,5	12,7
	Агроценоз					
	верхняя	7,2	4,5	12,2	14,0	13,5
	нижняя	7,3	4,6	12,1	19,3	16,0

Различия в степени кислотности почвы на склонах объясняются как осо-

бенностями микроклимата, так и особенностями протекания эрозионных процессов. На северном склоне вследствие глубокого промачивания почвы весной значительная часть карбонатов вымывается в нижележащие её слои. В результате этого кислотность верхнего слоя почвы повышается. На склоне южной экспозиции почва весной подвергается менее глубокому промачиванию, а в летний период сильному иссушению, которое приводит к восходящей миграции солей. В результате в почве южного склона наблюдается снижение кислотности. Вниз по склону кислотность почвы повышается, что можно объяснить перемещением вниз по склону свободных минеральных кислот в процессе водной эрозии.

Чернозем на склонах полярных экспозиций также отличается по содержанию гумуса. В почве склона северной экспозиции Заповедника в среднем содержится 9-10 % гумуса, в почве склона южной экспозиции – 5-6 %. В тоже время почвы многофакторного опыта характеризуются как среднеобеспеченные, содержание гумуса колеблется в пределах 4,5-5,0 % в зависимости от склона. Низкое содержание гумуса в почве южных склонов может быть связано с более активной его минерализацией микроорганизмами.

Достоверных различий между содержанием гумуса в приводораздельных и нижних частях склона не выявлено.

В почвах Заповедника содержание щелочногидролизуемого азота в 1,5 раза выше на северном склоне по сравнению с южным (30-39 мг/100 г почвы и 18-25 мг/100 г почвы соответственно). На склонах северной и южной экспозиции вниз по склону содержание щелочногидролизуемого азота повышается.

В агроценозе на склоне южной и северной экспозиции отмечены аналогичные закономерности. Содержание щелочногидролизуемого азота на северном склоне выше, чем на южном на 3-3,5мг/100 г почвы. Запасы азота в верхней части склона и подножия существенно не различаются.

Такие различия изменения по склонам связаны со складывающимися более благоприятными гидротермическими условиями для биохимической трансформации органического веществ на склонах южной экспозиции в отличие от северной. Результатом такого многолетнего различия является формирование почв с различными свойствами и режимами, что в конечном итоге отражается на количестве азота.

В Заповеднике содержание фосфора на склоне северной экспозиции незначительно выше, чем на склоне южной экспозиции. При передвижении вниз по склону содержание фосфора на склонах заповедника повышается.

В многофакторном полевом опыте количество фосфора на склонах практически одинаковое. Увеличение содержания отмечено лишь при передвижении к подножью южного склона. Такая равномерность распределения элемента между склонами связана с внесением минеральных удобрений.

В нетронутых биоценозах Заповедника разница внутри и между склонами может быть связана с тем, что склоновые поверхности характеризуются иными по сравнению с плакорами гидротермическими условиями. В таких условиях по-разному складываются условия произрастания растений и с раз-

ной скоростью идут процессы потребления элемента растениями.

Калийный режим исследованных почв более благоприятный, чем фосфатный, содержание этого элемента в среднем по южному склону в заповеднике составляет от 13,5 мг/100 г почвы до 18,4 мг/100 г почвы, по северному склону 6,6-17,3 мг/100 г почвы.

При исследовании содержания подвижных форм калия наблюдались следующие тенденции. Содержание подвижного калия на склоне северной экспозиции заповедника повышается вниз по склону, а на склоне южной экспозиции – напротив, снижается. В почвах многофакторного склона отмечена обратная связь.

Активная мобилизация подвижного калия связана, вероятно, с условиями микроклимата южного склона. Периодическое промерзание почвы зимой и пересыхание летом способствует высвобождению этого элемента из кристаллической решетки.

Выводы. В итоге можно дать заключение, что почвы полярно-ориентированных склонов значительно различаются по содержанию элементов питания. Наиболее высоким их содержанием обладают склоны северной экспозиции, минимальными – склоны южной экспозиции, а от вершины к подножью запасы элементов питания повышаются.

Библиографический список:

1. Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
2. Германова С.Е., Петухов Н.В., Самброс Н.Б., Пивень Е.А., Зинченко А.В. Воздействие антропогенных факторов на сельскохозяйственные почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – Т. 66. – № 1 (391). – С. 39-42.
3. Комитет агропромышленного комплекса Курской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://apk.rkursk.ru/rasten.htm
4. Статистический ежегодник Курской области. 2022: Стат.сб./Курскстат. – Курск, 2022. – 420 с.

УДК 631.452

БАЛАНС ГУМУСА В ЧЕРНОЗЁМЕ В УСЛОВИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Клостер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б.
Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина, Белгород
E-mail: *lotkova2001@mail.ru*

Резюме. *В условиях ЦЧЗ проведены исследования по выявлению величин приходной и расходной части органического вещества чернозёма типичного в зависимости от применяемой системы удобрения. Установлено, что при отсутствии органических удобрений условиями для бездефицитного баланса гумуса является широкое использование сидеральных культур и заделка нетоварной части урожая.*

Ключевые слова: *гумус, сидераты, органические удобрения, баланс, органическое вещество.*

Summary. *In the conditions of the Central Processing Plant, studies were carried out to identify the values of the input and expenditure part of the organic matter of typical chernozem, depending on the fertilizer system used. It has been established that in the absence of organic fertilizers,*

the conditions for a deficiency-free humus balance are the widespread use of sideral crops and the sealing of the non-commodity part of the crop.
Key words: *humus, siderates, organic fertilizers, balance, organic matter.*

Современное сельскохозяйственное производство призвано решать главную задачу получения стабильных высоких урожаев, максимальной прибыли при оптимизации затрат. Данный подход послужил причиной усиливающейся деградации почв, сокращения запасов органического вещества [1]. В Белгородской области к сельхозтоваропроизводителям предъявляются повышенные требования к использованию пашни, предусматривающие меры ответственности за ухудшение показателей плодородия и, прежде всего, содержания гумуса. При широко развитой отрасли животноводства в регионе данная проблема может быть решена внесением органических удобрений [2, 3], однако, не все хозяйства имеют такую возможность. В условиях чисто растениеводческого хозяйства, где основным направлением является возделывание зерновых, технических культур, для создания бездефицитного баланса гумуса в почве необходимо широкое использование сидеральных культур и заделка нетоварной части урожая [4, 5]. Подобный агроприём способствует поступлению в почву свежего органического вещества, активизации микробиологической деятельности и создаёт предпосылки для процесса активной гумификации и накопления гумуса в почве. Однако, ассортимент сидератов, способы их заделки и варианты использования побочной продукции, еще недостаточно проработаны. Ввиду этого, отсутствуют конкретные рекомендации, подкрепленные научными экспериментальными материалами. Данный пробел мы попытались восполнить своими исследованиями.

Опыты проводили в Красненском районе Белгородской области, который расположен в северо-западной части региона на границе с Воронежской областью. Район проведения исследований характеризуется умеренно-континентальным климатом с умеренно-холодной зимой и продолжительным безморозным периодом. Количество выпадающих осадков 500 мм, сумма эффективных температур 2500°. Почва хозяйства- чернозём типичный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 5,5 % и нейтральной реакцией почвенной среды.

В условиях хозяйства- ООО «Зерно Белогорья» Красненского района Белгородской области, нами подобраны элементы агротехнологий, при которых создаются предпосылки для бездефицитного баланса гумуса при биологическом способе ведения сельскохозяйственной деятельности. Структура посевных площадей, сложившаяся в хозяйстве за период проведения исследований представлена в таблице 1.

Из приведенной таблицы можно сделать вывод о том, что культуры в хозяйстве – зерновые, занимают в настоящий момент 100 % площади пашни. Необходимо отметить, что площади посевов под соей в хозяйстве по сравнению с первоначальным периодом наблюдений значительно увеличились, что отвечает внутрихозяйственным потребностям.

Таблица 1 – Структура посевных площадей (га) в ООО «Зерно Белогорья»

Культуры	1 год	2 год	3 год	Перспектива
Озимая пшеница	7500	7663	4023	3798
Кукуруза на зерно	6500	11177	12269	11303
Подсолнечник	6500	6200	4070	3637
Соя	2500	125	2170	3794
Сахарная свекла	2000	–	–	–
Горчица (пожнивно)	4000	4500	8000	11300
Выводные поля	–	–	2500	2500
Всего	25000	25000	22500	22500

Анализ урожайности основных полевых культур в хозяйстве показал, что она находится на достаточно высоком уровне по причине достаточного минерального питания, высокого потенциального плодородия пахотных угодий и благотворном влиянии промежуточных посевов горчицы на режим влагообеспеченности полей (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность сельскохозяйственных культур (т/га)

Культуры	1 год	2 год	3 год	Перспек-тива
Озимая пшеница	3,2	4,0	4,0	4,0
Кукуруза на зерно	4,7	6,0	6,0	6,0
Подсолнечник	2,5	2,5	2,5	2,5
Соя	1,3	2,0	2,0	2,0
Сахарная свекла	40,0	–	–	–
Горчица (пожнивно)	20,0	20,0	20,0	20,0/15,0

Предложенная нами технология биологизации земледелия включает обязательный посев сидеральной культуры – горчицы белой после озимой пшеницы, части кукурузы на зерно и подсолнечника, а также заделку соломы зерновых и зернобобовых культур с предварительным измельчением и обязательным внесением 10 кг действующего вещества азота минеральных удобрений на 1 тонну измельченной органики.

До начала наших исследований и реализации рекомендуемых технологий дефицит гумуса в общем по хозяйству составлял более 300 кг/га и продолжал увеличиваться. При широком использовании сидеральных культур создались предпосылки для накопления гумуса. На третий год исследований баланс зафиксирован на уровне + 180 кг/га. По нашим перспективным расчётам выполнение научно-обоснованных рекомендаций позволит стабилизировать гумусовой состояние чернозема в хозяйстве и создать условия для расширенного воспроизводства пахотных земель.

Библиографический список

1. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения: Монография- Белгород: «Отчий край», 2022. – 216 с.
2. Научно-обоснованная система земледелия Белгородской области. Рекомендации специалистам сельского хозяйства и землепользователям. – Белгород, 1999. – 242 с.
3. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современном земледелии/ В.Я. Родионов. – Белгород, 2013. – 213 с.

4. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Ревин Н.Ю., Резвякова Е.С. Приемы повышения продуктивности и экологической устойчивости растений на биологической основе / Экономические и гуманитарные науки. – 2017. – С. 179.
5. N.I. Kloster and V.B. Azarov Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ДИНАМИКУ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ПАХОТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ, НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА: ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА-ОВЕС-ЯЧМЕНЬ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Корчагин А.А[1,2], Щукин И.М[2], Мальцев И.В.[2], Щукина В.И[2]
[1]Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир.
[2] Верхневолжский федеральный аграрный научный центр п. Новый,
Суздальский р-н, Владимирская обл.
E-mail: [1]*korchaginaa60@mail.ru*

Резюме. *Представлены 3-х летние данные по влиянию систем удобрений и способов обработки почвы на запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность звена севооборота: яровая пшеница – овес – ячмень с подсевом многолетних трав.*
Ключевые слова: *система удобрений, система обработки почвы, запасы продуктивной влаги, яровая пшеница, овес, ячмень*
Summary. *Three-year data on the influence of fertilizer systems and soil treatment methods on the productive moisture reserves in the soil soil, crop yields and crop rotation productivity of the link: spring wheat - oat - barley with undercoat perennial grasses are presented.*
Key words: *fertilizer system, soil treatment system, productive moisture reserves, spring wheat, oats, barley*

Курс на экологизацию земледелия, принятый на конференции в Рио-де Жанейро в 1992 г. привел к созданию новых экологических концепций систем земледелия, суть которых заключается в том, чтобы нашим потомкам досталась экологически чистая, «здоровая» планета. Это концепции биологического, экологического, ландшафтного и т.п. земледелия [1]. Однако общепризнано, что более концептуально выраженной является концепция адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛСЗ) академика В.И. Кирюшина [2]. В данной концепции термин «адаптивное» обозначает адаптацию системы к конкретным условиям агроландшафта, термин ландшафтная показывает экологическую адресность новой системы.

Актуальность данной концепции заключается в том, что разработанные ранее агротехнологии для зональных систем земледелия не имели экологической адресности, поскольку природная зона охватывает чрезвычайно разнообразные почвенно-климатические условия. АЛСЗ имеют точный агроэкологический ад-

рес – тип земель, поэтому агротехнологии для АЛСЗ должны разрабатываться для конкретных условий агроландшафта Владимирского ополья.

Цель исследования – усовершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных культур для АЛСЗ на серых лесных почвах Владимирского ополья.

Задачи исследования:

1. Установить влияние систем удобрений и обработки почвы на урожайность звена севооборота.

2. Установить влияние систем обработки почвы на динамику запасов продуктивной влаги и урожайность звена севооборота.

3. Оценить комплексное влияние агрогенных факторов на урожайность и продуктивность яровой пшеницы, овса и ячменя.

Условия, материалы и методы. Полевые исследования проводили в многолетнем стационарном полевом опыте отдела интенсивного земледелия в 2019-2021 гг. Перед проведением опыта агрохимические показатели серой лесной среднесуглинистой почвы были следующие: гумус – 2,10 %, pH (сол.) – 5,75-5,83; подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 106,2-237,3 мг/кг; обменного калия (по Масловой) – 209-451 мг/кг почвы.

Объекты исследований: 2019 г. – яровая пшеница; 2020 г. – овес; 2021 г. – ячмень+многолетние травы.

Дозы удобрений рассчитывались балансовым методом на два уровня интенсивности:

1. Интенсивный – на продуктивность 27-35 ц/га з.е.

2. Высокоинтенсивный – на продуктивность 37-45 ц/га з.е.

Данные уровни интенсивности создаются за счет расчетных доз удобрений. На яровой пшенице: интенсивный – $N_{60}P_{60}K_{60}$; высокоинтенсивный – $N_{90}P_{90}K_{90}$; на овсе: интенсивный – $N_{90}P_{90}K_{90}$; высокоинтенсивный – $N_{120}P_{120}K_{120}$; на ячмене: интенсивный – $N_{60}P_{60}K_{60}$; высокоинтенсивный – $N_{80}P_{80}K_{80}$.

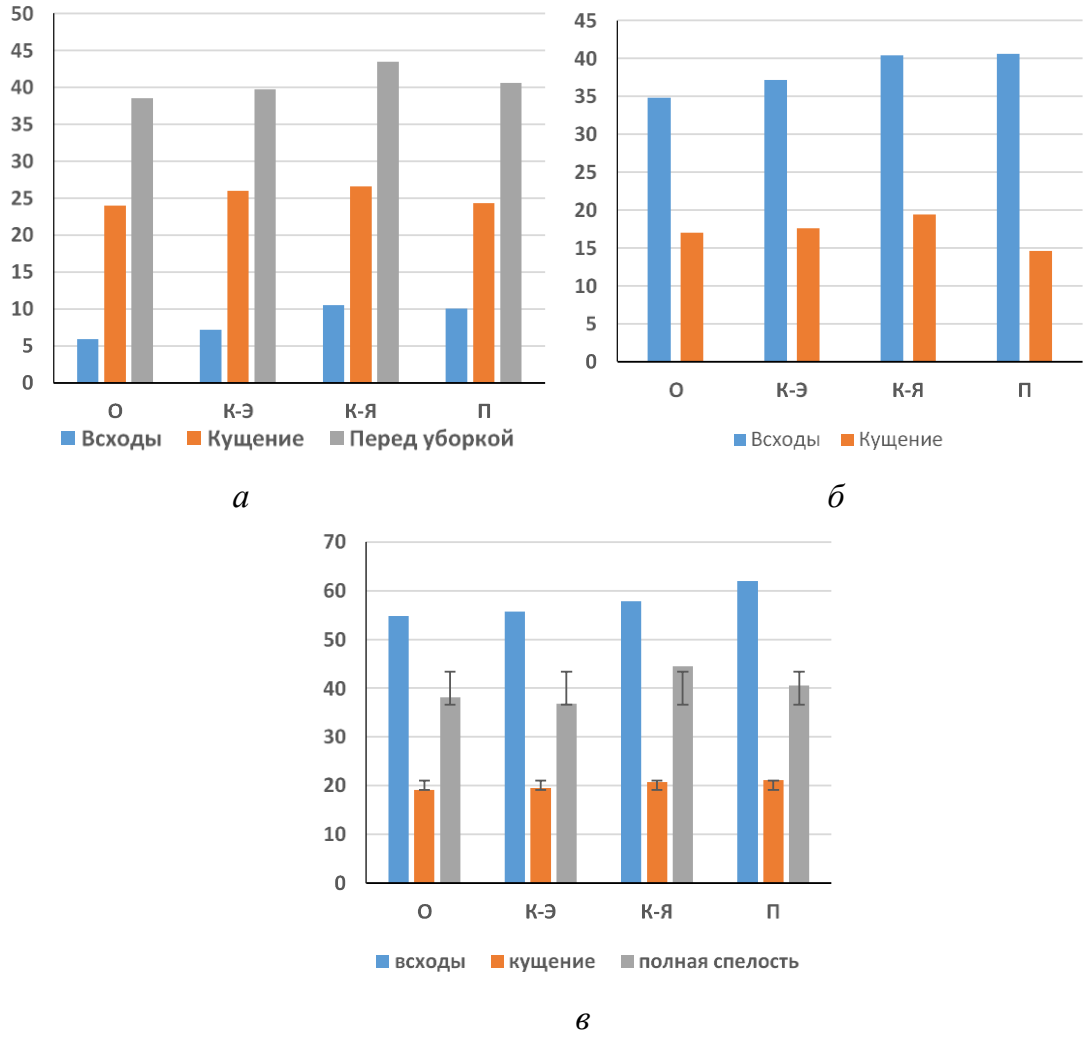
В опыте изучали четыре системы обработки почвы: отвальную (ежегодная отвальная вспашка плугом ПЛН 4-35 на 20-22 см), комбинированно-энергосберегающую (ежегодная мелкая обработка на 10-12 см культиватором КПС-4 с вспашкой плугом ПЛН 4-35 на 20-22 см многолетних трав), комбинированно-ярусную (ежегодная мелкая обработка культиватором КПС-4 на 10-12 см с вспашкой ярусным плугом ПЯ 3-35 на 25-27 см многолетних трав) и противоэрозионную (ежегодное глубокое безотвальное рыхление КПГ 2-25 на 25-27 см).

Учеты и наблюдения за растениями велись по методике Госсортсети (1991). Агрохимический анализ почв провели в соответствии с ГОСТом по методикам ВИУА. Площадь делянки составляет 140 м^2, учетной – 1 м^2.

Результаты исследований обработаны методом дисперсионного анализа [3].

Результаты и обсуждение. *Запасы продуктивной влаги*. В фазу всходов яровой пшеницы в 2019 г. запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см были неудовлетворительными на отвальной и комбинированно-энергосберегающей системах обработки – от 6,2 до 7,4 мм. (рис. 1 а). Более высокие запасы про-

дуктивной влаги накапливаются на комбинированно-ярусной и противоэрозионной системах обработки – 10-11,2 мм. К концу вегетации запасы влаги в слое 0-20 см составляли 38,7-42,5 мм. При этом высокие запасы влаги накапливаются на комбинированно-ярусной – 42,4 мм и противоэрозионной – 42,1 мм системах обработки. Запасы продуктивной влаги под овсом в 2020 г. в фазу всходов были хорошими, около 35-40 мм. Высокие запасы влаги отмечены на комбинированно-ярусной – 37,8 мм и противоэрозионных – 41,2 мм системах обработки (рис.1 б). К фазе кущения запасы влаги становятся неудовлетворительными – 14,9-19,5 мм. При этом запасы влаги в слое 0-20 см были несколько выше на комбинированно-ярусной системе обработки – 19,5 мм. Запасы влаги под ячменем в 2021 г. в фазу всходов в слое 0-20 см были хорошими, более 54,2-60,9 мм по всем системам обработки почвы (рис.1 в). В фазу кущения запасы влаги уменьшились и были удовлетворительными – 18,4-20,9 мм. В фазу полной спелости после августовских дождей запасы влаги опять становятся хорошими – 41,4-41,8 мм.



а *б*

в

Рисунок 1 – Влияние систем обработки почвы на динамику запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы (0-20 см), мм.
а – в 2019 г., *б* – в 2020 г., *в* в – 2021 г.

Более высокие запасы влаги в период вегетации отмечены на комбинированно-ярусной и противоэрозионной системах обработки.

Таким образом, в течение трех периодов вегетации 2019-2021 гг. высокие запасы продуктивной влаги отмечены на комбинированно-ярусной и противоэрозионной системах обработки. Это может быть связано с пролонгирующим влиянием предыдущих обработок. Разрушение плужной «подошвы» ярусным плугом на глубине и глубоким безотвальным рыхлением на глубину 25-27 см способствовало разуплотнению почвы, улучшению водно-воздушного режима, накоплению влаги. Об этом мы указывали в предыдущей работе [4].

Урожайность сельскохозяйственных культур. В погодных условиях 2019 г. урожайность яровой пшеницы была не высокой и в среднем по вариантам опыта составила 24,7 ц/га. Применение полных доз минеральных удобрений не привело к достоверному росту урожайности (табл. 1).

Достоверные прибавки дали комбинированно-ярусная – 2,4 ц/га и комбинированно-энергосберегающая системы обработки – 3,1 ц/га (при $НСР_{05}$=2,2 ц/га).

Урожайность овса в условиях 2020 г. была высокой и составила в среднем по вариантам опыта 41,3 ц/га. В этих условиях удобрения дали существенную прибавку – 2,2 ц/га (при $НСР_{05}$=1,8 ц/га). Комбинированные и противоэрозионная системы обработки дали достоверные прибавки урожайности – 6,5-8,7 ц/га в сравнении с отвальной (при $НСР_{05}$=2,3 ц/га).

В погодных условиях 2021 г. урожайность ячменя была низкой и составила в среднем по вариантам опыта 14 ц/га. Влияние удобрений и обработки почвы было не существенным.

Таблица – 1 Влияние систем удобрений и обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га

Система обработки	Культура					
	Яровая пшеница		Овес		Ячмень + мног. травы	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{80}P_{80}K_{80}$
Отвальная (О)*	22, 6	23, 2	34, 4	37,6	13,9	14,5
Комбинированно-энергосберегающая (К-Э)	26, 1	25, 9	40, 8	43,4	13,2	13,9
Комбинированно-ярусная (К-Я)	24, 9	25, 7	43, 4	45,9	13,6	14,1
Противоэрозионная (П)	24,4	24,9	40,2	42,4	13,7	14,2
	$НСР_{05}$удобр.=2,5 ц/га $НСР_{05}$обраб.=2,2 ц/га		$НСР_{05}$удобр.=1,8 ц/га $НСР_{05}$обраб.=2,3 ц/га		$НСР_{05}$удобр.=1,2 ц/га $НСР_{05}$обраб.=2,2 ц/га	

Продуктивность звена севооборота. За три года исследований более высокая продуктивность звена севооборота: яровая пшеница-овес-ячмень+ многолетние травы получена на комбинированно-ярусной системе обработки

почвы на обоих уровнях интенсивности: интенсивном 74,4 ц/га з.е. и высокоинтенсивном 76,7 ц/га з.е. (табл. 2)

Таблица 2 – Продуктивность звена севооборота, ц/га з.е.

Система обработки	Культура						Интенсивный	Высокоинтенсивный
	Яровая пшеница		Овёс		Ячмень + многолетние травы			
	Уровень интенсивности							
	Интенсивный	Высокоинтенсивный	Интенсивный	Высокоинтенсивный	Интенсивный	Высокоинтенсивный		
О*	24,1	25,1	27,5	30,1	13,9	14,5	65,5	69,7
К-Э	24,9	25,7	32,6	34,7	13,2	13,9	70,7	74,3
К-Я	26,1	25,9	34,7	36,7	13,6	14,1	74,4	76,7
П	22,6	23,2	33,7	34,2	14,2	14,4	70,5	71,8
Средне	24,4	24,9	32,7	33,9	13,7	14,2	70,8	73,0

*-обозначения как в таблице 3

Выводы. В погодных условиях 2019 г. при недостатке влаги в период кущения урожайность яровой пшеницы была не высокой, а минеральные удобрения были не эффективны, высокую эффективность показала комбинированно-ярусная и комбинированно-энергосберегающая системы обработки почвы. В 2020 г. в благоприятных погодных условиях минеральные удобрения дали достоверную прибавку урожайности овса. Существенные прибавки урожайности дали комбинированные и противоэрозионная системы обработки. Недостаток влаги в период колошения-цветения в 2021 годы привел к низкой урожайности ячменя. В этих условиях эффективность удобрений и обработки почвы была низкой.

Во все годы исследований отмечается положительное влияние комбинированно-ярусной и противоэрозионной систем обработки на запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы. Большая продуктивность звена севооборота: яровая пшеница–овес–ячмень + многолетние травы получена при комбинированно-ярусной системе обработки почвы на обоих уровнях интенсивности.

Библиографический список

1. Альтернативные системы земледелия: учеб. пособие / А.А. Корчагин [и др.]. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. – 167 с.
2. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. Пущино, 1993. – 64 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Корчагин А.А. [и др.]. Влияние систем обработки на водный режим серой лесной почвы. // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 22-25.

УДК 631.452

ВЫСОКОПРОТЕИНОВЫЙ ЗЕЛЕНЫЙ КОРМ В ПОЗДНЕОСЕННИЙ ПЕРИОД И СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Краснопёров А. Г., Зарудный В.А., Мищерякова О.С.
Калининградский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса»,
Россия, Калининград,
E-mail: *kaliningradniish@yandex.ru*

***Резюме**. Технология позволяет эффективно использовать однолетние бобово-злаковые культуры при летнем посеве после ранних в качестве зеленого корма, высокие кормовые достоинства которого приобретаются после воздействия осенних ночных заморозков с одновременным сохранением плодородия почв Калининградской области. Для этого ежедневно с поля убирается суточная потребность в зеленом корме и доставляется с поля на ферму в кормушки животных, тем самым, адаптируя сельскохозяйственных животных в критический период – перехода от летнего пастбищного типа кормления к зимнему – стойловому.*

***Ключевые слова** – летний посев, бобово-злаковые культуры, плодородие почвы, зеленый корм, сидерация почвы.*

***Summary**. The offered method allows to use effectively one-year cultures in case of summer crops as a green forage, high which fodder advantages are acquired after influence of autumn night frosts with simultaneous saving fertility of soils of the Kaliningrad region. For this purpose daily from a field daily need for a green forage is removed and is delivered from a field to a farm in feeding troughs of animals, thereby, adapting agricultural animals during the critical period – transition from summer pasturable type of feeding to winter – stall.*

***Key words** – summer crops, summer sowing, legumes and cereals, soil fertility, green fodder, soil manure.*

Целью является обоснование эффективности летних посевов кормовых культур, повышение питательной ценности корма и экономичности процесса его получения с одновременным сохранением плодородия почв Калининградской области [1].

Поставленная цель решается тем, что кормовые культуры высевают в первой–второй декадах июля, первой декаде августа. Такие сроки посева повышают качество зелёного корма за счёт увеличения содержания каротина, белка и других питательных веществ, снижения уровня клетчатки, сохранения плодородия почвы.

Световые и температурные условия второй половины лета более благоприятны для вегетации растений, формирования у них мощной ассимиляционной поверхности, которая по своим размерам превосходит общепринятые пределы. Именно благодаря этому, а также удлинению периода произрастания летних и позднелетних посевов, несмотря на сокращение притока в конце лета – начале осени активности радиации, обеспечивается получение высоких урожаев биомассы кормовых культур [2]. У среднеспелых сортов овса урожай зелёной массы при весеннем посеве составляет 33,56 т/га (сухого вещества 5,05 т/га), при летнем посеве – 49,34 т/га (6,52) и позднелетнем – 34,23 т/га (4,47 т/га), а у скороспелого сорта,

соответственно – 24,28 т/га (3,96), 32,06 т/га (4,0) и 35,10 т/га (4,7 т/га). Примерно такая же закономерность в урожае зелёной массы и сухого вещества наблюдается у капустовых и бобовых культур.

В летних посевах кормовых культур наблюдается повышенное качество их зелёной массы со снижением содержания сырой клетчатки (табл. 1).

Таблица 1 – Качество зелёной массы овса в зависимости от сроков посева (средние значения)

Показатели (в переводе на абсолютно сухое вещество)	Весенний посев, 20 апреля	Летний посев, 1-20 июля
Протеин сухой, г/кг	109,7	138,1
Протеин переваримый, г/кг	61,5	96,8
Каротин. мг/кг	44,7	65,2
Кальций, г/кг	11,6	14,0
Фосфор, мг/кг	0,91	1,30
Сырая клетчатка, %	40,2	25,8

Непрерывное определение химического состава зелёной массы весеннего и летнего сроков посева показала, что в ней повышается содержание каротина, жира, минеральных веществ и снижается количество труднорастворимой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ. С наступлением осенью пониженных среднесуточных температур, в зелёной массе закономерно возрастает количество сахаров, что способствует приближению сахарно-протеинового отношения к оптимальному уровню. В весеннем посеве овса этот показатель составлял 0,49-0,58 : 1, в летнем – 0,56-0,97 : 1, в позднелетнем – 0,58-0,59 : 1.

Расчёты экономической эффективности однолетних кормовых культур проводились с учётом белковой полноценности кормов. Урожайность выражалась в условных кормопротеиновых единицах (у.к.е.) и рассчитывалась по формуле $К_п=У·К_а·Б$, где $К_п$ – количество у.к.е., т/га; У – урожай абсолютно сухого вещества, т/га; $К_а$ – кормовое достоинство, к.е. в 1 кг корма; Б – показатель обеспеченности корма белком – отношение фактического содержания на 1 к.е. к нормативному по зоотехническим требованиям (105 г на 1 к.е.).

Расчёты показывают, что особенно высокая обеспеченность белком наблюдается у сурепицы при позднелетнем сроке посева, когда количество протеина в ней достигает 341,9 г на 1 к.е. (табл. 2).

Увеличение нормы высева семян кормовых культур в летних посевах не отражалось на темпах развития растений, но сопровождалось снижением интенсивности побегообразования, площади листьев на одном растении и чистой продуктивности фотосинтеза.

Предпосевное внесение различных доз азотных удобрений под весенний посев овса и летний для масличной редьки оказывало положительное влияние на кущение и ветвление растений, продуктивность культур, содержание и сбор белка с урожаем зелёной массы. Дополнительная прибавка сбора протеина на 1 кг внесённых удобрений составляла 2,22-7,92 кг/га.

Таблица 2 – Сбор условных протеиновых единиц с урожаем зелёной массы однолетних кормовых культур

Срок посева	Урожай сухого вещества, т/га	Содержание сырого протеина, г в 1 к.е. корма	Обеспеченность белком	Сбор условных КПЕ, т/га
овёс скороспелый				
Весенний	3,96	217,9	2,07	6,31
Летний	4,00	218,7	2,08	6,40
Позднелетний	4,70	260,1	2,47	8,93
сурепица				
Весенний	3,72	332,4	3,16	9,05
Летний	5,92	327,5	3,11	14,18
Позднелетний	5,0	341,9	3,25	12,51
редька масличная				
Весенний	6,0	239,5	2,28	10,53
Летний	7,2	244,5	2,33	12,91

Проведение внекорневой подкормки посевов кормовых культур мочевиной повышает уровень прибавки урожая и сбора протеина от удобрений, внесённых перед посевом.

Учёт затрат на проведение весенних и летних посевов однолетних кормовых культур на зелёный корм показал, что существенных различий по статьям расходов (зарплата, семена, топливо и смазочные материалы, амортизация, текущий ремонт, техническое обслуживание) в зависимости от сроков посева не наблюдается (от весенних посевов, принятых за 100 %, летние посевы составляют 111,1-116 %). Незначительное увеличение затрат в летних посевах связано с ростом расходов на уборку и транспортировку более высокого урожая зелёной массы. Однако за счёт большего сбора с урожаем кормопротеиновых единиц их себестоимость снижается, а уровень чистого дохода и рентабельности существенно повышается.

Технология получения зеленого корма в летний и позднеосенний период одновременно используется как очень эффективный способ сохранения плодородия почвы в Калининградской области. Данная технология предусматривает широкое внедрение летних посевов, насыщенных бобовыми культурами, которые благодаря хорошо развитой, глубоко проникающей корневой системе, поднимают доступные питательные вещества в пахотный горизонт, структурируют почву и оставляют после запашки биологический азот, усвоенный с помощью нитрифицирующих бактерий

В летний и позднелетний период в Калининградской области в ряде лет, по среднестатистическим данным, имеет место переувлажнение почвы. Летние смешанные посевы из определенного набора культур и сортов могут способствовать регулированию влаги в почве из-за огромного поглощения влаги ассимилирующей поверхностью растений.

Летние посевы однолетних культур рекомендуется включать в каждый полевой севооборот в Калининградской области как эффективный агроприем

в борьбе с деградацией почв и повышением её плодородия. При этом способ поступления органики в почву будет достигаться за счет осенней сидерации как более эффективной. Высеянный для этих целей летом однолетний люпин, без применения удобрений в условиях благоприятных по увлажнению Калининградской области позволяет получать осенью зеленую массу в размере от 50 до 70 т/га, а вместе с корневыми остатками – до 60-80 т/га.

Многие сидеральные сорта обладают высоким содержанием алкалоидов (до 12 %). Это свойство также использовано в разработанной технологии. После запахивания сидеральных сортов люпина узколистного в почву поступает большое количество очень горьких биологически активных веществ – алкалоидов. Алкалоиды способствуют снижению активности патогенных организмов и даже такой вредитель как жук-проволочник предпочитает избегать откладку яиц на полях с корневыми остатками сидерального люпина. Поэтому позднеосенняя сидерация летних посевов в предлагаемой нами технологии рекомендована как оптимальный предшественник для таких культур как картофель, зерновые, кукуруза, капустовые (в том числе рапс).

Запаханная сидеральная зеленая масса будет способствовать увеличению лабильной части свежего органического вещества в почве. Ведь основная опасность снижения плодородия почвы в Калининградской области кроется не в масштабах снижения общего гумуса в почве (за исключением потерь от эрозии), а в том, что при недостаточном поступлении в почву свежего органического вещества (послеуборочных остатков, сидератов, органических удобрений), которое является источником гумуса, снижается содержание в ней лабильной части органического вещества, которая определяет жизнь почвы, её важнейшие агрономические свойства и эффективное плодородие. Увеличение органического вещества в почве носит стратегический характер, так как в этом случае достигается долгосрочная секвестрация углерода, которого в настоящее время в атмосфере находится в избыточном количестве». Таким образом, технология производства повышенного количества зеленого корма в позднеосенний период богатого белком и углеводами, часть которого с определенным видовым составом может быть запахана как сидерат и использована для сохранения плодородия почвы Калининградской области. На данную технологию получен патент на изобретение «Способ сохранения плодородия почвы путем выращивания зеленых кормов (№227301, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 10.04.2013, Бюлл. №10, МПК А23К1/00) [3].

Библиографический список

1. Косолапов В. М. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология // Кормопроизводство. – 2016. – № 8. – С. 3–8.
2. Краснопёров А.Г., Весенне-летние смешанные посевы/ Краснопёров А.Г., Буянкин Н.И. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 144-154.
3. Зотиков В.И. Способ сохранения плодородия почв путем выращивания зеленых кормов / Зотиков В.И., Нечаев Л.А., Буянкин Н.И., Красноперов А.Г. // Патент на изобретение RU 2478301 C2, 10.04.2013.

УДК 631.416.2:631.445.24:631.81:631.582

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Краснопёров А.Г., Зарудный В.А., Мищерякова О.С., Пятаков М.А.
Калининградский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса»,
Россия, Калининград
E-mail: *kaliningradniish@yandex.ru*

Резюме. *Введение в полевые короткоротационные севообороты средообразующих и сидеральных культур позволяет улучшать агрохимическое состояние почвы, что способствовало повышению урожайности. Так, при выращивании озимой пшеницы после клеверной отавы сборы зерна в среднем за три года составили по 44,4 ц/га, что на 23,7 % выше, чем по другим предшественникам.*

Ключевые слова: *органическое вещество почвы, гумус, короткоротационный севооборот, средообразующиеи сидеральные культуры.*

Summary. *he introduction of medium-forming and sideral crops into field short-rotation crop rotations makes it possible to improve the agrochemical state of the soil, which contributed to an increase in yield. So, when growing winter wheat after cloverleaf, grain collections on average for three years amounted to 44.4 c/ha, which is 23.7% higher than for other predecessors.*

Key words: *organic substance of soil, humus, short-rotation crop rotation, medium-forming sideral cropst.*

Особенности почвенно-климатических условий Калининградской области накладывают определённый отпечаток на некоторые параметры режима формирования органического вещества и элементов питания в дерново-подзолистой почве. Длительный период биологической активности, достаточное, а порой и избыточное увлажнение, плавный годовой ход температуры влияют на относительно высокую скорость гумификации и трансформации почвенного органического вещества, а ярко выраженный промывной режим способствует активной миграции неспецифических органических соединений и подвижных гумусовых кислот. Всё это стало причиной формирования на большей части территории области почв с относительно мощным гумусово-аккумулятивным горизонтом, а также повышенного содержания органического вещества в нижних горизонтах почвенного профиля [1].

Калининградская область выделяется на общем фоне сельскохозяйственного производства высоким уровнем интенсификации земледелия. В таких условиях на первый план выходят биологические и экологические аспекты влияния органического вещества на плодородие почв. Выбор методов оптимизации гумусового состояния дерново-подзолистых почв зависит от их генетических и агрохимических свойств [2]. Одним из определяющих факторов является гранулометрический состав. Как показывают наши исследования, на почвах легкого гранулометрического состава наиболее актуальным является проведение мероприятий, которые способствуют поступлению в почву свежего органического вещества, являющегося источником главным образом лабильного гумуса. При этом необходимо поддерживать близкую к нейтральной или нейтральную реакцию почвенных растворов, благоприятствующих

образованию гуминовых кислот. В почвах более связного гранулометрического состава на первый план выходят мероприятия по поддержанию условий гумификации, способствующих образованию таких ценных структурообразующих фракций, как вторая и третья фракции гуминовых кислот [3, 4]. Кроме поддержания близкой к нейтральной реакции почвенных растворов, необходимо регулировать окислительно-восстановительный режим. Как на почвах легкого, так и тяжелого гранулометрического состава наряду с традиционными органическими удобрениями актуально широкое внедрение сидеральных и средообразующих культур. В условиях Калининградской области наибольший эффект дают белый и узколистный люпин, кормовые бобы, кормовой горох, донник белый и желтый, многолетние травы и кормовые смеси – озимая вика в тритикале, яровая вика в овсе [5].

Исследования гумусного состояния почв полевого стационара и опытного поля Калининградский НИИСХ проводятся регулярно на протяжении нескольких ротаций севооборотов с различной степенью насыщения средообразующих и сидеральных культур. Почва полевого стационара и опытного поля по классификации 1977 года – дерново-подзолистая хорошо окультуренная среднесуглинистая глееватая на моренных карбонатных суглинках. По классификации 2004 года это – агрозем текстурно-дифференцированный среднесуглинистый глееватый на моренных карбонатных суглинках. Фракционный состав почвенного органического вещества определялся не только в пахотном горизонте, но и во всей гумусированной части профиля. Содержание и состав почвенного органического вещества хорошо окультуренной почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Групповой и фракционный состав органического вещества дерновоподзолистой среднесуглинистой почвы опытного участка КНИИСХ

Горизонт	Сорг	Сгк, % к Сорг				Сорг, % к Сгк					Негидролиз. остаток	Сгк/Сфк
		1	2	3	∑	1а	1	2	3	∑		
Апах	2,20	7,6	7,9	15,6	31,1	4,3	3,7	10,5	13,3	31,8	37,1	0,98
А1	2,19	7,0	10,0	16,4	33,4	7,8	5,2	7,9	14,8	32,7	33,9	1,02
АВ	1,65	4,5	8,6	12,4	25,5	5,2	3,4	9,5	16,8	34,9	39,6	0,73

Почва опытного поля характеризуется небольшим (до 20 см) гумусовым профилем, повышенным содержанием органического вещества в пахотном, и невысоким содержанием в подпахотном горизонтах, реакцией близкой к нейтральной среде почвенного раствора. Анализ данных таблицы 1 свидетельствует, что процессы внутрипрофильной миграции органического вещества играют подчиненную роль. На это указывает низкий процент свободных фракций гумуса и относительно высокая для почвы стационарного полевого опыта доля инертных гумусовых веществ – гуминов и третьей фракции гуми-

новых кислот. Максимальное содержание инертного гумуса характерно для переходного к иллювиальному горизонту. Там, где скорость минерализации органического вещества ниже, чем в верхней части профиля, происходит накопление наиболее устойчивых термодинамически зрелых молекул гумусовых веществ.

Распределение фульвокислот в верхних горизонтах профиля также имеет отличия от лесных и слабоокультуренных дерново-подзолистых почв. Содержание кислоторастворимой группы неспецифических низкомолекулярных соединений, а также креновых кислот в пахотном горизонте весьма незначительно, вниз по профилю оно медленно возрастает, но остается гораздо ниже, чем в целинных почвах. В целом преобладает третья фракция фульвокислот, доля которых увеличивается вниз по профилю. Содержание второй фракции фульвокислот по всему гумусовому профилю выше, чем первой. В подпахотном горизонте отмечается относительный минимум содержания второй и максимум – первой фракции фульвокислот.

Отношение Сгк/Сфк в пахотном горизонте гораздо выше, чем в среднем по пахотным почвам. Основное отличие по распределению групп гумусовых веществ в профиле – плавное снижение Сгк/Сфк в переходном к иллювиальному горизонте. Для дерново-подзолистых целинных и освоенных почв напротив, характерно, резкое снижение отношения Сгк/Сфк, редко составляющее более 0,5 в подпахотном и нижележащих горизонтах. В целом для хорошо окультуренных почв характерно повышенное содержание инертного гумуса, доля которого возрастает с глубиной. В культурных почвах, длительное время использовавшихся в овощных севооборотах, отмеченные закономерности в целом сохраняются, хотя доля инертного гумуса несколько выше, а гуматов кальция ниже. Соотношение Сгк/Сфк в пахотном горизонте достигает 1,4, в более глубоких горизонтах оно не отличается от рассмотренного выше примера.

К сожалению, пахотные почвы с такими показателями гумусного состояния встречаются в Калининградской области нечасто. Большинство пахотных почв относятся к среднеокультуренным. Часть среднеокультуренных почв имеет большинство показателей плодородия в этой градации, другая – входит в эту группу по одному – двум лимитирующим параметрам. Гумусное состояние среднеокультуренных почв изменяется в весьма широких пределах

Повышение урожайности зерновых культур на 10-15 % обеспечивается при введении в севооборот средообразующих и сидеральных культур. Возможности дальнейшего насыщения севооборотов зерновыми, в силу биологических факторов (рост болезней, вредителей, засорённости), экономически не оправдано.

При возделывании зерновых культур первоочередное значение имеет правильный подбор и чередование видов зерновых, включение в севооборот посевов клевера или других культур, а также промежуточных культур, идущих на зелёное удобрение. Обязательным становится применение удобрений и химических средств защиты растений от сорняков. Усиливается значение

своевременности проведения агротехнических операций.

Приведём используемые в нашем многолетнем опыте схемы короткоротационных севооборотов с различной степенью насыщенности сидеральными и средообразующими культурами:

Первый севооборот: Зерно-травяной, в структуре 50% зерновых и 50%кормовых культур.	Яровая пшеница с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой). Многолетние травы 1 года пользования. Многолетние травы 2 г.п. Озимая пшеница
Второй севооборот: Сидеральный, с 75% зернобобовых культур и 25% сидератов.	Люпин на зеленое удобрение. Озимая рожь. Кормовые бобы. Яровая пшеница
Третий севооборот: Плодосеменный или зернотравянопропашной с 40% зерновых, 40% кормовых и 20% пропашных культур	Вико-овес на корм, поукосно посев озимого рапса на зеленое удобрение Картофель Ячмень с посевом клевера лугового Клевер луговой – 1-ый укос на корм, отава на удобрение Озимая пшеница Кормовые бобы.
Четвертый севооборот: Зерновой с 60% зерновых и бобовых и 40% кормовых культур	Яровой ячмень с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой). Многолетние травы 1 года пользования. Многолетние травы 2 г.п. Озимая рожь.

На основании проведенного полевого опыта по испытанию различных способов выращивания сидеральных и средообразующих культур (самостоятельного, промежуточного и отавного) в полевых севооборотах получены экспериментальные результаты по их влиянию на урожайность озимой ржи, картофеля и озимой пшеницы, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние сидеральных и средообразующих культур на примере урожайности озимой ржи, пшеницы и картофеля, 2008-2014 гг.

№ севта	Используемая сидеральная культура	Способ выращивания сидеральной культуры	Урожайность сидеральной культуры зел. масса, ц/га	Под какую культуру используют зеленые удобрения	Урожайность культуры после сидерации, ц/га	% прибавки от применения сидератов по отношению к др. предшественникам
2	Люпин	Самостоятельный	315,2	Озимая рожь	58,9	23,6
3	Рыжик озимый	Промежуточный	437,0	Картофель	308,7	–
3	Клевер – отава	Отавный	307,2	Озимая пшеница	44,4	26,3

Установлено, что благодаря использованию в качестве предшественников сидеральных и средообразующих культур за три ротации полевых севооборотов, почва изменила свои агрохимические свойства по отношению к началу закладки опыта (осень 2005 г.). Так, кислотность почвы – понизилась с 5,2 до 5,32 pH, гН – с 2,95 до 2,30. Сумма поглощенных оснований (S) несколько повысилась – с 8,8 до 9,0 миллимолей. Увеличилось содержание подвижного фосфора на 1,3 мг (с 21,2 до 22,5 мг), количество обменного калия возросло с 23,7 до 25,5 мг (на 1,8 мг) на 100 г почвы. Содержание в почве нитратного азота возросло с 6,05 до 11,0 мг/кг. В почве опытного участка зафиксировано повышение содержания кальция и магния – V% = 79,2 %.

В результате исследования эффективности выращивания сидеральных и средообразующих культур различными способами было установлено:

1. При выращивании люпина самостоятельным способом в качестве предшественника озимой ржи, в отчетном 2008 году позволило получить урожай зерна по 58,9 ц/га, что на 23,6 % выше, чем после пласта многолетних трав 2-х лет пользования.

2. Промежуточное возделывание озимого рыжика в качестве сидеральной культуры позволило получить урожай картофеля в 308,7 ц/га клубней раннеспелого сорта «Невский».

3. При выращивании озимой пшеницы после клеверной отавы сборы зерна в среднем за три года составили по 44,4 ц/га, что на 23,7 % выше, чем по другим предшественникам.

Библиографический список

1. Важенин И.Г. Агрохимическая служба и практика применения удобрений в бывшей Восточной Пруссии // Агрохимические работы в Калининградской области. М., 1959. – С.2-39
2. . Завалишин А.А., Надеждин Б.В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. М., 1961. – С.3-130.
3. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах.М., 1993
4. Панасин В.И., Рымаренко Гумус и плодородие почв Калининградской области, Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 220 с.
5. Краснопёров А.Г. Ключевая роль средообразующих и сидеральных культур в севооборотах Калининградской области /Краснопёров А.Г., Зарудный В.А., Пятаков М.А. Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 9-13.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ СКЛОНОВОЙ МИКРОЗОНАЛЬНОСТИ ЭРОЗИОННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ФОСФОРА И КАЛИЯ В ПОЧВАХ

Кувшинова А.А., Евдокименкова М.И., Тычинин Д.С., Гринева А.В.
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород
E-mail: *kyvana@mail.ru*

Резюме: *Проведена оценка содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах пахотного слоя в зависимости от склоновой микрозональности агроландшафта. Дана характеристика метеорологических условий каждой микрозоны.*

Ключевые слова: *подвижный фосфор, подвижный калий, эрозия, агроландшафт, склоновая микрозональность, гидротермический коэффициент.*
Summary: *The content of mobile forms of phosphorus and potassium in the soils of the arable layer was assessed depending on the slope microzonality of the agricultural landscape. The characteristic of meteorological conditions of each microzone is given.*
Key words: *mobile phosphorus, mobile potassium, erosion, agricultural landscape, slope microzonality, hydrothermal coefficient.*

Большая часть пахотных угодий Белгородской области расположена в условиях склоновых агроландшафтов, подверженных воздействию водной эрозии. Известно, что процессы эрозии негативно сказываются на агрохимических показателях почвы и, в целом, на ее плодородии [1].

К важнейшим показателям почвенного плодородия относится содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах, необходимых для нормального развития сельскохозяйственных культур.

Цель данного исследования – оценить содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах пахотного слоя в зависимости от склоновой микрозональности агроландшафта.

Исследования проводили в 2016-2019 годах на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Ландшафтно-полевой опыт был развёрнут на плакоре и выпукло-вогнутом прибалочном склоне юго-западной экспозиции на участках крутизной 1-3º и 3-5º.

Почвенный покров участка на плакоре представлен чернозёмом типичным среднемощным среднегумусным глинистым. Почвы склона представлены чернозёмом типичным маломощным малогумусным слабосмытым тяжелосуглинистым и глинистым.

Почвенные образцы отбирались методом бурения скважин глубиной 1 м. Для данного исследования использовались образцы с глубины 0-30 см. Подвижный фосфор и подвижный калий определяли по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с помощью MS Excel 2016.

Характеристика метеорологических условий основывалась на гидротермическом коэффициенте (ГТК) данного периода по Г.Т. Селянинову [2]. При этом для оценки влагообеспеченности каждой микрозоны использовались отдельные поправочные коэффициенты [3].

За период с 2016 по 2019 годы содержание подвижного фосфора в почвах исследуемого участка варьировало от 41,75 мг/кг на склоне крутизной 3-5º в 2019 году до 124,78 мг/кг на склоне с уклоном 1-3º в 2017 году (рис. 1). Минимальное содержание подвижного фосфора в почве объясняется очень низким уровнем влагообеспеченности данного участка: ГТК за данный период составил 0,51, что характеризует участок как территорию сухого земледелия. При недостатке влаги в почве фосфор переходит в труднодоступную форму (табл. 1).

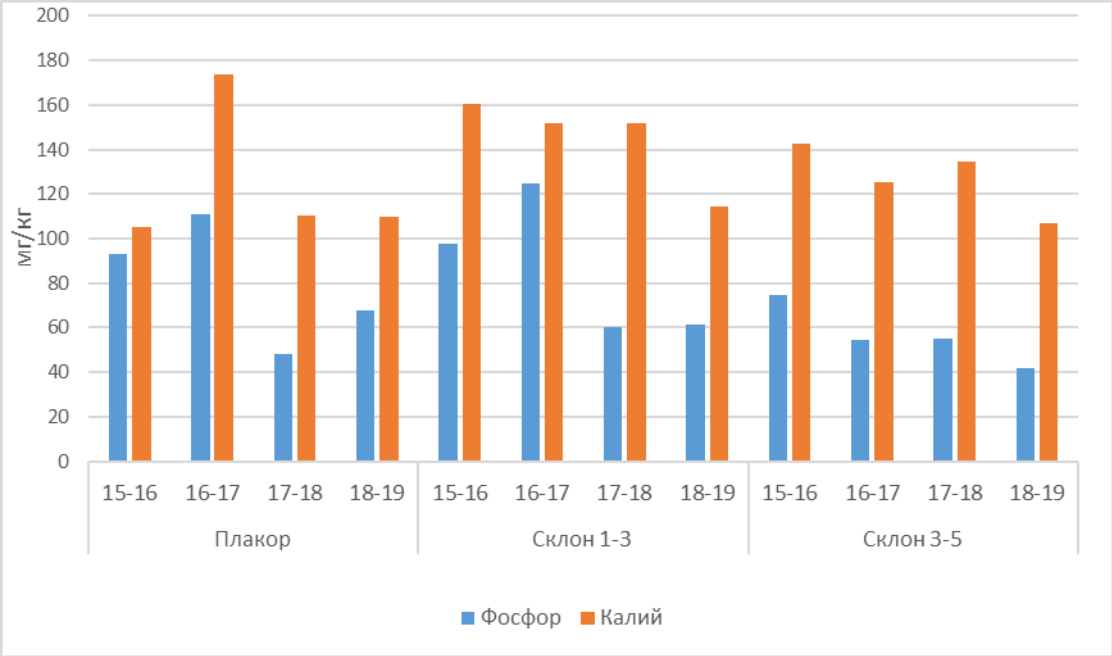


Рисунок 1 – Содержание подвижного фосфора и подвижного калия в почвах в зависимости от склоновой микрозональности агроландшафта

Таблица 1 – Гидротермические коэффициенты для исследуемых микрозон с поправкой по И.И. Карманову

Годы	Плакор	Склон крутизной 1-3°	Склон крутизной 3-5°
2016	0,94	0,92	0,91
2017	0,68	0,66	0,65
2018	1,19	1,17	1,16
2019	0,52	0,51	0,51

Однако на плакоре и участке склона крутизной 1-3° минимальные значения содержания подвижного фосфора в почвах наблюдались в 2018 году и составили 48,65 мг/кг и 60,15 мг/кг соответственно, а данный период характеризовался достаточной увлажненностью. Такая тенденция объясняется сложившимися экстремальными погодными условиями в этот период с интенсивными ливнями, усилившими почвенную эрозию и вымывание питательных элементов вниз по склону. Максимальные значения установлены в 2017 году – 110,73 мг/кг в почвах плакора и 124,78 мг/кг в почвах склонового участка с уклоном 1-3° с недостаточной влагообеспеченностью. В этот период наблюдалось малое количество атмосферных осадков. Напротив, на участке склона с уклоном 3-5° экстремумы в показателях содержания подвижного фосфора в почвах наблюдались только в засушливых годах и составили минимум 41,75 мг/кг (2019 год) и максимум 74,88 мг/кг (2016 год) соответственно.

В среднем, за весь период исследования установлена достоверно значимая разница в содержании подвижного фосфора в почвах между участками склона с уклоном 1-3° (86,07 мг/кг) и 3-5° (56,59 мг/кг) (рис. 2).

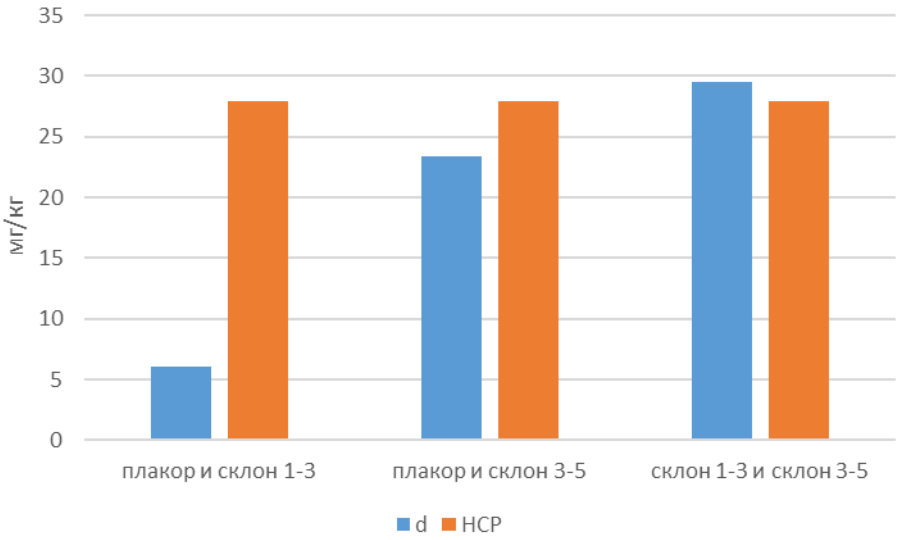


Рисунок 2 – Оценка значимости различий средних значений содержания подвижного фосфора (d) в зависимости от условий склоновой микрозональности в слое 0-30 см по критерию НСР (уровень вероятности 95%)

Содержание подвижного калия в почвах участка за весь исследуемый период варьировало от 105,04 мг/кг в 2016 году до 173,94 мг/кг в 2017 году (рис. 1). Данные экстремумы наблюдались в одной и той же микрозоне, т.е. на плакоре в периоды с засушливыми условиями. На склоновом участке минимальное содержание подвижного калия в почвах установлено в 2019 году с очень засушливыми условиями данной территории: на склоне крутизной 1-3° содержание данного элемента составило 114,62 мг/кг, а на склоне с уклоном 3-5° – 106,92 мг/кг. Максимальное содержание подвижного калия установлено в 2016 году. На склоне крутизной 1-3° содержание исследуемого элемента в почве составило 160,67 мг/кг, на склоне с уклоном 3-5° на 17,84 мг/кг ниже.

В целом, наибольшее содержание подвижного калия в почвах наблюдалось на склоновом участке крутизной 1-3° и составило в среднем 144,78 мг/кг. Наименьшее содержание данного элемента питания в почвах установлено на плакоре – 124, мг/кг. Однако, статистическая обработка показала, что данная разница в значениях несущественна, так как все исследуемые почвы имеют значительные резервы в отношении калия.

Таким образом, наибольшее содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах наблюдалось на склоновом участке крутизной 1-3°, характеризующимся благоприятными агроэкологическими условиями, по сравнению с другими исследуемыми микрозонами. Оптимизация фосфорного режима в почвах плакора и склона с уклоном 3-5° может быть достигнута применением удобрений.

Библиографический список

1. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
2. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов. – Л. – М., 1937. – С. 245-247.
3. Смирнова, Л.Г. Практикум по ландшафтному земледелию по дисциплине «Ландшафтное земледелие» / Л.Г. Смирнова, А.Г. Нарожняя, Н.С. Кухарук, П.А. Украинский. –

Белгород: Издательствово БелГУ, 2009. – 60 с.

УДК 631.46:631.8

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

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 агробиотехнология с применением биопрепаратов в послеуборочный период, приводит к появлению стойкой тенденции к увеличению в пахотном слое чернозёма типичного содержания углерода микробной биомассы и усилению интенсивности процессов трансформации растительных остатков. Заделка в почву измельченной побочной продукции сельскохозяйственных культур с аммиачной селитрой способствует увеличению содержания углерода микробной биомассы, при этом осенью в послеуборочный период отмечается противоположная тенденция.*

Ключевые слова: *углерод микробной биомассы, агробиотехнологии, биопрепараты, имуназот, грибофит, растительные остатки сельскохозяйственных культур, солома, аммиачная селитра.*

Summary. *It is established that an agrobiotechnology with the use of biopreparations in the post-harvest period leads to a persistent trend of increasing carbon content of microbial biomass in the typical chernozem cropland and increasing the intensity of plant residue transformation processes. Incorporation of crushed crop by-products with ammonium nitrate contributes to an increase in the carbon content of microbial biomass, with the opposite trend observed in the autumn post-harvest period.*

Key words: *carbon of microbial biomass, agrobiotechnology, biopreparations, imunnazot, gribofit, plant residues of crops, straw, ammonium nitrate.*

В настоящее время постоянно возрастающая интенсификация земледелия при недостаточном внесении органических удобрений приводит к снижению содержания органического углерода в почве. В результате происходит значительное ухудшение плодородия почв. Органическое вещество является основой почвенного плодородия, от его содержания и состава, зависит весь комплекс почвенных свойств.

Поэтому для сохранения плодородия почв в земледелии все чаще в качестве органического удобрения применяют заделку в почву измельченной побочной продукции культуры [1, 2]. При этом для ускорения процессов трансформации (минерализации и гумификации) растительных остатков культуры используют как их заделку с азотными удобрениями [3], так и их обработку биопрепаратами [4, 5].

Однако все ещё мало внимания уделяется изучению влияния агробиотехнологий и азотных удобрений на динамику содержания углерода микробной биомассы в почве. Хотя именно почвенные микроорганизмы являются основным необходимым звеном в процессах трансформации органического вещества, круговороте всех биогенных элементов, участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия [6], а интенсивность этих процессов опреде-

ляется численностью и активностью микроорганизмов в почве [7].

Объекты и методы. Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область Медвенский район п. 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 [8], площадь делянки 24 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 сельскохозяйственной культуры + N_{10} кг д.в. на 1 т соломы. **Вариант** 3 – обработка семян биопрепаратами + обработка биопрепаратами почвы перед посевом + обработка биопрепаратами посевов 2 раза в течение вегетации + после уборки урожая обработка измельченных растительных остатков сельскохозяйственной культуры биопрепаратами (Грибофитом (5 л/га) + Имуназотом (3 л/га)) (**агробиотехнология-1**). Без фунгицидов. **Вариант 4** – обработка семян биопрепаратами + обработка биопрепаратами почвы перед посевом + обработка биопрепаратами посевов 2 раза в течение вегетации + после уборки урожая обработка измельченных растительных остатков биопрепаратами (Грибофитом (5 л/га) + Имуназотом (3 л/га)) + 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.

Определение содержания углерода микробной биомассы (МБ) проводили в свежих почвенных образцах регидратационным методом с использова-

нием для расчета Кс = 0,25 [9]. Отбор смешанных почвенных образцов проводили по диагонали делянок из 5 точек буром по глубинам 0-10 см и 10-20 см после уборки урожая сельскохозяйственной культуры (перед заделкой растительных остатков) и через 46-56 дней после заделки растительных остатков в почву.

Исследования, проведенные в 2018 году, показали (рис. 1), что в 0-20 см слое чернозёма типичного после уборки подсолнечника масленичного (сорт Имерия КС) максимальное содержание углерода микробной биомассы (Смб) было на варианте 3 с агробиотехнологией-1 (754,5 мг С/кг почвы). Однако по сравнению с контролем (вариант 1) и вариантом 2 разница была незначительна, поэтому можно говорить только о тенденции повышения содержания Смб в 0-20 см слое почвы при применении агробиотехнологии-1.

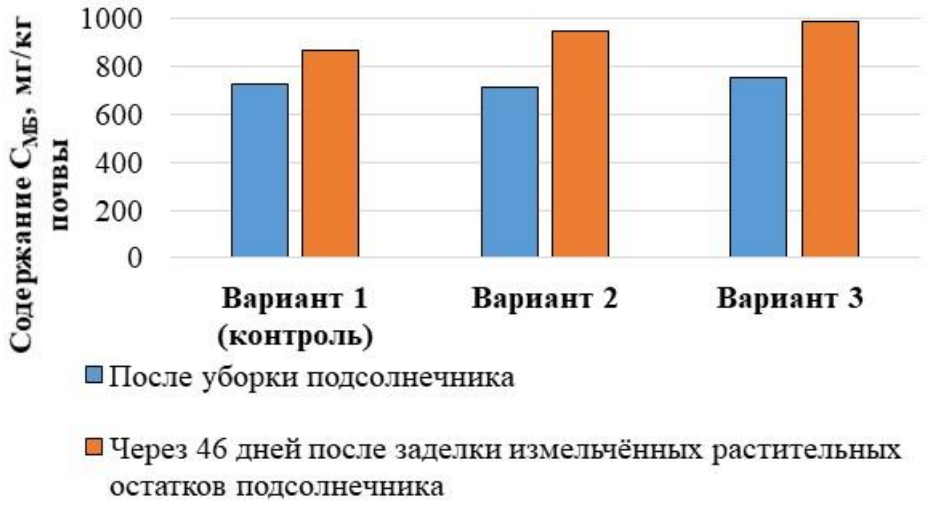


Рисунок 1 – Содержание углерода микробной биомассы в 0-20 см слое чернозема типичного после уборки подсолнечника (22.08.18) и через 46 дней после заделки измельчённых растительных остатков подсолнечника (11.10.18)

Через 46 дней после заделки измельчённых растительных остатков подсолнечника масленичного (рис. 1) в 0-20 см слое чернозёма типичного на всех изучаемых вариантах наблюдается значительное (до 235 мг С/кг почвы) по сравнению с послеуборочным увеличение содержания углерода микробной биомассы. Вероятно, это объясняется ростом численности почвенных микроорганизмов при поступлении в почву питательных веществ, содержащихся в растительных остатках. При этом в изучаемом слое чернозёма типичного на варианте 3 с биопрепаратами (агробиотехнология-1) по сравнению с другими вариантами отмечается как максимальное содержание Смб, как и максимальный рост содержания углерода микробной биомассы.

Применение азотных удобрений (аммиачной селитры) при заделке измельчённых растительных остатков подсолнечника масленичного (вариант 2) через 46 дней привело, как и в случае с биопрепаратами (вариант 3) к значительному увеличению содержания Смб в слое почвы 0-20 см. Вероятно, это связано с тем, что заделка измельченных растительных остатков обработан-

ных биопрепаратами (вариант 3), так же как и совместное внесение измельченных растительных остатков с минеральным азотом (вариант 2), существенно стимулируют развитие микрофлоры почвы. [1].

В 2019 году в слое 0-20 см чернозёма типичного после уборки ячменя ярового (сорт Суздалец) максимальное содержание Смб отмечалось на варианте с биопрепаратами, которое практически на 100 мг С/кг почвы было больше, чем на контроле (вариант 1). Вероятно, это объясняется влиянием применения биопрепаратов и их постепенным накопительным эффектом. Однако минимальное содержание углерода микробной биомассы в пахотном слое почвы установлено на варианте с агробиотехнологией-2 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т растительных остатков). Вероятно, это обусловлено менее благоприятными для почвенных микроорганизмов экологическими факторами, сложившимися в слое почвы 0-20 см на рассматриваемом варианте.

При этом уровень содержания Смб в пахотном слое чернозёма типичного на варианте 2 (N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков) был практически таким же, как и на контроле (вариант 1).

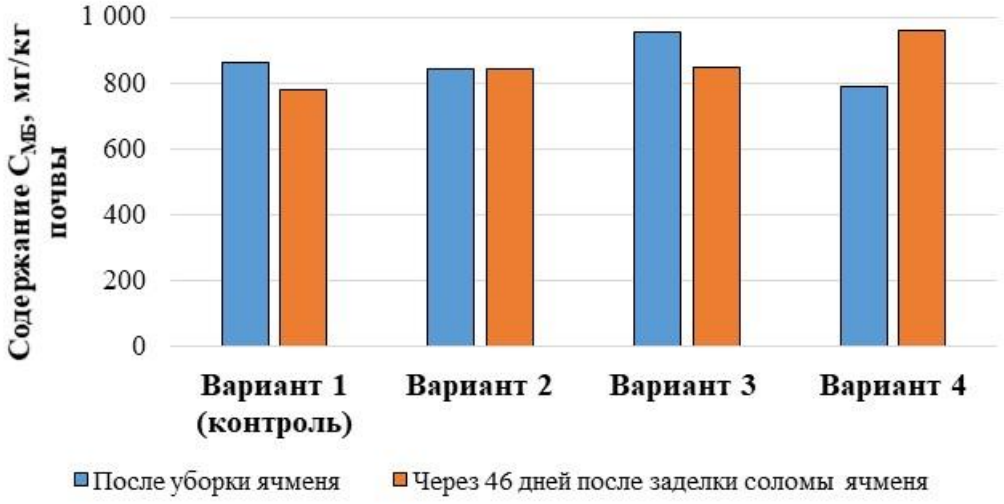


Рисунок 2 – Содержание углерода микробной биомассы в 0-20 см слое чернозема типичного после уборки ячменя (15.08.19) и через 47 дней после соломы сои (15.10.19)

Через 47 дней после заделки соломы ячменя (рис. 2) в слое 0-20 см чернозёма типичного на варианте 1 (контроль) и варианте 3 (агробиотехнология-1) наблюдается снижение содержания углерода микробной биомассы, в то время как на варианте 4 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков) значительное увеличение (на 171 мг С/кг почвы) по сравнению с послеуборочными значениями. При этом в пахотном слое на варианте 2 уровень содержания Смб практически не изменяется. Вероятно, это можно объяснить экологическими условиями, сложившимися для почвенных микроорганизмов на рассматриваемых вариантах.

В ходе исследований, проведенных в 2020 году (рис. 3), было установлено, что в пахотном слое чернозёма типичного после уборки сои (сорт Казачка) максимальное содержание Смб отмечалось на варианте 3 с биопрепарата-

ми и варианте 4 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков), а минимальное на варианте 2 с азотными удобрениями. Однако значимой разницы между вариантами не отмечается. При этом по сравнению с 2019 годом отмечается тенденция увеличения общего уровня содержания углерода микробной биомассы в пахотном слое почвы на вариантах 1, 3 и 4, а вот на варианте 2 с удобрениями уровень не изменился. Вероятно, это связано с более благоприятными для развития почвенных микроорганизмов условиями, а также накопительным (длительным, пролонгированным по времени) эффектом от обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами.

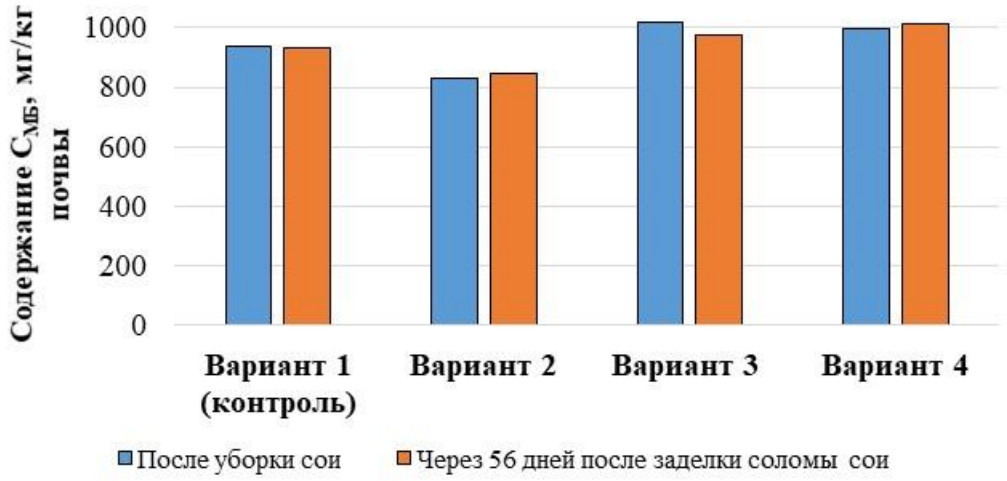


Рисунок 3 – Содержание углерода микробной биомассы в 0-20 см слое чернозема типичного после уборки сои (7.09.20) и через 56 дней после заделки соломы сои (13.11.20)

Через 56 дней после заделки соломы сои (рис. 3) в пахотном слое почвы на всех изучаемых вариантах, кроме варианта 3, уровень содержания углерода микробной биомассы не изменяется. В пахотном слое на варианте с биопрепаратами наблюдается тенденция к незначительному увеличению содержания Смб.

В 2021 году в слое 0-20 см чернозёма типичного (рис. 4) после уборки гречихи (сорт Деметра) уровень содержания Смб практически одинаковый, только на варианте 2 (N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков) и варианте 4 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков) отмечается тенденция к снижению содержания Смб. Вероятно, это объясняется благоприятными для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов экологическими условиями (питательный, водный и температурный режимы), не последнюю роль в этом сыграла деструкция прошлогодних пожнивно-корневых остатков сои с высоким содержанием азота.

Через 50 дней после заделки соломы гречихи (рис. 4) в слое 0-20 см чернозёма типичного слабоэродированного на всех изучаемых вариантах наблюдается тенденция к некоторому снижению (до 170 мг С/кг почвы) содержания углерода микробной биомассы по сравнению с послеуборочным. Вероятно,

это объясняется тем, что на численность почвенных микроорганизмов повлияли факторы среды и сложившиеся экологические условия.

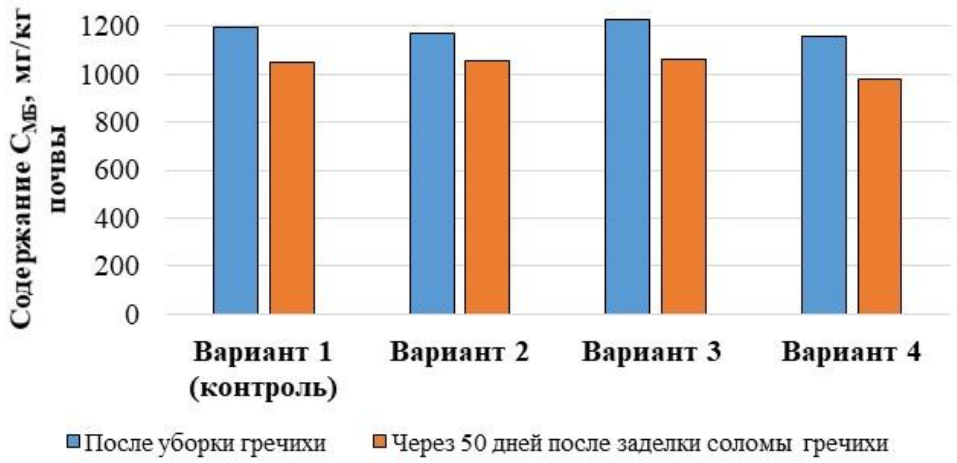


Рисунок 4 – Содержание углерода микробной биомассы в 0-20 см слое чернозема типичного после уборки гречихи (9.09.21) и через 50 дней после заделки соломы гречихи (4.10.21)

Однако минимальное содержание углерода микробной биомассы в пахотном слое почвы установлено на варианте 4 с агробиотехнологией-2 (биопрепараты + N_{10} кг д.в. на 1 т пожнивных остатков). Вероятно, это обусловлено менее благоприятными для развития почвенных микроорганизмов условиями на данном варианте.

Таким образом применение в 2018-2021 гг. агробиотехнологии-1 с биопрепаратами по сравнению с контролем (вариант 1) приводит к стойкой тенденции повышения содержания в 0-20 см слое углерода микробной биомассы как осенью после уборки урожая, так и через 46-56 дней (экспозиции) после заделки измельчённых остатков сельскохозяйственной культуры. То есть применение биопрепаратов приводит к стойкой пролонгированной по времени тенденции к увеличению численности и активности микроорганизмов в почве и усилению интенсивности процессов трансформации органических остатков.

При совместном применении биопрепаратов и азотных удобрений – арробиотехнология-2 (вариант 4) в послеуборочный период не наблюдается какой-либо стойкой тенденции к изменению содержания углерода микробной биомассы, однако после заделки растительных остатков в 2019 и 2020 годах наблюдается тенденция к увеличению содержания углерода микробной биомассы.

Применение азотных удобрений при заделке измельченных растительных остатков приводит к появлению тенденции к увеличению содержания углерода микробной биомассы, при этом в осенний период после уборки сельскохозяйственной культуры наблюдается стойкая тенденция к снижению содержания углерода микробной биомассы. Вероятно, это объясняется стимулирующим (затравочным) действием азотных удобрений на микроорганизмы почвы, в результате чего происходит ускорение разложения растительных остатков сельскохозяйственных культур [1].

Библиографический список

1. Мишустин, Е.Н. Использование соломы в качестве удобрения / Е.Н. Мишустин // Агрохимия. – 1971. – №8. – С. 49-54.
2. Русакова, И.В. Технологии использования соломы и растительных остатков агроценозов на удобрение / И.В. Русакова, Р.Ф. Еремина, Н.А. Чуян; подредакцией А.И. Еськова. – Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, 2008. – 133 с.
3. Гурьев, Г.П. Эффективность использования соломы в качестве органического удобрения / Г.П. Гурьев, Е.Н. Мишустин // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. – 270 с.
4. Русакова, И.В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах / И.В. Русакова // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 4-9.
5. 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.
6. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 245 с.
7. Бабьева, И.П. Практическое руководство по биологии почв / И.П. Бабьева, Н.С. Агре. – М.: МГУ, 1971. – 140 с.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Благодатский, С.А. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская, А.Ю. Горбенко, Н.С. Паников // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 64-71.

УДК 631.459.2

РОЛЬ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСОПОЛОС В СОКРАЩЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД[2]

Кулик А.В., Гордиенко О.А.
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Волгоград
E-mail: *kulik-a@vfanc.ru, gordienko-o@vfanc.ru*

Резюме. *Проведенные в сухостепной зоне наблюдения за поверхностным стоком талых вод, осуществленные на стационарных стоковых площадках, позволили выявить факторы, влияющие на его формирование в 2016-2017 и 2018-2019 гг. Подтверждена ведущая стокорегулирующая роль лесной мелиорации, обеспечивающая снижение стока в два раза.*
Ключевые слова: *снегозапасы, глубина промерзания и влажность почв, лесные полосы, сток талых вод.*
Summary. *Observations of the meltwater surface runoff in the dry-steppe zone, carried out on stationary runoff plots, allowed us to identify the factors influencing its formation in 2016-2017 and 2018-2019. The leading role of runoff regulation by forest melioration, which provides runoff reduction by half, was confirmed.*
Key words: *snow reserves, freezing depth and soil moisture, forest belt, meltwater runoff.*

Поверхностный сток талых вод формируется под влиянием ряда природных и антропогенных факторов, складывающихся к началу весеннего снеготаяния (величина снегозапасов, глубина промерзания и влажность почвы, наличие ледяной корки, температурный режим во время стока, агрофон, поч-

[2] Работа выполнена в рамках госзадания № FNFE-2022-0012.

венный покров и его свойства) [1, 3, 5]. Регулирование стока на лесомелиорированных водосборах с помощью стокорегулирующих защитных лесных полос обеспечивает его сокращение, путем перевода во внутрипочвенный [4, 7]. Лесонасаждения способствуют дополнительному снегозадержанию, предотвращают потери снеговой воды в гидрографическую сеть, снижают глубину и начало сезонного промерзания почв, улучшают микроклимат в целом [7].

Цель работы – определение уровней природных факторов, способствующих формированию поверхностного стока талых вод в агролесоландшафтах.

На эрозионно-гидрологическом стационаре «Амфитеатр» ФНЦ агроэкологии РАН г. Волгоград ежегодно в течение около 60 лет проводятся наблюдения за условиями формирования поверхностного стока талых вод в системе стокорегулирующих лесных полос. Начаты они были докт. с.-х. наук Г.П. Сурмачем. Далее его исследования продолжил докт. с.-х. наук А.Т. Барабанов, который руководит ими по настоящее время.

Стационар расположен в зоне сухих степей на межбалочном водосборе балок Пахотина и Григорова выпукло-вогнутого склона восточной экспозиции средней крутизной 3-5° и с базисом эрозии 67 м. Созданная на нем система противоэрозионных лесонасаждений состоит из 5 стокорегулирующих лесополос. Изучение роли лесомелиорации на формирование стока осуществлялось на примере второй от водораздела лесополосы. На ее межполосном пространстве расположены стоковые площадки (60×20 м – поле (контроль), 100×20 м – поле и лесополоса). Насаждение трехрядное с междурядьем 3 м и расстоянием в ряду – 1 м, чистое из ясеня ланцетного (*Fraxinus lanceolate Borkh.*) и одного ряда спиреи зверобоелистной (*Spiraea hypericifolia L.*) по верхней опушке. Таксационные показатели древостоя: $h_{ср}$=7 м, $d_{1,3}$ =10 см. Агрофон в годы исследований был представлен зябью. Почвенный покров участка – агроземы и агроабраземы тяжелого грансостава.

На стационаре проводятся наблюдения за следующими основными факторами, влияющими на формирование эрозионно-гидрологического процесса: высотой снежного покрова и снегозапасами, глубиной промерзания и влажностью почвы. Снежный покров изучался на снегомерных профилях перпендикулярно к насаждению с помощью снегомерной рейки М-46 и снегового плотномера ВС-43. Влажность почв определялась термостатно-весовым методом. Отбор образцов почв проводился поздней осенью или ранней зимой до выпадения осадков в виде снега, весной перед началом снеготаяния и после буром АМ-16 с дальнейшей обработкой в лаборатории. Наблюдения за динамикой глубины промерзания почв осуществляли по мерзлотомерам Данилина. Мощность промерзшего слоя (сильной цементации) определяли путем бурения перед началом снеготаяния. Учет поверхностного стока талых вод проводили на треугольных водосливах с углом выреза 45° по методике Г.П. Сурмача [6]. Полная влагоемкость почв определялась по пористости почв [2], определяемой после снеготаяния. Статистическая обработка полученных результатов проводилась в XLSTAT.

В последние годы природные факторы, влияющие на формирование поверхностного стока талых вод, не достигают своих лимитирующих значений [1], что приводит к его отсутствию. Зимы 2016-2017 и 2018-2019 г. отличались чередованием морозной погоды с оттепелями на всем протяжении холодного периода, что отразилось на степени увлажнения верхнего слоя почвы и его промерзания.

В зимний период 2016-2017 г. промерзание почвы началось в конце второй декады декабря. Промерзшую почву покрыл устойчивый снежный покров (48 мм). В январе после оттепелей (до +1,9 ºС) температура воздуха снова сильно понизилась, что способствовало образованию местами на поле ледяной корки (до 4 см). Морозы стояли почти до конца февраля. Сход снежного покрова начался в начале третьей декады месяца.

В декабре 2018 г., несмотря на выпавшие за один зимний месяц 46 мм осадков, после оттепелей мощность снежного покрова значительно сократилась, а местами отмечалось даже полное оголение поверхности почвы. В таких условиях сформировавшаяся в микрозападинах ледяная корка (до 4 см, как и в 2017 г.) частично сохранилась до весеннего снеготаяния. Погода в январе-феврале была неустойчивой. Оттепели сменялись резким понижением температуры почвы, что повлияло на глубину и характер промерзания почв, а также степень ее влагонасыщения.

В изучаемые периоды исследований к началу весеннего снеготаяния и в полевой, и в лесной части стоковых площадок сформировался десятисантиметровый водонепроницаемый промерзший слой с влажностью близкой к полной влагоемкости (ПВ) или приближенной к ней (табл.). Инфильтрация талой воды в почву из-за этого была незначительной. Количественный показатель стока талых вод в большей мере зависел от сформировавшихся снегозапасов, температурного режима при весеннем потеплении и осадков во время снеготаяния.

Таблица – Содержание влаги в почве в слое 0-20 см относительно ее полной влагоемкости

Год наблюдений	Мощность, определяемого слоя, см	Стоковые площадки		
		поле (контроль)	поле с лесополосой	
			поле	лесополоса
2016-2017	0-10	ПВ	0,8ПВ	ПВ
	10-20	0,6ПВ	0,4ПВ	0,7ПВ
2018-2019	0-10	ПВ	ПВ	ПВ
	10-20	0,4ПВ	0,47ПВ	0,8ПВ

К началу весеннего снеготаяния снегозапасы составили в 2017 г. в поле 12 мм (min – 7, max – 18 мм, среднеквадратичное отклонение (SD) – 3 мм), под влиянием лесополосы в полевой части – 10 мм (min – 7, max – 18 мм, SD – 3 мм), в лесной – 29 мм (min – 10, max – 70 мм, SD – 17 мм); в 2019 г. в поле (контроль) – 11 мм (min – 10, max – 25 мм, SD – 3 мм), под влиянием лесополосы в поле – 11 мм (min – 10, max – 15 мм, SD – 1 мм), в насаждении – 12 мм (min – 9, max – 32 мм, SD – 7 мм). В 2019 г., несмотря на, в целом, одинако-

вые значения в поле на обеих площадках, под влиянием лесополосы они распределились более равномерно. За период снеготаяния и формирования стока снегозапасы, в том числе осадки за период снеготаяния в 2017 г., на поле (контроль) составили 33 мм; с учетом влияния лесополосы – 41 мм, а в 2019 г. – 87 и 85 мм, соответственно.

Почва в 2017 г. промерзла в поле до глубины 35 см, в лесополосе на 3 см меньше. В 2019 г. глубина промерзания была значительно выше: в поле (контроль) – до 88 см, в поле под влиянием лесополосы – до 74 см, в самом насаждении – до 49 см.

При таких значениях лимитирующих факторов в 2017 г. сформировался поверхностный сток на поле (контроль) 6 мм, на поле с учетом влияния лесополосы – 3 мм; в 2019 г. – 20 мм и 10 мм, соответственно. В 2017 г. период стока длился три дня, а в 2019 г. – пять, но с перерывом в один день на фоне незначительного понижения температуры воздуха. Необходимо отметить, что после окончания стока снег на поле и в лесополосе частично сохранился, а почва в поле оттаяла в 2017 г. лишь на 10 см, а в 2019 г. – на 4 см.

Заключение. Одно из решающих влияний на формирование поверхностного стока талых вод оказывают зимние и ранневесенние оттепели. Они могут способствовать сходу снежного покрова, переувлажнению верхнего почвенного слоя, а последующее резкое похолодание – увеличению промерзания почвы и повышению степени цементации поверхности. Все это препятствует впитыванию и инфильтрации в почву талых вод. На этом фоне влажность верхнего 0-10 см слоя почвы может достигать ПВ.

В изучаемые периоды именно состояние верхнего 10 см слоя почвы (степень его увлажнения и промерзания) определило формирование поверхностного стока на фоне сложившихся погодных условий.

В целом подтвердилось утверждение, что лесомелиоративные мероприятия способствуют снижению стока. Во все годы исследований под влиянием лесной полосы сток был в два раза ниже.

Библиографический список

1. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. – 399 с.
3. Демидов В.В. Закономерности формирования эрозионных процессов при снеготаянии в лесостепной зоне Центральной России: теория и экспериментальные исследования. Новосибирск: ЦРНС, 2016. – 62 с.
4. Калюжный И.Л., Павлова К.К. Формирование потерь талого стока. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 160 с.
5. Комиссаров М.А., Габбасова И.М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 734-743.
6. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. М.: ВНИАЛМИ – ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.
7. Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.I., Petelko A.I. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the

east European plain // Eurasian Soil Science. – 2018. – V. 51. – № 1. – P. 66-72. https://doi.org/10.1134/S1064229318010039.

УДК 631. 44 (282.247.314)

РОЛЬ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ[3]

Кухарук Е.С.[1], Корман Ю.Х.[2]
[1]Международная ассоциация хранителей реки «Eco-TIRAS»,
Кишинёв, Молдова
[2]Государственный технический университет Молдовы, Кишинёв, Молдова
E-mail: [1]*ecostrategii@yahoo.com*, [2]*iu.corman1958@gmail.com*

Резюме. *Почвенный покров бассейна сложный, выделено большое разнообразие почвенных разновидностей, в том числе и деградированные почвы. Для борьбы с эрозионными процессами в рамках проекта будут предложены противоэрозионные мероприятия для сохранения и восстановления плодородия пашни на склонах бассейна реки Бэлцата.*
Ключевые слова*: общественные организации, эрозия, потери почв, загрязнение, сохранение плодородия.*
Summary*: The soil cover of the basin is complex; a wide variety of soil varieties have been identified, including degraded soils. To combat erosion processes, anti-erosion measures will be proposed within the framework of the project to preserve and restore the fertility of arable land on the slopes of the Baltata river basin.*
Key words: *public organizations, erosion, soil loss, pollution, preservation of fertility.*

В настоящее время реорганизация и оптимизация научных учреждений и ВУЗ-ов Молдовы достигает серьезных масштабов. На это есть объективные и субъективные причины. Мы коснёмся вопроса по предотвращению эрозионных процессов в республике, где количество деградированных почв по последним данным 2021 года составляет 45 %! Увеличение деградированных почв объясняется несоблюдение противоэрозионных мероприятий фермерами, сокращение лаборатории «Противоэрозионных мероприятий по процессам эрозии». Однако, необходимость сохранения и повышения плодородия молдавских чернозёмов заставляют задуматься о других путях финансирования этой темы: искать другие источники финансирования. Таким источниками являются международные Проекты, в которых финансируются исследования по многим тематикам. Таким международным проектом является “BSB963 – Protect-Streams-4-Sea” “Protecting streams for a clean Black Sea by reducing sediment and litter pollution with joint innovative monitoring and control tools and nature-based practices”, в рамках которого проведены исследования по загрязнению почв и предотвращения эрозии на склонах Молдовы.

Проект направлен на защиту рек бассейна Чёрного моря путём сокраще-

[3] Funding: The current work was realized in frames of the Joint Operational Black Sea Programme 2014-2020 and the Project BSB 963 “Protect-Streams-4-Sea”, with the financial assistance of the European Union. The content of this publication is the sole responsibility of the authors, and in no case should it be considered to reflect the views of the European Union.

ния загрязнения отложениями и мусором с использованием совместных инновационных инструментов мониторинга и контроля и природоохранных практик.

В совместных исследованиях проекта участвуют организации пяти стран: Греции, Турции, Армении, Румынии и Молдовы.

Река Бэлцата – правый приток Днестра, площадь бассейна 153,9 км^2. Малые реки Молдовы несущественно влияют на поступление воды в Днестр. На их долю приходится лишь 3-4 % поступления воды в Днестр. Водное питание Днестра снеговое и дождевое. Поэтому очень важно рассматривать вопрос, с какой поверхности стекают стоки осадков в бассейнах малых рек и какими водами они питают реку Днестр.

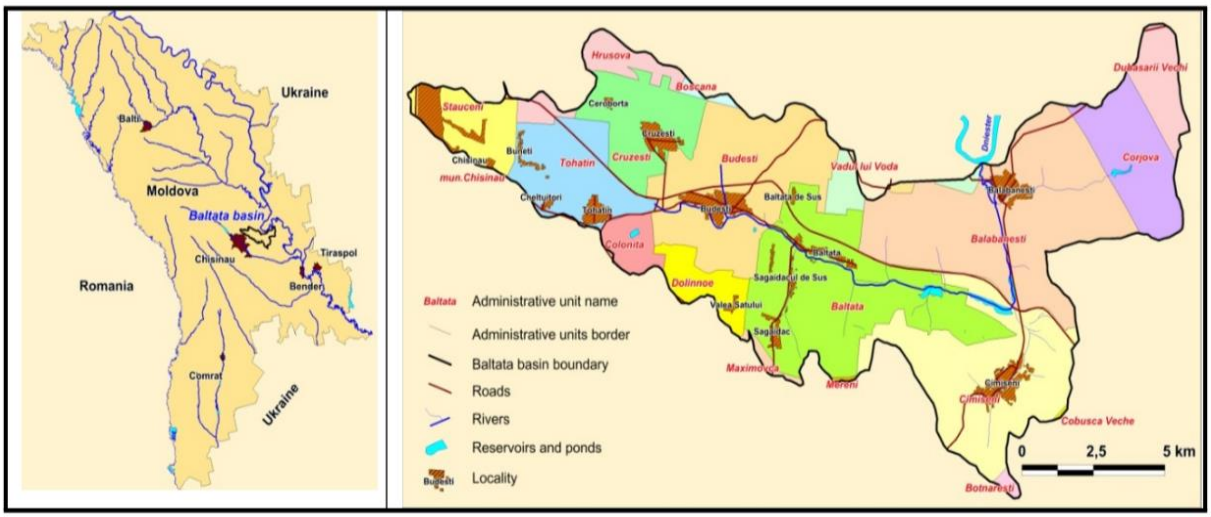


Рисунок 1 – Территория Молдовы и территория бассейна реки Бэлцата (центральная зона)

Бассейн реки Бэлцата охватывает несколько районов. Уклоны поверхности – от 0 до 17 градусов, но наиболее распространённые – от 2 до 5 градусов. Это говорит о том, что мы будем наблюдать процессы эрозии почвенного покрова на рассматриваемой территории. По данным Земельного кадастра Республики Молдова, всего эродированных почв в бассейне реки Бэлцата 3883 га, или 29,3 % от сельскохозяйственных земель (табл. 1). Необходимость разделения почв по степени эродированности – одно из условий для дальнейшего плана организационных действий по сохранению почвенного плодородия, лесонасаждений, сохранения флоры и фауны, уменьшения стока воды и минимизации эрозионных процессов. На рассматриваемой территории находятся 2409 га слабоэродированных почв, 976 га среднеэродированных и 498 га сильноэродированных почв. Средний балл бонитета варьирует от 54 до 77 [1].

Для сохранения влаги в почве и минимизации эрозионных процессов на склоновых пространствах, нужно проводить посадку лесных противоэрозионных насаждений [3]. Лесные защитные противоэрозионные полосы играют водорегулирующую, снегораспределительную и почвозащитную роль [2]. Для этого общественные организации занимаются посадкой лесных насаждений на сильно деградированных почвах.

Таблица 1 – Степень эродированности почвенного покрова бассейна реки Бэлцата

Названия населённых пунктов и районов	Всего с.-х. земель, га	Средний балл бонитета	Эродированные почвы, га			
			всего	включая		
				слабо-эрод.	средне-эрод.	сильно-эрод.
Криулянский р-н, с. Мэлэешть	2342	54	326	55	149	122
Криулянский р-н, с. Бэлэбэнешть	2946	75	437	350	73	14
Криулянский р-н, с. Бэлцата	1730	58	737	541	119	77
Муниципий Кишинэу, с. Будешть	2051	71	834	452	296	86
Муниципий Кишинэу, с. Крузешты	1104	75	295	225	53	17
Муниципий Кишинэу, с. Тогатин	1054	77	269	138	92	39
Муниципий Кишинэу, с. Ставчены	2047	73	985	648	194	143
Всего:	13 274		3883	2409	976	498
%			29,3	18,2	7,4	3,8

Заключение. Мы видим, что одной инициативы для посадки леса и лесонасаждений мало. Требуются научные данные о том, на каких почвах будут расти лесонасаждения, а на каких – нет. И породы лесонасаждений нужно подобрать для данной почвы чтобы они не погибли от летней засухи.

При изучении состояния почвенного покрова в бассейне реки Бэлцата, главное внимание обращено на склоново-эрозионную ситуацию: выделено более 29 % всех деградированных почв. Слабоэродированные почвы занимают 18 %, в которых усиливается химическая, физическая и биологическая деградация почв. Сильнодеградированные почвы составляют 4 %, которые нуждаются в конкретных мероприятиях по лесонасаждениям. Всего сельскохозяйственных земель 13 274 га. Качественное состояние почв даёт группировка на классы по уровню плодородия: 71-80 баллов – это II класс, к ним относятся плодородные почвы; в III и IV классах включены почвы с бонитетом 51-70 баллов – требуют мероприятия по сохранению и повышению плодородия, которые расположены в селе Бэлцата и Мэлэешть.

Библиографический список

1. Cadastru Funciar al Republicii Moldova, Chişinău, 2016. – P. 941, 942, 969.
2. Гид по сохранению и рациональному использованию влаги почв / Кухарук Е., Руснак В., Корман Ю. и др. Кишинёв: «Print-Caro», 2015. – с. 24, 186
3. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: «Юрайт», 2019. – С. 252-261

УДК 633.162 «321»:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Лазарев В.И., Минченко Ж.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *vla190353@yandex.ru*

Резюме. *Целью настоящего исследования являлось определение эффективности использования гуминовых удобрений отечественного (ЭКО-СП) и зарубежного (Фульвигрейн Классик, Гумифул Про) производства на посевах ярового ячменя сорта Прометей при обработке семян и посевов в фазе кущения и фазе начало выхода в трубку. В результате исследований установлено, что обработка семян и посевов ярового ячменя гуминовыми удобрениями способствовала повышению урожайности на 0,46-0,56 т/га или 12,7-15,5 %, крупности зерна на 0,7-1,6 %, содержания белка – на 0,2-0,4 %, крахмала – на 0,4-0,9 %. Использование гуминовых удобрений при возделывании ярового ячменя было экономически выгодно.*

Ключевые слова: *яровой ячмень, гуматы, Фулвигрейн Классик, Гумифул Про, ЭКО-СП, урожайность, структура урожая, экономическая эффективность.*

Summary. *The purpose of this study was to determine the effectiveness of the use of humic fertilizers of domestic (ECO-SP) and foreign (Fulvigrain Classic, Humiful Pro) production on spring barley crops of the Prometheus variety when processing seeds and crops in the tillering phase and the beginning of the tube. As a result of the research, it was found that the treatment of seeds and crops of spring barley with humic fertilizers contributed to an increase in yield by 0.46-56 t/ha or 12.7-15.5 %, grain size by 0.7-1.6 %, protein content – by 0.2-0.4 %, starch – by 0.4-0.9 %. The use of humic fertilizers in the cultivation of spring barley was economically profitable.*

Key words: *spring barley, humates, Fulvigrain Classic, Gumiful Pro, ECO-SP, yield, crop structure, economic efficiency.*

В современных агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур в качестве биоудобрений и стимуляторов роста растений стали широко применяться гуматы, представляющие собой высоко концентрированную смесь биологически активных веществ, выделенных из экологически чистого сырья природного происхождения. Обладая высокой биологической активностью, гуматы способствуют повышению проницаемости клеточных мембран в растениях, увеличивают скорость физиологических и биохимических процессов, стимулируют синтез белков и углеводов [1-3]. Благодаря особенностям строения и физико-химическим свойствам гуматы стимулируют развитие корневой системы, регулируют корневое и внекорневое питание, улучшают проникновение питательных веществ из почвенного раствора в растение, повышают устойчивость к различным стрессам и заболеваниям [4].

Исследованиями Л.В. Касимова, А.В. Кравец, Д.Л. Бобровской, В.Н. Богословского, Б.В. Левинского, В.Г. Сычева, А.А. Соколова, Д.В. Виноградова, К.В. Корсакова и др. установлено, что гуминовые удобрения стимулировали рост и развитие растений, увеличивали урожайность и качество получаемой продукции, способствовали повышению устойчивости растений к различным фитопатогенам, а также окупаемости минеральных удобрений [5-7].

Эффективность, свойства и качество гуминовых удобрений определяются в первую очередь сырьевым источником, из которого это удобрение производится, а также технологическими особенностями их производства. В нашей стране гуминовые удобрения производятся преимущественно из торфа и сапропеля (C:N = 35:2), за рубежом гуминовые удобрения в основном получают из бурого угля и сланцев (лигнитов, леонардитов, гумалитов) [8-9].

В настоящее время в Российской Федерации согласно каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению зарегистрировано более 78 видов гуминовых удобрений отечественного и зарубежного производства. Однако, данные, по сравнительной оценке, эффективности их использования в конкретных почвенно-климатических условиях практически отсутствуют. В связи с этим определение эффективности различных видов гуминовых удобрений на посевах ярового ячменя, их влияния на урожайность и качество зерна в условиях Курской области является актуальной задачей.

Методика. Исследования проводились в стационарном опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2022 годах, в севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар, озимая пшеница, соя, яровой ячмень. Изучалась эффективность гуминовых удобрений ЭКО-СП (Россия), Фульвигрейн Классик (Германия), Гумифул Про (Испания) при обработке семян и посевов ярового ячменя в фазе кущение и фазе начало выхода в трубку.

Почва опытного участка – чернозем типичный, мощный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое составляло 5,3 %, щелочногидролизуемого азота – 69,0 мг/кг, подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 8,8 мг/кг и 14,5 мг/кг, соответственно, реакция почвенной среды слабокислая – pH 5,4.

Агротехника ярового ячменя в полевых опытах соответствовала общепринятой, используемой в производственных условиях. Для посева использовались элитные семена сорта Прометей, с нормой посева 4 млн шт. всхожих семян на гектар. Фон минерального питания – $N_{30}P_{30}K_{30}$. Гуминовые удобрения при обработке семян и посевов ярового ячменя вносились ранцевыми опрыскивателями с нормой расхода рабочего раствора – 15 л/т семян и 200 л/га. Учет урожая проводился методом прямого комбайнирования комбайном «Сампо-1200». Пересчет урожая проводили 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-анализаторе 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.

В результате проведенных исследований установлено существенное влияние гуминовых удобрений на рост и развитие растений, урожайность, струк-

туру урожая и качество зерна ярового ячменя. Так, более высокие показатели структуры урожая ярового ячменя в среднем за годы исследований были получены в вариантах с применением гуминовых удобрений ЭКО-СП и Фульвигрейн Классик. Обработка семян и двукратная обработка посевов ярового ячменя этими удобрениями способствовала повышению количества продуктивных стеблей на 9-10 шт./м^2, числа зерен в колосе – на 2,3-2,4 шт., массы 1000 зерен – на 1,3-1,4 г, натуры зерна – на 4,4-4,7 г/л. Эффективность влияния гуминового удобрения Гумифул Про на элементны структуры урожая было менее значимым: количество продуктивных стеблей в этом варианте повышалось на 5 шт./м^2, число зерен в колосе – на 2,2 шт., массы 1000 зерен – на 0,9 г, натура зерна – на 1,2 г/л.

Более высокие показатели структуры урожая в вариантах с обработкой семян и посевов ярового ячменя гуминовыми удобрениями обеспечивали получение более высокой урожайности и качества зерна ярового ячменя. Использование различных видов гуминовых удобрений при возделывании ярового ячменя способствовало повышению урожайности на 0,46-0,56 т/га или 12,7-15,5 %.

Максимальные прибавки урожая ярового ячменя получены в вариантах с использованием гуминовых удобрений ЭКО-СП и Фульвигрейн Классик – 0,52-0,56 т/га. эффективность обработки семян и двукратной обработки посевов ярового ячменя гуминовым удобрением Гумифул Про была несколько ниже, прибавка урожая от его внесения составила 0,46 т/га или 12,7 %.

Использование гуминовых удобрений при возделывании ярового ячменя положительно сказывалось на качестве зерна, повышая в нем содержание белка на 0,2-0,4 %, крахмала – на 0,4-0,9 %, крупность зерна – на 0,7-1,6 %. Более качественное зерно ярового ячменя в годы проведения исследований получено в вариантах с использованием гуминовых удобрений ЭКО-СП и Фульвигрейн Классик. Обработка семян и посевов ярового ячменя в фазе кущения и фазе начало выхода в трубку этими удобрениями повышало содержание белка в зерне на 0,2-0,4 %, крахмала – на 0,7-0,9 %, в сравнении с контролем (табл. 1).

Эффективность влияния различных видов гуминовых удобрений на качество зерна ярового ячменя была практически одинаковой, достоверной разницы показателей качества зерна при использовании различных гуминовых удобрений не наблюдалось.

Экономический анализ использования гуминовых удобрений свидетельствует о высокой их эффективности на посевах ярового ячменя. Так, в вариантах с обработкой семян и двукратной внекорневой подкормкой посевов различными видами гуминовых удобрений урожайность ярового ячменя увеличивалась на 0,46-0,56 т/га, стоимость валовой продукции на 5520-руб./га в сравнении с контролем, где гуминовые удобрения не применялись.

Вследствие невысокой стоимости гуминовых удобрений и возможностью внесения их в баковых смесях со средствами защиты растений, прямые производственные затраты увеличивались незначительно, это в свою очередь

способствовало повышению условно чистого дохода на 4931-5664 руб./га и уровня рентабельности на 19,0-22,7 % в сравнении с контрольным вариантом. Наиболее высокий чистый доход получен от обработки семян и двукратной обработки посевов ярового ячменя агрохимикатом на основе гумусовых веществ ЭКО-СП – 27178 руб./га, при уровне рентабельности равном 121,4 %.

Таблица 1 – Влияние гуминовых удобрений на урожайность и качество зерна ярового ячменя, 2020-2022 гг.

Варианты опвта	Урожайность, т/га	Крупность зерна, %	Содержание, %	
			белок	крахмал
1. Контроль, без обработок гуминовыми удобрениями	3,61	95,1	12,0	43,1
2. ЭКО-СП – обработка семян (0,5 л/т) + ЭКО-СП – обработка посевов в фазе кущение (0,5 л/га) + ЭКО-СП, обработка посевов в фазе выход в трубку (0,5 л/га)	4,13	96,7	12,8	45,4
3. Фульвигрейн Классик – обработка семян (0,8 л/т) + Фульвигрейн Классик – обработка посевов в фазе кущение (0,4 л/га) + Фульвигрейн Классик – обработка посевов в фазе выход в трубку (0,4 л/га)	4,17	96,2	12,7	45,1
4. Гумифул Про – обработка семян (0,1 кг/т) + Гумифул Про – обработка посевов в фазе кущение (0,1 кг/га) + Гумифул Про – обработка посевов в фазе выход в трубку (0,1 кг/га)	4,07	95,8	12,6	43,4
$НСР_{05}$	0,11	0,5	0,3	0,9

Величина условно чистого дохода от применения гуминовых удобрений Фулвигрейн Классик и Гумифул Про была ниже и соответственно составила 27056-26445 руб./га, а уровень рентабельности – 117,7-118,1 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена высокая эффективность применения различных видов гуминовых удобрений отечественного (ЭКО-СП) и зарубежного (Фулвигрейн Классик, Гумифул Про) производства на посевах ярового ячменя. Сравнительная оценка использования гуминовых удобрений между собой на посевах ярового ячменя показала, что их эффективность была практически равной. Это свидетельствует о высоком качестве отечественных гуминовых удобрений и создает научно обоснованные предпосылки для их широкого использования при возделывании ярового ячменя.

Библиографический список

1. Христева Л.А. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения / Л.А. Христева. – Днепропетровск, 1980. – Т. 2. – С. 5-23.

2. Аллахвердиев С.Р. Ерошенко В.И. Современные технологии в органическом земледелии // Международный журнал фундаментальных и прикладных исследований. – 2017. – № 1-1. – С. 76-79.

3. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и проблема оценки их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. – 2011. – №. 11. – С. 1334-1343.
4. Богословский В.Н. Агротехнологии будущего. Книга I. Энергены / В.Н. Богословский, Б.В. Левинский, В.Г. Сычев. – М.: Издательство РИФ «Антиква», 2004. – 164 с.
5. Касимова Л.В., Кравец А.В., Бобровская Д.Л. Биологическая активность новых водорастворимых комплексных гуминовых стимуляторов роста растений с макроэлементами // Плодородие. – 2010. – Т. 51. – № 1. – С. 48-49.
6. Богословский В.Н., Левинский Б.В., Сычев В.Г. Агротехнологии будущего. Кн. 1. Энергены. М.: Изд-во РИФ «Антиква», 2004. – 163 с.
7. Соколов А.А., Виноградов Д.В. Эффективность гуминового препарата гумми 80 в повышении продуктивности и устойчивости растений ячменя к корневым гнилям // Вестн. Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева. – 2016. – Т. 31. – № 3. – С. 103-106.
8. Комаров А.А. Получение гумусоподобных соединений из лигнина и их физиологическое действие на растения. СПб.: Изд-во «Невский стандарт», 2004. – 120 с.
9. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и проблема оценки их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. – 2011. – №. 11. – С. 1334-1343.

УДК 631.471

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Лапа В.В., Матыченков Д.В., Азаренок Т.Н.,
Матыченкова О.В., Дыдышко С.В.
РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск, Республика Беларусь
E-mail: *odm@brissa.by*

Резюме. *Геостатистическая оценка использования удобрений для достижения максимальной урожайности при наличии соответствущих материальных ресурсов являетя одгой из выходных форм разрабатываемой интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства.*
Ключевые слова: *использование удобрений, ГИС, почвенные информационные системы.*
Summary. *Geostatistical assessment of the use of fertilizers to achieve maximum yields in the presence of appropriate material resources is one of the output forms of the developed intelligent information system for agricultural production.*
Key words: *fertilizer use, GIS, soil information systems.*

Разработка интеллектуальных систем помощи при принятии решений в сельскохозяйственном производстве в современных условиях является одним из самых востребованных направлений в агропочвоведении. Современный подход к управлению продуктивностью сельскохозяйственных культур имеет комплексный характер и должен формироваться согласно принципам, которые учитывают особенности фотосинтеза, морфогенеза, минерального питания сельскохозяйственных культур и обеспечивают управление ими. Первоочередной задачей такого подхода является максимальное нивелирование факторов, препятствующих сближению биологического потенциала культуры (сорта) с фактическим [1]. Этому способствует использование систем применения удобрений (минеральных и органических), химических мелиорантов, средств защиты растений. Интеллектуальная система управления продуктив-

ностью сельскохозяйственных культур и качеством урожая – это комплексное решение с применением целого ряда технологических приемов, объединенных в одну информационно-управляющую систему [2]. Главное преимущество интегрированных систем – взаимосвязанные данные о почвенных ресурсах, требованиях возделываемых культур, нормативных документах, современных системах применения удобрений и имеющихся в распоряжении сельхозпроизводителей ресурсов.

Для функционирования интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства необходимо перевести в цифровую форму ряд нормативно-справочных материалов в цифровую форму. Такими материалами являются используемые в настоящее время отраслевые регламенты по возделыванию сельскохозяйственных культур и методики по применению удобрений, а также различные системы удобрений [3]. В создаваемую базу данных интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов также добавлены новейшие разработки РУП «Института почвоведения и агрохимии», являющиеся наиболее перспективными для внедрения в сельскохозяйственной практике [4].

Необходимые дозы минеральных удобрений при существующих материальных ресурсах для достижения максимальной отдачи от почвенных ресурсов, сохраняя при этом от возможной деградации, прогнозные показатели динамики агрохимических свойств почвенного покрова, рассчитанные на основе вышеупомянутых нормативно-справочных материалов, возможные пути корректировки отдельных характеристик почвенного покрова – это те задачи, которые должна решать разрабатываемая информационная система.

Комплекс агротехнологических мероприятий для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур при существующих материальных ресурсах позволит достигать возможных и запланированных показателей определенного уровня пригодности почв при возделывании как отдельных сельскохозяйственных культур, так и для чередования культур в целом. Прогнозирование – установление пригодности почв элементарного участка для возделывания как некоторых сельскохозяйственных культур, так и определенных севооборотов, осуществляется согласно имеющихся или предполагаемых уровней агротехнологического воздействия на почву (применяемые системы удобрений, мелиорация, культур-технические работы и т.д.). Планирование является установлением необходимого агротехнологического воздействия на почву для достижения заданной пригодности почв элементарного участка для возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры или достижения заданной урожайности сельскохозяйственной культуры. Это позволяет с минимальным расходом удобрений осуществить поддержание наиболее нуждающихся в повышении существующего уровня плодородия элементарных участков, доведение в некоторых из них до оптимальных уровней содержания элементов питания. В то же время уменьшить дозы минеральных удобрений на участках с большими запасами элементов

питания. Это дает большие возможности для постановки оперативных, краткосрочных и долгосрочных целей и задач, позволяет путем планирования расходования материальных ресурсов на каждом конкретном поле перейти к планированию ведения сельскохозяйственного производства в целом для хозяйства. Кроме этого, появляется возможность создания резерва более пригодных почв за счет создания наиболее окультуренных почв, обладающих большим запасом питательных веществ, которые позволяют получать высокие урожаи возделываемых культур. Создание таких почв является инвестиционным фактором развития производства для сельскохозяйственного предприятия.

Определение норм внесения минеральных удобрений является одной из главнейших задач для разработки комплексов мероприятий по их использованию под сельскохозяйственные культуры для достижения максимальной урожайности. Для определения доз минеральных удобрений в агрохимической практике используют следующие методы: балансовые – на основе данных выноса урожаем элементов питания и коэффициентов их использования из почвы и удобрений; по результатам полевых опытов с применением поправочных коэффициентов на агрохимические свойства почв; нормативные – по нормативам затрат минеральных удобрений на единицу урожая; математические – на основе моделирования производственных функций в системе почва-растение.

Проведена геостатистическая оценка использования удобрений при различных уровнях планирования урожайности сельскохозяйственных культур с учетом нормативов возмещения выноса элементов питания по элементарным участкам сельскохозяйственных организаций. Это позволило создать картограммы внесения минеральных удобрений согласно разработанным комплексам мероприятий по их использованию для различных культур (озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса) по каждому объекту исследования для всех элементарных участков, а также выявить элементарные участки с большим потенциалом агрономической эффективности и с наибольшим риском потери своей производительной способности, вследствие значительного выноса питательных веществ с урожаем (рис. 1).

Картограммы, являющиеся геостатистической обработкой данных о внесении необходимого количества минеральных удобрений, отражающие распространение лимитирующих урожайность сельскохозяйственных культур факторов, многоцелевой оценки пригодности почвенного покрова элементарного участка, внесения минеральных удобрений при различных уровнях запланированной урожайности, являются основой выходных форм разрабатываемой интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства и позволяют наглядно показать необходимые агротехнические мероприятия и требуемые затраты для достижения запланированных валовых сборов и прибыли сельскохозяйственного предприятия.

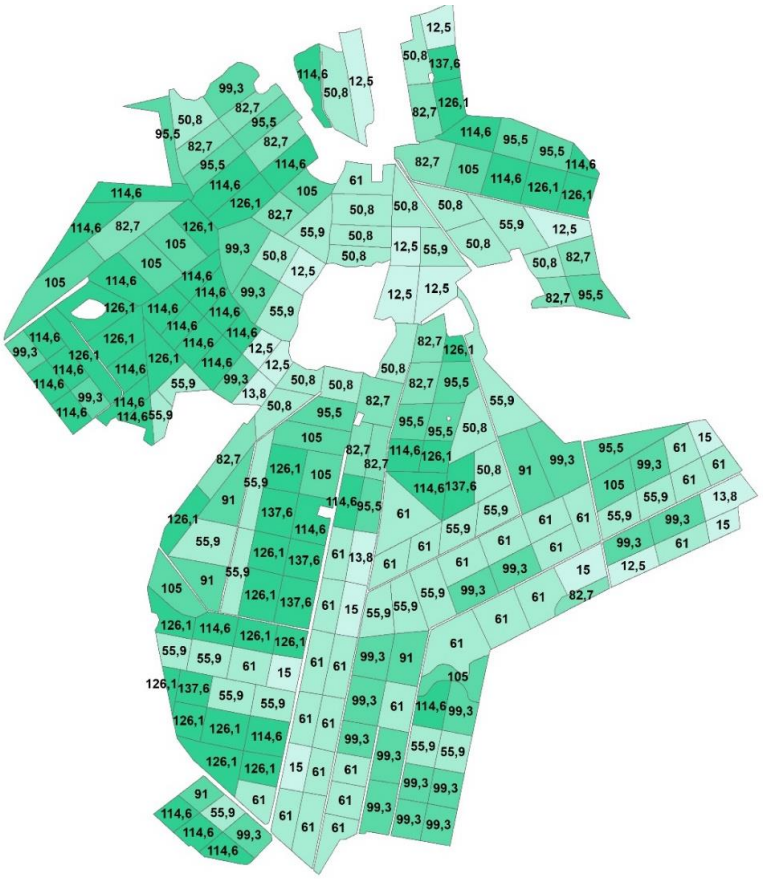


Рисунок 1 – Картограмма норм внесения фосфора (кг/га) для запланированной урожайности 70-80 ц/га для озимых и рапса ОАО «Большевик-агро» Солигорского района Минской области

Разработка комплексов агротехнологических мероприятий для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур при использовании разного уровня доступности материальных ресурсов на уровне сельскохозяйственной организации заключается в создании матрицы нормативов внесения органических и основных минеральных удобрений для каждого элементарного участка по возделываемым культурам с различным уровнем запланированной урожайности. Для определения количества минеральных удобрений для элементарного участка были использованы балансный и нормативный методы расчета. Были определены количество необходимых органических и минеральных удобрений для различных уровней запланированной урожайности. Также было рассчитано необходимое количество элементов питания для всех элементарных участков (рис. 2).

В дальнейшем, используя полученные матрицы необходимых для достижения заданного уровня урожайности питательных элементов, будут выбраны наиболее экономически выгодные варианты с учетом имеющихся материальных ресурсов, затрат на внесение конкретных видов и марок удобрений, стоимости планируемого урожая.

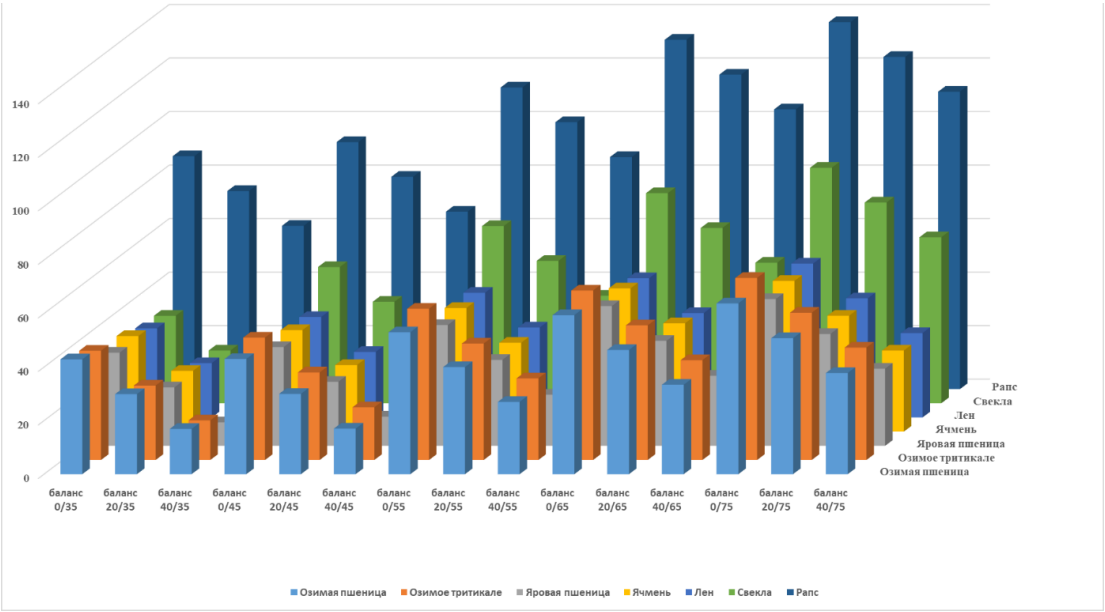


Рисунок 2 – Нормы внесения фосфора кг на элементарный участок № 455 ОАО «Большевик-агро» Солигорского района Минской области, полученные балансным методом расчета при различном уровне внесения органических удобрений

Таким образом, разработаны выходные формы интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства, основанные на геостатистической оценке использования удобрений. Разработан комплекс агротехнологических мероприятий для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур при использовании разного уровня доступности материальных ресурсов на уровне сельскохозяйственной организации. Разработаны алгоритмы получения информации по дозам минеральных удобрений для почвенного полигона и элементарного участка с использованием данных по нормативным материалам, методикам применения минеральных удобрений и отраслевым регламентам как при установлении необходимого уровня урожайности, так и при всех возможных уровнях урожайности. Данные алгоритмы являются основой разработки комплекса агротехнологических мероприятий для максимально возможного уровня урожайности сельскохозяйственных культур при существующих материальных ресурсах.

Библиографический список

1. Лапа, В.В. Комплексная оценка почвенного покрова и факторов, лимитирующих их производительную способность / В.В. Лапа, Д.В. Матыченков // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVII Междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 40-летию со дня основания лаборатории агропочвоведения ВНИИЗиЗПЭ. г. Курск, 27-29 апреля 2022г. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2022 – С. 144-147.
2. Оценка пригодности почвенного покрова для возделывания культур – основа интеллектуальных информационных систем сельскохозяйственного производства / Лапа В.В., Матыченков Д.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В. // Приложение к журналу «Земледелие и растениеводство». – №4 (143). – 2022. – С. 9-13.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сборник отраслевых регламентов / Научно-

практический центр НАН Беларуси по земледелию; рук. работы: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 530 с.
4. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В.В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.

УДК 631. 416. 322 (470.323)

СЕРА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЛИМИТИРУЮЩИЙ ФАКТОР ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Левшаков Л.В.[1], Пироженко В. В.[2], Шахов А. И.[1]
[1]ФГБОУ ВО Курская ГСХА имени И.И. Иванова, РФ, г. Курск,
[2] ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Курская»
E-mail: [1]*leo-levshakov@yandex.ru*, [2]*agrohim_46_1@mail.ru*

Резюме. *Показана важность серы в физиологических и биологических процессах, определяющих питательный режим и продуктивность сельскохозяйственных культур. Для чернозёмных почв Курской области, характеризующихся высоким потенциальным уровнем почвенного плодородия, главным лимитирующим фактором в последние годы является очень низкое содержание подвижной серы (2,9 мг/кг). Без внесения серосодержащих удобрений получение высокой урожайности большинства возделываемых сельскохозяйственных культур практически невозможно.*
Ключевые слова: *чернозёмы, подвижная сера, баланс серы в почвах, плодородие почв.*
Summary. *The importance of sulfur in the physiological and biological processes that determine the nutritional regime and productivity of agricultural crops is shown. For chernozem soils of the Kursk region, characterized by a high potential level of soil fertility, the main limiting factor in recent years is a very low content of mobile sulfur (2.9 mg/kg). Without the introduction of sulfur-containing fertilizers, it is almost impossible to obtain high yields of most cultivated crops.*
Key words: *chernozems, mobile sulfur, sulfur balance in soils, soil fertility.*

Курская область в настоящее время входит в число регионов, которые в нашей стране являются одними из наиболее благоприятных для возделывания большинства сельскохозяйственных культур [1]. В области оптимально сочетаются условия увлажнения, количество приходящей солнечной радиации и плодородные почвы. Почвы Курской области характеризуются высоким потенциальным, естественным плодородием, что позволяет в последние годы получать стабильно высокую урожайность возделываемых полевых культур [1, 2]. Почвенный покров области представлен двумя основными типами почв, среди них преобладают черноземы (выщелоченные, типичные и оподзоленные). На долю черноземных почв приходится около 1460 тыс. га, или 74,0% от общей площади сельскохозяйственных угодий Курской области [3]. Чернозёмы характеризуются как наиболее высокоплодородные почвы, обеспечивающие получение высокой продуктивности при возделывании на них сельскохозяйственных культур. Как показывают результаты агрохимического обследования чернозёмов в Курской области, одним из главных отрицательных факторов является снижение содержания доступных для растений форм серы [4, 5].

По информации многих учёных, в настоящее время сера является одним из наиболее важных, незаменимых и потребляемых элементов питания, в зна-

чительной степени определяющей продуктивность возделывания сельскохозяйственных культур [6, 7]. Растения усваивают серу из почв и удобрений, при этом большую часть поступления соединений этого элемента обеспечивается почвой, в которой её общее содержание варьирует в значительных пределах, от 0,005 и до 0,04 % [8] (Орлов Д. С., 1992; Минеев В.Г., 1990). Как представлено в работах Аристархова А. Н., (2016), Лукина С. В. и др., (2019), в настоящее время в России более 90 % обследованных пахотных почв недостаточно обеспечены подвижными формами серы [9, 10]. Ее содержание в большинстве почв нашей страны близко к минимальному содержанию – 6,3-6,4 мг/кг, а в целом ряде регионов содержание серы составляет всего 1,5-2,0 мг/кг. Исходя из важности серы как элемента питания, она стала одним из главных лимитирующих факторов плодородия чернозёмных почв Курской области.

Цель проведения исследований – установление обеспеченности чернозёмных почв Курской области подвижной серы в сравнении с основными агрохимическими показателями плодородия этих почв.

Для обобщения и анализа содержания подвижной серы в чернозёмных почвах сельскохозяйственных угодий использовались материалы агрохимических обследований 2008-2022 гг., проводимых государственными станциями агрохимической службы «Курская» и «Рыльская». Обследование почв Курской области проводилась в комплексе с «Программой сохранения и повышения плодородия почв» по всем 28-ми районам области. Содержание подвижной серы определялось методом объемной трилонометрической оценки сульфатов (ГОСТ 26490-85). При обработке практических данных применялся метод дисперсионного анализа и программы Microsoft Excel, Statistica 5.0 for Windows 10 [6].

При проведении агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий в Курской области в последние 10-15 лет стало нормой определение содержания подвижной серы. До этого только отдельные хозяйства заказывали определение содержания этого элемента. Максимальное содержание серы в чернозёмных почвах отмечается в середине 90-х годов прошлого столетия, когда среднее содержание составляло 4,9 мг/кг, что ниже средней обеспеченности. Далее началась отрицательная динамика и к 2000 году содержание подвижной серы составляло 3,8 мг/кг (–23 %). К 2010 году содержание подвижной серы в чернозёмных почвах составляло 2,7 мг/кг (–45 % от начального содержания). С 2010 наметилась небольшая тенденция увеличения содержания подвижной серы, связанная с внесением органических и минеральных удобрений. В настоящее время содержание подвижной серы в чернозёмных почвах составляет 3,2 мг/кг, что на 20 % больше, чем в серых лесных почвах. На рисунке приведена динамика изменения содержания подвижной серы в почвах Курской области с 2010 и по 2021 гг. по основным типам почв. С 2014 и по 2016 гг. было зафиксировано незначительное снижение, которое сменилось положительной динамикой содержания серы, продолжавшейся до 2019 года. Последние три года отмечается устойчивое сни-

жение содержания подвижной серы как в чернозёмах, так и в серых лесных почвах. В настоящее время более 90 % пахотных почв сельскохозяйственных угодий Курской области имеют низкую обеспеченность подвижными формами серы.

Рисунок – Динамика изменения содержания подвижной серы в зональных почвах Курской области, 2010-2021 гг.

Отрицательная динамика содержания серы в последние годы объясняется повышением в структуре посевных площадей культур с высокой потребностью в данном элементе и высокой урожайностью. В нашей области это такие культуры, как озимый и яровой рапс, горчица, сахарная свёкла, подсолнечник, соя. Пополнение почв серой за счёт внесения с удобрениями и поступления из атмосферы в настоящее время не может компенсировать повышенный вынос с урожаем.

Чернозёмные почвы Курской области традиционно отмечаются высокими показателями плодородия, что в первую очередь определяется основными агрохимическими показателями. Территория почвенного покрова Курской области разделена на два агропочвенных района. Чернозёмные почвы преобладают во 2-м агропочвенном районе. В таблице представлены основные агрохимические показатели, определяющие плодородие чернозёмных почв.

Содержание гумуса по районам изменяется от 4,4 % (Курский район) и до 6,3 % (Касторенский район) и средневзвешенный показатель составляет 5,3 % (среднее содержание). Величина почвенной кислотности pH изменяется от слабокислой, pH5,0, (Поныровский район) и до нейтральной, pH6,1 (Мантуровский район), при средневзвешенном значении pH 5,4. Содержание щёлочногидролизуемого азота варьирует от очень низкого (90 мг/кг Щигровский район) и до низкого (115 мг/кг, Горшеченский район) при средневзвешенном содержании 103 мг/кг, (низкое содержание). Содержание

Таблица – Агрохимические показатели плодородия чернозёмных почв Курской области по состоянию на 2022 г.

№ п/п	Район	Обследованная площадь, тыс. га	Средневзвешенные показатели					
			Гумус, %	Кислотность pH	N щёлочногидролизуемый	P подвижный	K обменный	Подвижная сера, мг/кг
1	Касторенский	88,9	6,3	5,4	134	114	121	4
2	Щигровский	88,7	5,8	5,4	90	126	112	4
3	Горшеченский	88,5	5,9	5,8	115	112	114	3,6
4	Черемисиновский	62	5,8	5,3	115	110	113	3,4
5	Обоянский	61,4	4,8	5,2	98	161	99	3,2
6	Советский	85,3	5,9	5,4	99	136	103	3,2
7	Мантуровский	67,4	5,5	6,1	115	131	128	3,2
8	Солнцевский	69,4	5,5	5,9	93	122	101	3,1
9	Поныровский	46,9	4,9	5	93	124	128	3
10	Золотухинский	73,9	4,9	5,1	101	117	128	3
11	Курский	80,8	4,4	5,3	99	115	109	2,8
12	Тимский	66	5,5	5,4	110	97	100	2,8
13	Медвенский	73,2	5,0	5,6	100	144	105	2,7
14	Пристенский	70,6	5,2	5,3	100	95	96	2,6
Итого, по области, в среднем		**1023,0**	**5,3**	**5,4**	**103**	**129**	**112**	**3,19**

подвижного фосфора изменяется от среднего (95 мг/кг, Пристенский район) и до высокого, (161 мг/кг, Обоянский район), при средневзвешенном содержании 129 мг/кг (повышенное содержание). Содержание обменного калия изменяется от повышенного (96 мг/кг, Пристенский район) и до высокого, (128 мг/кг, Мантуровский район), при средневзвешенном содержании 112 мг/кг (повышенное содержание). Минимальное содержание подвижной серы установлено в Пристенском районе (2,6 мг/кг), более высокое в Касторенском и Щигровском районах (4,0 мг/кг). Средневзвешенное содержание серы в чернозёмных почвах составляет 3,19 мг/кг, что относится к низкой обеспеченности.

Из агрохимических показателей плодородия чернозёмных почв Курской области в минимуме находится содержание щёлочногидролизуемого азота (низкое содержание). Учитывая высокий уровень внесения азотных удобрений, это не является лимитирующим фактором ограничения продуктивности сельскохозяйственных культур. Почвы характеризуются средним содержанием гумуса и слабокислой реакцией почвенной среды. Также в чернозёмах в настоящее время содержится повышенное содержание доступных для растений фосфора и калия. Вышеуказанные показатели также позволяют получать высокую урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур. Содержание подвижной серы находится на критически низком уровне, что в значительной степени оказывает влияние на снижение общего показателя плодородия чернозёмных почв Курской области.

Заключение. Содержание подвижной серы находится на критически

низком уровне и является важнейшим лимитирующим фактором, оказывающим существенное влияние на снижение показателя плодородия в черноземных почвах Курской области. Для обеспечения высокой продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур на черноземных почвах обязательно внесение серосодержащих минеральных удобрений.

Библиографический список

1. Влияние комплексных серосодержащих удобрений на питательный режим и водопотребление сельскохозяйственных культур на зональных почвах Центрального Черноземья / Л.В. Левшаков, А.В. Чевычелов, В.И. Лазарев, М.А. Пятаков // Вестник Курской ГСХА. – 2019. – №7. – С. 58-65.
2. Чевычелов А. В., Левшаков Л. В., Лазарев В. И. Влияние удобрений, содержащих серу на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №4. – С. 51-54.
3. Левшаков Л.В., Малахов А.В., Шахов А.И. Серосодержащие минеральные удобрения как фактор формирования высококачественного зерна яровой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 26-33.
4. Мониторинг содержания серы и микроэлементов в почвах Центрально-Черноземного района России / С.В. Лукин, Д.А. Куницин, В.В. Пироженко и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – №1. – С. 4-7. doi: 10.53859/02352451_2022_36_1_4.
5. Левшаков Л.В., Пироженко В. В. Сера в почвах Курской области // Агрохимический вестник. – 2022. – № 3. – С. 49-53. doi:10.24412/1029-2551-2022-3-009.
6. Аристархов А.Н. Агрохимия серы. Под ред. Акад. РАСХН Сычёва В.Г. М.: ВНИИА, 2007. – 272 с.
7. Левшаков Л. В. Перспективность применения серосодержащих удобрений для повышения продуктивности возделывания зерновых культур на почвах с низким содержанием серы // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 1 (94). – С. 23-31.
8. Лукин С.В., Жуйков Д.В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 10-12. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10202.
9. Шеуджен, А.Х. Физиологическая роль серы в жизни растений // Удобрение и регуляторы роста на посевах риса. Краснодар, 2002. – С. 36-41.
10. Слюсарев В.Н. Диагностика обеспеченности растений серой и физикохимические свойства чернозёма выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга // Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. – Ростов н/Д. – 2006. – С. 449-453.

УДК 631.582: 631.82:633.16:631.559

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЕВООБОРОТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР[4]

Лукьянов В.А., Нитченко Л.Б.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *lukyanov27@mail.ru*

Резюме. *В статье приводятся результаты исследований по влиянию севооборотов и доз минеральных удобрений на количество продуктивных стеблей ярового ячменя, массу 1000 зерен, количество зёрен в колосе, натуру зерна и урожайность в условиях черноземных почв Курской области. Установлено, что более оптимальные элементы структуры уро-*

[4] Исследования проведены по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.

жая ячменя и урожайность формируются в зернопаропропашном севообороте при дозе минерального питания $N_{60}P_{60}K_{60}$.
Ключевые слова: *яровой ячмень, чернозёмные почвы, севообороты, минеральные удобрения, урожайность, системы земледелия.*
Summary. *The article presents the results of studies on the effect of crop rotations and mineral fertilizer doses on the number of productive stems of spring barley, the mass of 1000 grains, the number of grains in the ear, the nature of grain and yield in the conditions of chernozem soils of the Kursk region. It has been established that more optimal elements of the structure of the barley crop and yield are formed in the grain-fallow-row crop rotation at a dose of mineral nutrition $N_{60}P_{60}K_{60}$.*
Key words: *spring barley, chernozem soils, crop rotations, mineral fertilizers, productivity, farming systems.*

Введение. Оптимально выстроенная система применения удобрений позволяет эффективно управлять плодородием почв, урожайностью и качеством сельскохозяйственных культур.

Среди факторов, повышающих эффективность зернового комплекса, на долю известковых, минеральных и органических удобрений приходится 65-75 % [1]. Значение удобрений в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, приумножении и сохранении плодородия почвы доказано многочисленными опытами и подтверждено практикой мирового земледелия. Кроме того, научно обоснованное применение удобрений позволяет управлять качеством сельскохозяйственной продукции и предотвращает загрязнение окружающей среды [2, 3]. Для поддержания почвенного плодородия необходимо разработать систему мероприятий, позволяющих целенаправленно регулировать наиболее важные его показатели, а также прогнозировать процессы, происходящие в почве. Таким образом, актуальными становятся данные, полученные в многолетних стационарных опытах, в которых создаются исключительные условия стандартизации, позволяющие лучше изучить действие изучаемых факторов [4, 5].

Одним из элементов системы земледелия, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур, является использование различных видов севооборотов, без которых невозможно осуществление приемов, направленных на повышение культуры земледелия. Хороший предшественник оказывает весьма положительное влияние на влагообеспеченность почвы, способствует формированию дружных всходов, улучшает фитосанитарное состояние посевов и снижает потребность в применении средств защиты растений [6-8].

Цель исследований заключалась в изучении влияния севооборотов и доз минеральных удобрений на структуру урожая и урожайность зерна ярового ячменя.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2022 г. В условиях научно-производственного подразделения ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино, Курская область). Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками, размещение вариантов рендомизированное, общая площадь делянки − 100 м^2. Сорт ярового ячменя «Суздалец», норма

высева семян – 5 млн. шт./га. Почва – чернозём типичный среднесуглинистый. Схема опыта включала следующие факторы: А – севообороты (зернопаропропашной: озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень – чистый пар; зернотравянопропашной: озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень+многолетние травы – многолетние травы первого года пользования); В – минеральное питание (без удобрений, одинарная доза $N_{30}P_{30}K_{30}$, двойная доза $N_{60}P_{60}K_{60}$. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 10.0.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия 2022 г. способствовали формированию слабо-засушливого гидротермического режима (ГТК = 1,15) в период вегетация ярового ячменя (рис. 1).

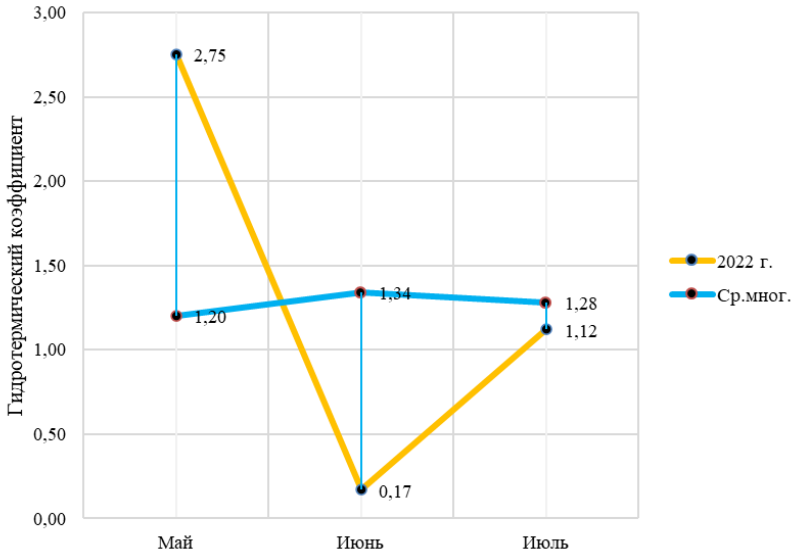


Рисунок 1 – Гидротермический режим в период вегетации ярового ячменя

Погодные условия во время посева и всходов ярового ячменя характеризовались относительно оптимальными условиями для его развития, в некоторые фазы вегетации наблюдался дефицит влаги. Среднемесячная температура воздуха в апреле не превышала 10 °С и составила 8,2 °С; количество выпавших осадков значительно отличалось по фазам вегетации ячменя: в апреле 2022 г. их количество было 117 мм и значительно превысило средние многолетние значения, в мае – 103 мм, в июне – 10 мм, перед уборкой в июле – 69 мм.

Используемые в опыте дозы минеральных удобрений способствовали улучшению исследуемых показателей, однако, существенные различия ($F_ф > F_{05}$) были отмечены только при оценке продуктивных стеблей ячменя, массы 1000 зёрен и в некоторых вариантах по натуре зерна (табл. 1). В зернопаропропашном севообороте, в варианте без удобрений, количество продуктивных стеблей составило 488 шт./м^2, в варианте с $N_{30}P_{30}K_{30}$ их количество увеличилось до 499 шт./м^2, с $N_{60}P_{60}K_{60}$ – до 516 шт./м^2. В зернотравянопропашном севообороте количество продуктивных стеблей значительно снижалось и с минеральными удобрениями $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ составили 446 и 453 шт./м^2, соответственно.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и севооборотов на элементы структуры урожая ярового ячменя

Варианты опыта	Количество продуктивных стеблей, шт./м^2	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Натура, г/л
Зернопаропропашной севооборот				
1. Без удобрений	488	26	43,88	612
2. $N_{30}P_{30}K_{30}$	499	26	44,08	616
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$	516	27	44,72	615
Зернотравянопропашной севооборот				
4. Без удобрений	436	26	40,40	606
5. $N_{30}P_{30}K_{30}$	446	26	40,53	612
6. $N_{60}P_{60}K_{60}$	453	27	44,84	612
$НСР_{05}$ A*	9	1	0,64	6
B*	11	1	0,78	7

**Примечание: фактор А – севооборот, фактор В – минеральное питание.*

Количество зёрен в колосе существенно не отличалась по вариантам исследований и в среднем составило 26-27 шт. Масса 1000 зёрен изменялась как под влиянием севооборотов, так и с применением разных доз минеральных форм удобрений. Наибольшая масса 1000 зёрен отмечена в варианте с $N_{60}P_{60}K_{60}$ в зернопаропропашном севообороте – 44,72 г. Значимые различия по натуре зерна ячменя в исследуемых вариантах наблюдались только по дозам вносимых минеральных удобрений, но их увеличенная доза не позволила улучшить этот показатель.

Главной задачей проводимых нами исследований являлось определение наиболее оптимальных агротехнических приёмов, которые окажут положительное влияние на формирование урожая ячменя. В результате исследований было установлено, что все используемые в опыте дозы минеральных удобрений оказывали стимулирующее влияние на урожайность зерна ячменя (рис. 2).

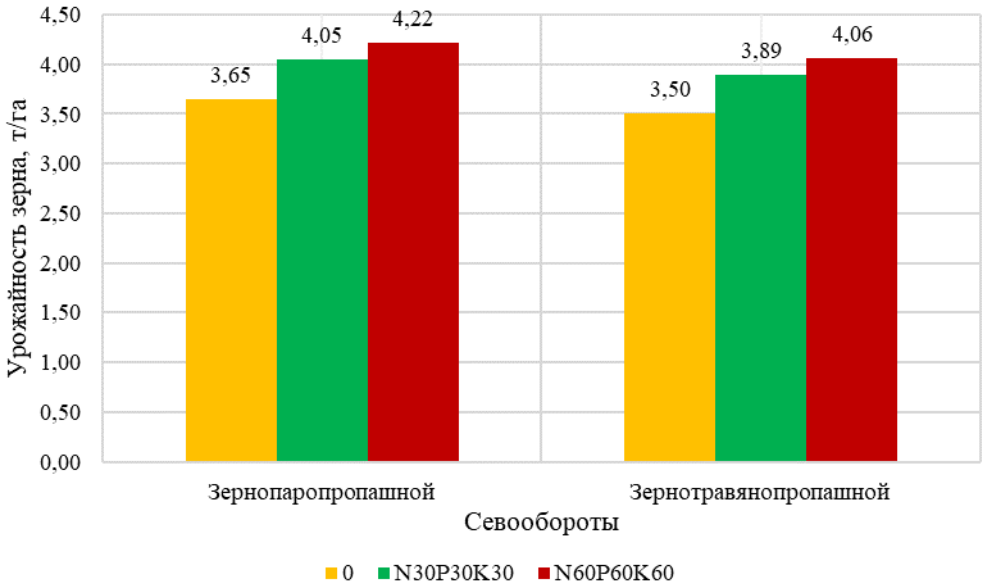


Рисунок 2 – Влияние минеральных удобрений и севооборотов на урожайность зерна ячменя

В зернотравянопропашном севообороте подсев многолетних трав не позволил получить более высокую прибавку урожая ячменя. В зернопаропропашном севообороте урожайность культуры была выше в среднем на 0,16 т/га по разному уровню минерального питания, чем в зернотравяном. Использование минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ увеличивало урожайность зерна ячменя в зернопаропропашном севообороте на 0,40 т/га, в зернотравянопропашном на 0,39 т/га. Однако, существенные различия наблюдались только с дозой минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60,}$ при которой урожайность относительно варианта без удобрений, увеличивалась на 0,57 и 0,56 т/га по севооборотам, соответственно ($НСР_{05}$: А=0,53; В=0,65; АВ=0,92).

Выводы. Используемые в опыте дозы минеральных удобрений способствовали улучшению исследуемых показателей, однако, существенные различия были отмечены только при оценке продуктивных стеблей ячменя, массы 1000 зёрен и в некоторых вариантах по натуре зерна. Количество зёрен в колосе существенно не отличалась по вариантам исследований. Масса 1000 зёрен изменялась как под влиянием применяемых доз минеральных удобрений, так и севооборотов. Наиболее высокая урожайность зерна ячменя была получена в вариантах с двойной дозой минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, которая в зернопаропропашном севообороте составила 4,22 т/га, в зернотравянопропашном – 4,06 т/га. Различия между севооборотами были несущественными, однако, стоит отметить тенденцию преимущества зернопаропропашного севооборота над зернотравянопропашным.

Библиографический список

1. Попов, Ф.А. Эффективность возрастающих доз минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Новичок / Ф.А. Попов, Л.М. Козлова, Е.Н. Носкова, Е.В. Светлакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – № 2. – С. 254–263. – DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.254-263.

2. Черкасов, Г.Н. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области // Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовик, Н.П. Масютенко. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. – 188 с.

3. Ганеева, Р.М. Влияние расчетных доз минеральных удобрений и приемов обработки семян биопрепаратами на урожайность ячменя / Р.М. Ганеева, И.П. Таланов // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 52–54. DOI: 10.25680/S19948603.2020.114.16.

4. Тютюнов, С.И. Комплексная оценка влияния многолетнего применения удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного // Плодородие. – 2021. – № 3 (120). – С. 45-48. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.07.

5. Isaichev, V. A. The content of macroelements in barley grain after application of growth regulators and mineral fertilizers / V.A. Isaichev, N.N. Andreev, K.A. Vinogradova // research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2018. – Vol. 9. – №. 2. – P. 1202-1206.

6. Олехов, В.Р. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и показатели качества зерна ячменя / В.Р. Олехов, И.С. Тетерлев // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 4(28). – С. 59-65.

7. Дьяченко, Е.Н. Продуктивность ярового ячменя в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья / Е.Н. Дьяченко, О.Г. Дятлова // Агрохимический вестник. – 2022. – № 2. – С. 43-47. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-008.

8. Морозов, Н.А. Продуктивность зернопропашного звена в шестипольных зерновых

севооборотах с чистым и занятым паром / Н.А. Морозов., А.И. Хрипунов, Е.Н. Общия // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – №56 (2). – С. 32-37.

УДК 631.459 : 631.42

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ МОЛДОВЫ[5]

Лях Т.Г.
Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н.А. Димо, Кишинёв
E-mail: *tamaraleah09@gmail.com*

Резюме. *В результате интенсивного сельскохозяйственного использования и слабой эрозии чернозем обыкновенный распаханный потерял из слоя 0-100 см, по сравнению с целинным аналогом, 41 % запасов гумуса, а за 30 лет в залежном состоянии – восстановил лишь 14%.*
Ключевые слова: *эрозия почв, содержание гумуса, чернозем обыкновенный, Молдова.*
Summary. *As a result of intensive agricultural use and weakly erosion, plowed ordinary chernozem lost 41% of humus reserves from the 0-100 cm layer, compared to its virgin counterpart, and for 30 years in the fallow state - it recovered only 14%.*
Key words: *soil erosion, humus content, ordinary chernozem, Moldova.*

Деградация почв – почвенный процесс, порожденный действием природных и антропогенных факторов, оказывающий негативное влияние на функции почвы, что приводит к снижению ее плодородия. В последние десятилетия отмечается усиление множественных форм деградации почв Молдовы, особенно эрозионной. По данным Земельного кадастра, в 2008 г. площадь эродированных земель составляла 877 644 га, а в 2019 г. – около 1 015 693 га, что свидетельствует о росте на 16% [4, 5]. По данным научных учреждений, почвы, пораженные поверхностной эрозией, занимают около 981 560 га, в том числе: со слабой степенью эрозии 558 170 га, средней – 288 070 га и сильной – 135 320 га [7, 8]. По сравнению с неэродированными почвами продуктивность слабосмытых почв снижается на 20 %, среднесмытых – на 50 %, сильносмытых – более чем на 70 % [9].

Ежегодные потери плодородной почвы из-за эрозии составляют около 26 миллионов тонн. Этот объем почвы содержит 700 000 тонн гумуса, 50 000 тонн азота и 34 000 тонн фосфора [1, 8]. Стоимость смытой почвы составляет около 1,85 млрд. леев (МДЛ), а потери сельскохозяйственного производства – около 0,873 млрд. леев. Таким образом, прямой и косвенный ущерб от эрозии составляет 2,723 млрд. леев [7]. В республике около 80% пахотных почв расположено на склонах, поэтому работы по предупреждению и борьбе с поверхностной эрозией являются приоритетными для устойчивого развития сельского хозяйства.

Содержание и профильное распределение гумуса в смытых почвах слу-

[5] Данная исследовательская работа проводилась при поддержке Государственной программы (2020-2023 гг.) и финансировалась из проекта «Оценка генезиса почв Республики Молдова в условиях агрогенеза, усовершенствование классификации и системы бонитировки, разработка методической - информационной системы мониторинга и расширенного воспроизводства плодородия почв «СТАРКЛАССОЛ», № 20.80009.7007.17.

жит не только для уточнения их степени эродированности, но и для оценки их плодородия (бонитировки) и характеристики большинства экологических функций почв, т.к. степень их проявления находится в достаточно высокой зависимости от количества гумуса.

Исследования показали, что по сравнению с абсолютным эталоном (целинная почва) черноземы обыкновенные распаханные неэродированные и эродированные характеризуются следующими потерями гумуса в слое 0-100 см: несмытый распаханный – 30%; среднесмытый – 62%; сильносмытый – 74%; очень сильносмытый – 90% (табл.1).

Таблица 1 – Содержание гумуса в профиле черноземов обыкновенных разной степени смытости

Несмытый целинный		Несмытый распаханный		Среднесмытый распаханный		Сильносмытый распаханный		Очень сильносмытый распаханный	
Горизонт, см	Гумус, %	Горизонт, см	Гумус, %	Горизонт, см	Гумус, %	Горизонт, см	Гумус, %	Горизонт, см	Гумус, %
Ahd 0-15	6,59	Ahp 0-27	4,46	Ahp 0-30	3,49	Bhp 0-29	2,05	Bhp 0-27	1,35
Ah 15-38	5,52	Ah 27-39	4,28	Bh1 30-40	2,20	Bh2 29-41	1,49	C 27-50	0,31
Ah 38-54	4,87	Ah 39-52	3,74	Bh2 40-52	1,54	BC 41-60	0,87	C 50-100	0,31
Bh1 54-71	3,92	Bh1 52-71	2,21	BC 52-60	0,97	BC 60-80	0,58	–	–
Bh1 71-85	2,72	Bh2 71-80	1,55	BC 60-80	0,61	C 80-100	0,38	–	–
Bh2 85-95	1,78	Bh2 80-90	1,14	C 80-100	0,42	–	–	–	–
BC 95-100	1,02	BC 90-100	1,00	–	–	–	–	–	–
0-50	5,62	0-50	4,24	0-50	2,84	0-50	1,70	0-50	0,86
0-100	4,29	0-100	3,04	0-100	1,82	0-100	1,13	0-100	0,59

Таким образом, под воздействием эрозии идет общее обеднение почв гумусом на значительном пространстве. Это нельзя рассматривать лишь как простое суммирование потерь гумуса отдельными участками земли, а надо расценивать как сильный деградационный эффект на почву и на большинство экологических функций почв.

Общепринятым показателем при диагностике и оценке почв служит глубина слоя с содержанием гумуса более 1 %. Полнопрофильные мощные черноземы в среднем имеют такое количество гумуса на глубине 110 см [2]. При слабой эрозии у обыкновенного чернозема эта величина снижается с 70 см; при средней степени смытости – с 40 см; при сильной смытости – с 30 см; при очень сильно смытых с поверхности – 0-27 см (табл.1).

Сильно- и очень сильносмытые разновидности черноземов обыкновенных (и других почв) ни при каких условиях не должны использоваться под пашню, сады и виноградники, а должны быть отведены под залужение или многолетние травы.

В результате интенсивного сельскохозяйственного использования и слабой эрозии чернозем обыкновенный распаханный потерял из слоя 0-100 см, по сравнению с целинным аналогом, 41% запасов гумуса, а за 30 лет в залежном состоянии – восстановил лишь 14 % гумуса (табл. 2).

Таблица 2 – Деградация и восстановление гумусового профиля чернозема обыкновенного разного сельскохозяйственного использования (целина, пашня, залежь) расположенного на склоне крутизной 2-3°

Целинная почва (абсолютный эталон)		Распаханная слабоэродированная почва		Слабоэродированная почва – 30 лет залежь	
Горизонт и глубина, см	Гумус, %	Горизонт и глубина, см	Гумус, %	Горизонт и глубина, см	Гумус, %
Ahd 0-10	7,32	Ahp 0-30	4,65	Ahp 0-20	5,45
Ahd 10-20	7,32	Ah 30-40	3,30	Ah 20-30	4,82
Ah 20-30	6,62	Bh1 40-49	2,50	Ah 30-45	4,33
Ah 30-40	5,71	Bh1 49-60	2,10	Bh1 45-55	3,17
Ah 40-52	4,91	Bh2 60-70	1,60	Bh1 55-65	2,67
Bh1 52-60	3,42	Bh2 70-80	1,25	Bh2 65-75	1,92
Bh1 60-76	3,15	BC 80-100	0,94	Bh2 75-86	1,66
Bh2 76-90	2,03	BC 100-110	0,62	BC 86-95	0,91
Bh2 90-101	1,71	–	–	BC 95-110	0,77
Bh2 101-110	1,60	–	–	BC 110-120	0,63
BC 110-120	0,80	–	–	–	–
BC 120-130	0,60	–	–	–	–
0-50	6,38	0-50	– 3,95	0-50	4,76
0-100	4,52	0-100	2,66	0-100	3,30

Эрозионные процессы, в результате которых отчуждаются с полей значительные массы наиболее гумусированной части пахотного слоя оказывают сильное негативное влияние на качественное состояние почвы. Причины значительной потери гумуса в почвах могут быть различны: снижение количества ежегодно поступающих в почву растительных остатков, интенсивная минерализация гумуса в результате излишних обработок и усиления аэрации почв.

Острота гумусовой проблемы особенно проявляется вследствие явного дефицита органических удобрений в Молдове; в среднем в почву вносятся 4-5 кг/га/год [1]. Источниками могут стать любые органические материалы, остатки, отходы естественного происхождения. Одним из испытуемых опытов восстановления деградированного пахотного слоя черноземов является применение многолетних трав (особенно бобовых) в качестве удобрения.

Исследования показали, что использование в качестве органического удобрения зеленной массы вики (80%) + пшеницы (20%) весьма приемлемый вариант для увеличения органического вещества почвы [3]. В климатических условиях Молдовы возможны два варианта использования вики как зеленное удобрение [6]:

а) Озимая вика как промежуточная культура, посеянная в сентябре и внесенная в почву как зеленное удобрение в конце апреля.

в) В севообороте из 5 полей использование одного поля как занятый пар, засеянный 2 или 3 раза в одном сельскохозяйственном году озимой и яровой викой на зеленное удобрение.

В 8 т/га сухих растительных остатков вики, внесенных в почву, содержаться 270 кг/га азота, 60% из которого (160 кг/га) синтезированы из воздуха.

Соотношение C : N в сухой массе внесенной в почву вики равно 11,5. Из 8 т/га сухих растительных остатков вики образуются 2,0 т/га гумуса.

Восемь тонн сухой надземной массы вики и корней привели к улучшению физических свойств и гумусового состояния пахотного слоя почвы. Систематическое применение данного приема, проводимого один раз в 2 года, приводит к формированию положительного баланса гумуса и к постепенному восстановлению деградированных свойств черноземов.

Библиографический список

1. Andrieș, S.; Cerbari, V.; Filipciuc, V. *Calitatea solurilor în Moldova, probleme şi soluţii.* În: Academicianul I.A. Krupenikov - 100 ani: Culegere de art. șt. IPAPS N.Dimo. Eco-TIRAS: Elan Poligraf SRL. – 2012. – P.52-58.
2. *Cadastrul funciar conform cituației la 1 ianuarie 2008.* https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=114013&lang=ro
3. *Cadastrul funciar conform cituației la 1 ianuarie 2019.* https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=114013&lang=ro
4. Cerbari, V. (coordonator). *Monitoringul calităţii solurilor Republicii Moldova* (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări). Ch.: Pontos (Reclama). – 2010. – 476 p.
5. Cerbari, V.; Leah, T. *Preventative Restoration of Ordinary Chernozem Before Implementation Zero Tillage*. Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know? Eds: D. Dent, B. Boincean. Springer. Chapter 15. – 2021. – P. 21-27.
6. Leah, T. *Restoration of degraded soils properties by phytotechnical methods in conditions of Moldova.* Електронен Сборник Научни доклади. Международна Конференция посветена международната година на почвите и 140-та годишнина от рождението на Никола Пушкаров "Почвата и агротехнологиите в променящия се свят". – 2015. – P. 421-425.
7. *Programul complex de valorificare a terenurilor degradate şi de sporire a fertilităţii solurilor.* Partea I. Ameliorarea terenurilor degradate. Partea II. Sporirea fertilității solurilor. Chișinău: Pontos (Tipografia centrală), 2004. I – 212 p., II – 128 p.
8. *Programul național de sporire a fertilității solului în anii 2001-2020.* Chișinău: Pontos (Tipografia centrală), 2001. – 130 p.
9. *Programului de îmbunătățiri funciare în scopul asigurării managementului durabil al resurselor de sol pentru anii 2021-2025 și a Planului de acțiuni pentru anii 2021-2023 privind implementarea acestuia.* HG 864 09.12.2020. https://cancelaria.gov.md/ro/content/cu-privire-la-aprobarea-programului-de-imbunatatiri-funciare-scopul-asigurarii

УДК 633.15:631.811

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЁМА

Лях Н.М., Пану Вера Т., Савин Елена Е.

Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н.А. Димо, г. Кишинёв

E-mail: *nicolai.leah@gmail.com*

Резюме. *Применение минеральных удобрений на естественном фоне чернозема выщелоченного привело к увеличению урожая кукурузы на зерно с 0,42 до 8,23 т/га. В среднем за 9 лет прибавка зерна по отношению к неудобренному варианту составила 27-59 %. Уровни подвижного фосфора 1,5-3,5 мг/100 г почвы на оптимальном азотно-калийном фоне привели к повышению урожая кукурузы на 6-28 %. Содержание подвижного фосфора в почве выше 3,5 мг/100 г почвы не увеличило урожай зерна. Внесение азотных удобрений в дозах 30-150 кг/га на оптимальном фосфорно-калийном фоне $P_{3,5}K_{29-32}$ привело к получению прибавки урожая в 11-32 %.*

Ключевые слова: *чернозем выщелоченный, режим питания (NPK), кукуруза, урожай, сырой белок.*
Summary. *The application of mineral fertilizers on the natural background of leached chernozem led to an increase in corn yield from 0.42 to 8.23 t/ha. On average over 9 years, the increase in grain relative to the unfertilized variant was 27-59%. The levels of labile phosphorus 1,5-3,5 mg/100 g of soil on the optimal nitrogen-potassium background increased the corn yield by 6-28%. The content of mobile phosphorus in the soil above 3.5 mg/100 g did not increase the grain yield. Introduction of nitrogen fertilizers in doses of 30-150 kg/ha on the optimum phosphorous-potassium background P3,5K29-32 resulted in getting a yield increment of 11-32%.*
Key words: *leached chernozem, nutrition regime (NPK), corn, yield, crude protein.*

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от влажности и уровня эффективного плодородия почвы. Среднегодовое количество осадков в республике Молдова обеспечивает производство в 5,6 т/га зерна кукурузы. За счет естественного плодородия почвы можно получить 3,1 т/га зерна. Недобор объема продукции кукурузы с учетом количества осадков в условиях республики составляет 2,5 т/га. Этот объем продукции можно покрыть за счет повышения плодородия почвы, путем внесения удобрений и усовершенствования рекомендаций по их рациональному использованию [1, 6, 7].

Сельскохозяйственные почвы Молдовы относительно богаты гумусом, средневзвешенное содержание составляет около 3,1 %. В процессе минерализации органического вещества ежегодно в почве образуется около 74 кг/га азота, что недостаточно для получения рентабельного производства кукурузы. Почвы республики бедны фосфором и богаты калием. Около 60 % обследованной площади имеют степень обеспечения ниже оптимального уровня подвижного фосфора в почве и до 90 % почв обеспечены относительно оптимально доступным калием для растений. Основным резервом доступного калия является обменная форма, которая в основном восстанавливается за счет выветривания калиевых минералов почвы [3, 4, 5].

В целях усовершенствования системы удобрения выщелоченного чернозема были оценены продуктивность кукурузы в зависимости от уровня минерального питания и агрометеорологических условий.

Полевые исследования проводились в центральной зоне республики на базе многолетней опытной станции ИПАиОП «Н.А. Димо», основанной в 1964 г. на черноземе выщелоченном тяжело суглинистым на тяжелом суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,4 %; pH_{H_2O} – 6,8; $pH_{сол.}$ – 5,9; $\sum Ca^{2+}Mg^{2+}$ = 30,7 мг·экв./100 г почвы [2]. Предшественник – озимая пшеница. Испытания проводились при следующих уровнях минерального питания: подвижный фосфор (P_2O_5) в почве – 1,0-1,2 (естественный фон); 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 и 4,5 мг/100 г; обменный калий (K_2O) в почве – 29-32 мг/100 г почвы. Содержание фосфора и калия в почве определяли методом Мачигина (экстрагировали 1 % раствором карбоната аммония в соотношении 1:20, pH-9). Уровни подвижного фосфора в почве поддерживались путем компенсации выноса фосфора предыдущим урожаем культуры, внесением фосфорных удобрений при основной обработке почвы. Калийные удобрения в опытах с 2010 г. по настоящее время не применялись. Дозы азота (N) вносили ежегод-

но: 0, 30, 60, 90, 120 и 150 кг/га д.в.

Количество атмосферных осадков, а также их распределение в течение вегетационного периода растений обусловили продуктивность кукурузы. За десять лет исследований агрометеорологические условия были разными. Из десяти – два года были относительно засушливыми (2012 и 2015 гг.) с дефицитом влаги в 17-21 % и очень засушливым (2020 г.) с дефицитом воды в 37 % по сравнению со среднемноголетним значением (табл. 1). Количество осадков, выпавших за 2014, 2017 и 2019 годы, составило 509-596 мм, что составляет 92-108 % от нормы. Выше нормы или так называемые «влажные годы» оказались 2013, 2018 и 2021 годы, составив 115-152 % по сравнению со средним многолетним показателем. В среднем атмосферные осадки за 10 лет были близки к среднемноголетнему, составив 550 мм (табл. 1).

Таблица 1 – Атмосферные осадки на опытной станции ИПАиОП «Н.А. Димо» в 2012-2021 гг.

Год	Месяц IX 2011 г - III		IV		V		VI		VII		VIII		IV-VIII		Сельхоз год*	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	mm	%
2012	153	60	38	90	114	215	48	61	59	97	22	37	281	95	434	79
2013	293	114	20	47	64	121	84	106	126	206	46	77	340	115	633	115
2014	261	102	25	60	112	211	36	46	55	90	20	33	248	84	509	92
2015	325	127	39	93	10	19	33	42	37	61	15	25	134	45	459	83
2016	252	98	31	74	57	107	133	168	3	5	36	60	260	88	512	89
2017	251	97	99	236	46	87	60	76	91	149	49	82	345	117	596	108
2018	409	159	3	7	27	51	113	143	93	152	13	22	249	84	658	119
2019	237	92	37	88	78	147	90	114	36	59	35	58	276	93	513	93
2020	128	50	10	24	77	145	71	90	57	93	3	5	218	74	346	63
2021	379	147	39	93	101	190	87	110	114	187	117	195	458	155	837	152
Сред. 10 лет	268	**105**	34	**81**	69	**129**	76	**96**	67	**110**	36	**60**	282	**95**	550	**99**
много-голет-ние	257	**100**	42	**100**	53	**100**	79	**100**	61	**100**	60	**100**	295	**100**	552	**100**

Примечание. Периодом сельскохозяйственного года считается 01.09.2011 - 31.08.2021.

Осадки за холодный период года (сентябрь-март) весной создали благоприятные запасы влаги в почве, что повлияло на нормальный рост и развитие растений кукурузы. Среднее количество осадков за холодный период на стационарном опыте было близко к норме и составило 99 %. Вариация атмосферных осадков за эти годы была довольно большой – от 128 мм до 409 мм, соответственно составляя 50 % и 159 % по сравнению с многолетним средним значением. В 2012 и 2020 гг количество осадков было всего 50-60 % от нормы, а в 2015 и 2018 – на 127-159 % выше нормы (табл. 1).

Атмосферные осадки за эти десять лет, за активный период развития полевых культур (апрель-август), выпало в среднем на 5 % меньше по сравнению со среднемноголетним значением, а в 2015 году – составляло всего 134 мм. Наиболее сильная засуха проявилось в июле и августе, где месячное количество осадков в 2015, 2016 и 2020 годах уменьшилось на 75-95 % в сравнение со среднемноголетними, а средняя температура воздуха превысила норму на 2,0-3,9 °С (табл. 1). В 2020 году, год очень засушливый, урожай кукурузы на опытной станции практически был скомпрометирован.

Применение минеральных удобрений на выщелоченном черноземе по сравнению с естественным фоном (абсолютный контроль) привело к увеличению и улучшению качества урожая кукурузы на зерно. Урожайность на абсолютном контроле варьировала в эти годы от 0,42 до 6,03 т/га (табл. 2). На величину продукции на естественном фоне, во многом повлияли агрометеорологические условия. В частности, уровень урожая определялся запасами влаги в почве весной и количеством осадков в мае-июле. Внесение удобрений привело к увеличению урожая до 8,23 т/га. В среднем за 9 лет на удобренных вариантах продуктивность кукурузы увеличилась по сравнению с контролем на 0,92-2,01 т/га, получив прирост зерна в 27-59 % (табл. 2).

Таблица 2 – Урожай кукурузы на зерно, полученный на выщелоченном черноземе, в зависимости от уровня минерального питания, т/га

Вариант	Год исследования									Среднее, т/га	Прибавка, %
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**		
Контроль	2,25	6,03	3,76	2,63	2,72	4,64	3,94	0,42	4,17	**3,39**	**-**
$N_{120}P_{1,0}K$	3,01	7,18	5,23	3,39	3,37	5,98	5,38	0,78	5,63	**4,44**	**30,9**
$N_{120}P_{1,5}K$	3,29	7,66	6,15	3,62	3,52	6,20	5,85	0,92	6,15	**4,82**	**36,7**
$N_{120}P_{2,0}K$	3,42	8,00	6,35	4,06	3,77	6,50	6,31	0,95	6,61	**5,11**	**50,7**
$N_{120}P_{2,5}K$	3,67	8,01	6,50	4,36	4,09	6,54	6,41	1,07	6,75	**5,27**	**55,4**
$N_{120}P_{3,0}K$	3,59	7,92	6,35	4,47	4,38	6,60	6,59	1,10	6,93	**5,33**	**57,2**
$N_{120}P_{3,5}K$	3,69	8,07	6,50	4,32	4,55	6,54	6,59	1,24	6,89	**5,38**	**58,7**
$N_{120}P_{4,0}K$	3,60	7,98	6,47	4,28	4,44	6,57	6,46	1,15	6,76	**5,30**	**56,3**
$N_{120}P_{4,5}K$	3,62	8,23	6,03	4,29	4,49	6,59	6,50	1,08	6,80	**5,29**	**56,0**
$P_{3,5}K$*	2,90	7,04	5,23	3,43	3,48	5,45	5,29	0,55	5,39	**4,31**	**27,1**
$N_{30}P_{3,5}K$	3,09	7,31	6,35	3,71	3,81	5,78	5,61	0,78	5,71	**4,68**	**38,0**
$N_{60}P_{3,5}K$	3,63	8,20	6,77	4,06	4,46	6,22	6,18	0,83	6,18	**5,17**	**52,5**
$N_{90}P_{3,5}K$	3,65	8,04	6,58	4,20	4,50	6,52	6,46	1,06	6,76	**5,31**	**56,6**
$N_{120}P_{3,5}K$	3,69	7,89	6,67	4,52	4,58	6,64	6,50	1,15	6,95	**5,40**	**59,3**
$N_{150}P_{3,5}K$	3,56	7,82	6,42	4,37	4,37	6,58	6,59	1,15	7,09	**5,33**	**57,2**

*К – фон, содержание обменного калия в почве 29-32 мг/100 г почвы.

Прибавка урожая на вариантах, удобренных фосфором, увеличилась в среднем с 5,8 %, на фоне в 1,5 мг подвижного фосфора, до 26,3-27,8 % – в 3,0-3,5 мг/100 г почвы по отношению к $N_{120}P_{1,0}K_{29-32}$. На варианте $P_{3,5}K_{29-32}$ мг/100 (РК) прибавка урожая по сравнению с абсолютным контролем составила 27,1 %. Применение азотных удобрений в дозах от 30 кг до 150 кг/га на фоне РК прибавка урожая кукурузы составила 38-59 % в сравнении с абсолютным контролем и 10,9-32,2 % – по отношению к РК (табл. 2).

В засушливые годы существенный вклад в формировании урожая кукурузы внесли минеральные удобрения. Хотя в эти годы валовой урожай снизился, прибавка к неудобренному варианту в 2012 году увеличилась на 29-64 %, в 2015 г. – на 29-72 %, а в 2020 г. – почти в три раза (табл. 2). Роль фосфорных удобрений в формирование урожая кукурузы в эти годы составляла 7-59 %. Достаточно показательными в формировании урожая кукурузы в засушливые годы оказались азотные удобрения, прибавка урожая кукурузы составила 6-109 % (табл. 2). Помимо почвенной засухи в 2020 году на растения кукурузы оказала влияние и воздушная засуха, что в свою очередь привело к

формированию мелких початков с малым количеством зерен и, как следствие, к получению скромной продукции.

Качество кукурузы на зерно напрямую зависело от внесения удобрений. Содержание сырого белка в зерне варьировало от 6,2 до 12,3 % (табл. 3). Среднее значение сырого белка за эти девять лет на неудобренном варианте составило 7,6 %, увеличиваясь на удобренных вариантах до 8,0-9,7 %. При формировании урожая кукурузы на варианте $P_{3,5}K$ имел место так называемый «эффект разбавления». Средний урожай на этом варианте был в 1,27 раза выше контроля, но с меньшим содержанием белка (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание сырого белка в зерне кукурузы, %

Вариант	Год исследования									Среднее, %
	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021	
Контроль	9,6	6,2	7,3	8,4	6,8	6,6	7,4	9,0	7,0	**7,6**
$N_{120}P_{1,0}K$	10,8	7,0	8,2	8,9	8,1	7,4	8,1	9,8	8,1	**8,5**
$N_{120}P_{1,5}K$	11,2	7,2	8,3	9,1	8,7	7,6	8,4	10,2	8,3	**8,8**
$N_{120}P_{2,0}K$	11,3	7,4	8,7	9,3	9,4	7,9	8,7	10,3	8,4	**9,0**
$N_{120}P_{2,5}K$	11,8	7,6	8,3	9,2	9,6	8,1	8,8	10,8	8,3	**9,2**
$N_{120}P_{3,0}K$	11,9	7,9	8,5	9,2	9,7	8,4	8,9	10,9	8,5	**9,3**
$N_{120}P_{3,5}K$	12,0	7,8	8,4	9,3	9,9	8,5	9,0	10,0	8,4	**9,3**
$N_{120}P_{4,0}K$	12,0	7,7	8,6	9,2	9,4	8,3	8,9	10,0	8,4	**9,2**
$N_{120}P_{4,5}K$	12,0	7,7	8,7	9,3	9,6	8,4	9,0	10,0	8,4	**9,2**
$P_{3,5}K$*	9,2	6,8	7,0	8,0	7,2	7,0	7,1	8,9	6,8	**7,5**
$N_{30}P_{3,5}K$	9,8	7,0	7,3	8,1	7,9	7,2	7,5	9,2	7,0	**7,9**
$N_{60}P_{3,5}K$	10,3	7,2	7,6	8,7	8,4	7,6	7,9	9,6	7,4	**8,3**
$N_{90}P_{3,5}K$	10,8	7,5	8,3	9,2	9,3	8,2	8,5	10,2	7,9	**8,9**
$N_{120}P_{3,5}K$	11,8	7,8	8,7	9,3	9,8	8,6	9,0	10,8	8,4	**9,3**
$N_{150}P_{3,5}K$	12,3	8,0	9,2	9,6	10,3	8,7	9,4	11,3	8,5	**9,7**

*К – фон, содержание обменного калия в почве 29-32 мг/100 г почвы. Сырой белок = N, % х 6,25

Количество сырого белка, полученного при возделывании кукурузы на единицу площади, является интегральным показателем оценки продуктивности культуры. Внесение минеральных удобрений практически удвоило количество полученного сырого белка с 1 га по сравнению с естественным фоном. В среднем за эти годы на удобренных вариантах количество сырого белка увеличилось с 244 кг/га до 494 кг/га (табл. 4). Роль азота в формировании урожая кукурузы значительна. Внесение азотных удобрений в дозах 30-150 кг/га на фоне РК привело к увеличению количества сырого белка на единицу площади с 312 до 494 кг/га (табл. 4).

Рентабельность минеральных удобрений, увеличившись с 28 % до 102 % по отношению к абсолютному контролю. На вариантах с разными уровнями фосфора на фоне $N_{120}P_{1,0}K$ рентабельность от влияния фосфора увеличилась с 18 % до 50 % (табл. 4). Эффективность азотных удобрений в дозах от 30 до 150 кг/га на фоне РК составила 17-74 %. Максимальная рентабельность удобрений при производстве кукурузы на зерно достигнута на вариантах $N_{90}P_{3,5}K$ - $N_{150}P_{3,5}K$ (табл. 4).

Таблица 4 – Выход сырого белка зерном с единицы площади, кг/га

Вариант	Год исследования									Среднее кг/га	Рента-бель-ность, %
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**		
Контроль	216	374	274	221	185	306	291	38	292	**244**	**-**
$N_{120}P_{1,0}K$	325	502	429	302	273	442	436	76	456	**360**	**47**
$N_{120}P_{1,5}K$	368	551	510	329	306	471	491	94	510	**403**	**65**
$N_{120}P_{2,0}K$	386	592	552	377	354	513	549	98	555	**442**	**81**
$N_{120}P_{2,5}K$	433	609	539	401	393	530	564	115	560	**460**	**88**
$N_{120}P_{3,0}K$	427	626	540	411	425	554	586	120	589	**475**	**95**
$N_{120}P_{3,5}K$	443	629	546	402	450	556	593	124	579	**480**	**97**
$N_{120}P_{4,0}K$	432	614	556	394	417	545	575	115	568	**468**	**92**
$N_{120}P_{4,5}K$	434	634	525	399	431	554	585	108	571	**471**	**93**
$P_{3,5}K$*	267	479	366	274	250	382	376	49	367	**312**	**28**
$N_{30}P_{3,5}K$	300	512	463	300	301	416	421	72	400	**354**	**45**
$N_{60}P_{3,5}K$	374	590	514	353	375	473	488	80	457	**412**	**69**
$N_{90}P_{3,5}K$	394	603	546	386	419	535	549	108	473	**446**	**83**
$N_{120}P_{3,5}K$	435	615	580	420	449	571	585	124	584	**485**	**99**
$N_{150}P_{3,5}K$	438	626	591	419	450	572	619	130	603	**494**	**102**

*К – фон, содержание обменного калия в почве 29-32 мг/100 г почвы.

Заключение. Установлено, что для получения 5-6 т/га зерна кукурузы с высоким содержанием сырого белка на выщелоченном черноземе, оптимальный уровень подвижного фосфора в почве составляет 3,0-3,5 мг/100 г почвы (метод Мачигина), а оптимальные дозы азота 90-150 кг/га.

Библиографический список

1. Andrieş S., 2011 – Agrochimia elementelor nutritive fertilitatea şi ecologia solurilor. Editura Pontos, Chişinău, pp: 26-70. - ISBN 978-9975-51-203-9.
2. Andries S., Lungu V., Leah N., 2014 – Long-Term Field Experiments as a Foundation for Conserving and Enhancing Soil Fertility. In: Soils World Heritage. Springer Science+Business Media Dordrecht, pp: 201-207. - ISBN 978-94-007-6186-5.
3. Burlacu I., 2000 – Deservirea agrochimică a agriculturii în Republica Moldova. Editura Pontos, Chişinău, pp: 26-114. - ISBN 9975-938-16-7.
4. Leah N., Leah Tamara, Andrieş S., 2010 – Impactul îngrăşămintelor chimice asupra calităţii cernoziomurilor levigate din Moldova Centrală. În: Monitoringul calităţii solurilor Republicii Moldova (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări). Editura Pontos, Chişinău, pp: 348-355. - ISBN 978-9975-51-138-4.
5. Leah Tamara, Leah N., 2012 – Evolution of chernozems leached quality under intensive agriculture in the Republic Moldova. In: Scientific Papers. USAMV Bucharest. Series A. Agronomy, Vol. LV, pp: 70-74. ISSN 2285-5785.
6. Lungu V., Andries S., Leah N., Griţuc Stela, 2013 – Productivitatea culturilor agricole în asolamente de câmp în funcţie de sol şi nivelul de nutriţie în experienţele de lungă durată. In: Cernoziomurile Moldovei – evoluţia, protecţia şi restabilirea fertilităţii lor. Culegere de articole ştiinţifice. – Chişinău: S. n. (Tipogr. „Reclama”), pp: 241-244. - ISBN 978-9975-4494-1-0.
7. Лунева Р.И., Рябинина Л.Н., Маркина С.И., Лесина Т.И. – Бонитировка почв. В: Почвы Молдавии. – Т. 3: Использование, охрана и улучшение / Кишинев: Штиинца, 1986. – С. 29-55.

УДК 631.445.4:631.43:631.86.872:631.46

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ С ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО СЛАБОЭРОДИРОВАННОГО

Масютенко М.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *avatar_dark@mail.ru*

Резюме. *Показаны результаты изучения влияния применения биопрепаратов с измельченной побочной продукцией на динамику твердости, температуры и влажности в черноземе типичном слабоэродированном на поле с кукурузой.*
Ключевые слова: *биопрепараты, побочная продукция, чернозем типичный слабоэродированный, динамика, твердость, температура, влажность.*
Summary. *The results of studying the effect of the use of biologics from crushed by-products on the dynamics of hardness, temperature and humidity in typical slightly eroded chernozem in a field with corn are shown.*
Key words: *biological products, by-products, typical slightly eroded chernozem, dynamics, hardness, temperature, soil moisture.*

Агрофизическое состояние почв является важнейшей составляющей, определяющей почвенное плодородие. С ним связаны условия произрастания сельскохозяйственных растений. Именно физические свойства почвы, формируя водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, условия развития корневой системы, зачастую становятся лимитирующим фактором для роста и развития растений [1, 2]. Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, сочетающие в себе многократную за сезон механическую обработку почвы, частое использование пестицидов, высоких доз минеральных удобрений приводят к ее обесструктуриванию и ухудшению агрофизических свойств [3].

Известно, что внесение органических удобрений способствует улучшению агрофизического состояния почв. Однако в настоящее время количество вносимых в почву органических удобрений резко снизилось из-за недостаточного производства подстилочного навоза в связи с изменившимися условиями содержания крупного рогатого скота. В этих условиях необходимо разрабатывать приемы, способствующие улучшению агрофизического состояния почв.

Цель данной работы было изучение влияния применения измельченной побочной продукции с биопрепаратами на агрофизические свойства чернозема типичного слабоэродированного.

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 кукурузы. 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 агро-

химические 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, Saccharomyces cerevisiae (cartsbergebsis), Azotobacter chroococcum А-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 качестве кальцийсодержащего компонента – известь. В 2022 году на поле возделывали кукурузу на зерно гибрид «Делитоп» (предшественник – озимая пшеница). Общая площадь опыта – 1,5 га. Размер делянки – 240 м^2 (40 х 6), учетная площадь – 152 м^2 (4х38), количество вариантов – 7, повторность – 3-кратная, количество полей – 2, делянок – 42. Варианты опыта представлены в таблицах 1, 2, 3. Технологии возделывания кукурузы на зерно 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 5,23-5,80 % гумуса, 15,48-17,30 мг/100 г почвы щелочногидролизуемого азот; 10,2-14,4 мг/100 г почвы подвижного фосфора; 10,1-15,3 мг/100 г почвы подвижного калия; 21,3-22,2 мг-экв/100 г почвы обменного кальция, 4,5-5,1 мг-экв/100 г почвы обменного магния, степень кислотности почвы, определяемой в соляной вытяжке, в основном слабокислая, pH_{KCl} – 5,2-5,5.

Изучали следующие агрофизические свойства почвы в динамике: твердость, температуру, влажность почвы. Твердость почвы определяли твердомером (пенетрометром DICKEY-john) на глубинах 7,5 см, 15 см и 22,5 см в 5-кратной повторности в апреле, мае, августе, октябре. Образцы почвы на влажность отбирали на изучаемых вариантах в 3-кратной повторности в пахотном слое через 10 см в те же сроки и определяли термостатно-весовым методом (А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1986). Температуру почвы в 5-кратной повторности измеряли ІТ-7 в слоях 0-10 см, 10-20 см в те же сроки.

Изучение агрофизических показателей чернозема типичного слабоэродированного показало, что твердость почвы на поле с кукурузой на всех вариантах опыта от апреля и мая возрастала в конце августа, так как август был очень засушливым (ГТК = 0,35), и отмечалась низкая влажность почвы до 14 %. В конце апреля и в мае на глубине 7,5 см и 15 см на всех вариантах опыта сложение почвы было рыхлое, твердость почвы составляла от 6 до 50 фунт/дюйм^2 (табл. 1). На глубине 22,5 см средним уплотнением отличались почвы на контроле, а также на варианте с измельченной побочной продукцией

Таблица 1 – Твёрдость (фунт/дюйм^2) чернозема типичного слабосмытого на опыте с биопрепаратами

Вариант	Глубина, см	29.04.22		11.05.22		28.08.22		15.10.22	
		М	б	М	б	М	б	М	б
Контроль (без растительных остатков и удобрений)	7,5	32,0	4,5	32,0	4,5	166,0	105,0	26,0	5,5
	15,0	50,0	20,0	50,0	20,0	180,0	128,3	72,0	14,8
	22,5	77,0	28,2	77,0	28,2	191,7	71,8	127,0	31,5
	среднее	**53,0**	**17,6**	**53,0**	**17,6**	**179,2**	**101,7**	**75,0**	**17,3**
Измельченная побочная продукция (без добавок)	7,5	6,0	8,9	7,1	7,1	106,0	47,2	26,0	20,7
	15,0	14,0	16,7	15,3	15,3	148,0	48,7	72,0	25,9
	22,5	66,0	11,9	11,9	11,9	188,0	81,1	102,0	31,9
	среднее	**28,7**	**12,5**	**11,4**	**11,4**	**147,3**	**59,0**	**66,7**	**26,2**
Измельченная побочная продукция +10 кг д.в. N на 1 т	7,5	6,0	13,4	30,0	1,0	146,0	76,4	50,0	36,7
	15,0	6,0	13,4	30,0	1,0	130,0	56,1	70,0	26,5
	22,5	83,0	9,7	83,0	9,7	208,0	57,6	119,0	21,9
	среднее	**31,7**	**12,2**	**47,7**	**3,9**	**161,3**	**63,4**	**79,7**	**28,4**
Измельченная побочная продукция + известь 1,5 т/га	7,5	10,0	17,3	25,0	21,2	144,0	68,8	60,0	34,6
	15,0	21,0	33,6	35,0	39,1	146,0	32,1	74,0	26,1
	22,5	54,0	46,6	67,5	40,9	226,0	50,3	84,0	22,7
	среднее	**28,3**	**32,5**	**42,5**	**33,7**	**172,0**	**50,4**	**72,7**	**27,8**
Обработка биопрепаратами на основе Трихоплант и Биогор-Ж семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза и измельченной побочной продукции перед заделкой в почву (агробиотехнология-3)	7,5	16,0	11,4	20,0	8,2	158,0	75,3	60,0	27,4
	15,0	21,0	15,2	26,3	11,1	144,0	78,9	79,0	30,9
	22,5	68,0	19,2	68,0	19,2	234,0	51,8	102,0	28,6
	среднее	**35,0**	**15,3**	**38,1**	**12,8**	**178,7**	**68,7**	**80,3**	**29,0**
Агробиотехнология – 3 + 10 кг д.в. N на 1 т (агробиотехнология-4)	7,5	10,0	10,0	16,7	5,8	164,0	94,5	28,0	13,0
	15,0	18,0	13,0	26,7	5,8	157,5	53,2	78,0	23,9
	22,5	64,0	18,2	64,0	18,2	210,0	56,0	108,0	22,8
	среднее	**30,7**	**13,7**	**35,8**	**9,9**	**177,2**	**67,9**	**71,3**	**19,9**
Агробиотехнология-4 + известь 1,5 т/га (агробиотехнология-5)	7,5	27,0	23,9	33,8	21,4	144,0	78,9	22,0	13,0
	15,0	40,0	20,0	40,0	20,0	164,0	91,3	71,0	30,1
	22,5	71,0	37,0	72,0	37,0	212,5	5,0	96,0	20,7
	среднее	**46,3**	**27,0**	**48,6**	**26,1**	**173,5**	**58,4**	**63,0**	**21,3**

М – среднее арифметическое, фунт/дюйм^2; б – стандартное отклонение, фунт/дюйм^2.

+10 кг д.в. N на 1 т, а на вариантах с биопрепаратами сложение почвы было рыхлым. В среднем в слоях 7,5 см, 15 см, 22,5 см наблюдалось рыхлое сложение почвы, но наибольшим его значение (53 фунт/дюйм^2) было на контроле.

В августе с связи с засушливыми условиями погоды отмечено в среднем по изучаемым глубинам среднее уплотнение почвы, её твердость изменялась от 147,3 фунт/дюйм^{2}до 179,2 фунт/дюйм^2. Плотное сложение почвы, при котором рост корней существенно ограничен, отмечалось на глубине 22,5 см. К середине октября твердость почвы существенно снизилась: на глубине 7,5 см и 15 см сложение почвы было рыхлым или близким к рыхлому на всех вариантах, а на глубине 22,5 см – в основном средне уплотненным, твердость почвы изменялась в пределах от 84 фунт/дюйм^2 до 127 фунт/дюйм^2.

Средние значения температуры почвы в пахотном слое по вариантам опыта изменялись в течение апреля-октября от 7,6 °С до 22,0 °С (табл. 2). Температура почвы в слое 0-20 см возрастала от апреля до конца августа, а в октябре снижалась в соответствии с изменениями температуры воздуха. Отмечена тенденция к повышению средней температуры почвы в слое 0-20 см за апрель – октябрь на вариантах с биопрепаратами, а также в мае.

Таблица 2 – Температура (°С) чернозема типичного слабосмытого на опыте с биопрепаратами в слое 0-20 см (n=5)

Вариант	29.04.22		11.05.22		28.08.22		15.10.22		Средняя за апрель-октябрь
	М	б	М	б	М	б	М	б	
Контроль (без растительных остатков и удобрений)	10,0	0,2	14,8	0,2	21,5	0,2	7,7	0,4	13,50
Измельченная побочная продукция (без добавок)	10,6	0,7	15,0	0,3	21,7	0,4	7,7	0,4	13,75
Измельченная побочная продукция +10 кг д.в. N на 1 т	9,9	0,3	14,7	0,3	21,6	0,7	8,0	0,3	13,55
Измельченная побочная продукция + известь 1,5 т/га	10,0	0,4	14,8	0,3	21,4	0,1	7,6	0,4	13,45
Обработка биопрепаратами на основе Трихоплант и Биогор-Ж семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза и измельченной побочной продукции перед заделкой в почву (агробиотехнология-3)	10,1	0,2	15,0	0,2	21,5	0,2	8,2	0,3	13,70
Агробиотехнология – 3 + 10 кг д.в. N на 1 т (агробиотехнология-4)	9,8	0,3	14,9	0,3	22,0	0,2	7,7	0,6	13,60
Агробиотехнология-4 + известь 1,5 т/га (агробиотехнология-5)	10,6	0,7	15,0	0,4	21,4	0,2	8,0	0,3	13,75

М – среднее арифметическое, °С; б – стандартное отклонение, °С.

Средняя влажность в пахотном слое почвы в течение апреля-октября по вариантам опыта изменялась от 23,32 % до 25,06 % (табл. 3). Влажность поч-

вы в слое 0-10 см было на 10,7-71,8 % меньше, чем в слое 10-20 см. Влияние применения биопрепаратов с побочной продукцией на влажность почвы проявлялось в слое 10-20 см, при этом на соответствующих вариантах она на 2,12 % (при Б= 0,87), 3,36 % (при Б= 1,44), 4.73 % (при Б= 2,72) значимо больше (при Б= 0,87), чем на контроле.

Таблица 3 – Влажность (%) чернозема типичного слабосмытого на опыте с биопрепаратами в слое 0-20 см

Вариант	Глубина, см	M	Б	V
Контроль (без растительных остатков и удобрений)	0-10	21,99	2,65	12,03
	10-20	26,09	0,87	3,34
	0-20	**24,04**	**1,77**	**7,36**
Измельченная побочная продукция (без добавок)	0-10	18,85	2,32	12,31
	10-20	28,39	0,08	0,28
	0-20	**23,63**	**1,20**	**5,08**
Измельченная побочная продукция +10 кг д.в. N на 1 т	0-10	17,62	3,71	21,03
	10-20	29,02	1,16	3,98
	0-20	**23,32**	**2,43**	**10,42**
Измельченная побочная продукция кукурузы + известь 1,5 т/га	0-10	22,36	2,35	10,51
	10-20	24,76	6,58	26,56
	0-20	**23,56**	**4,46**	**18,93**
Обработка биопрепаратами на основе Трихоплант и Биогор-Ж семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза и измельченной побочной продукции перед заделкой в почву (агробиотехнология-3)	0-10	21,92	3,04	13,86
	10-20	28,21	0,53	1,88
	0-20	**25,06**	**1,78**	**7,10**
Агробиотехнология – 3 + 10 кг д.в. N на 1 т (агробиотехнология-4)	0-10	20,51	1,75	8,55
	10-20	29,45	1,44	4,90
	0-20	**24,98**	**1,59**	**6,35**
Агробиотехнология-4 + известь 1,5 т/га (агробиотехнология-5)	0-10	17,93	3,11	17,32
	10-20	30,82	2,72	8,81
	0-20	**24,37**	**2,90**	**11,90**

M – среднее арифметическое, %; Б – стандартное отклонение, %;
V – коэффициент вариации, %.

Таким образом, выявлены некоторые особенности влияния применения биопрепаратов с побочной продукцией на агрофизические свойства почвы – твердость, температуру, среднюю влажность.

Библиографический список

1. Allen, 1985 Allen, H. P. Direct Drilling and Reduced Cultivation // перевод с английского зыка М.Ф. Пушкарева. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.
2. Шеин, Гончаров, 2006 Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика – Ростов-на-Дону.: Феникс. 2006. – 400 с.
3. Balesdent, J, Chenu C., Balabane M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage // Soil and Tillage Res. – 2000. – V. 53. – № 3-4. – C. 215-230.

УДК 631.417.2:631.46

К ОЦЕНКЕ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ИХ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ

Масютенко Н.П.
Курский федеральный аграрный научный центр, г. Курск
E-mail: *vninp@mail.ru*

Резюме. *Представлены критерии оценки нездоровых, ограниченно здоровых, здоровых почв по содержанию и балансу гумуса, количеству и качеству подвижных гумусовых веществ, содержанию негумифицированного органического вещества почвы. На основании уровня гумусированности оценено состояние здоровья почв Курской области и предложены рекомендации по их оздоровлению.*
***Ключевые слова*:** *почва, здоровье, критерии, гумус, баланс, подвижные гумусовые вещества, негумифицированное органическое вещество.*
Summary. *The criteria for evaluating unhealthy, limited healthy, healthy soils by the content and balance of humus, the quantity and quality of mobile humus substances, the content of inhumified organic matter of the soil are presented. Based on the level of humus content, the state of health of the soils of the Kursk region was assessed and recommendations for their improvement were proposed.*
Key words: *soil, health, criteria, humus, balance, mobile humus substances, inhumified organic matter.*

Плодородие и здоровье почвы тесно связаны с содержанием в ней почвенного органического вещества. Потеря органического вещества в почвах приводит к нарушению функций почвы, таких как: обеспечение среды обитания (для корней растений и почвенных организмов); деструкция/разложение растительных остатков и загрязнителей; поддержание структуры почвы; обеспечение регуляции популяций; обеспечение циркуляции воды; обеспечение циркуляции органического вещества. На этих функциях почвы базируются следующие функции экосистем: формирование биомассы, поддержание биоразнообразия, контроль эрозии, регуляция фитосанитарного состояния, сохранение источников воды, регулирование негативных последствий глобального изменения климата [1, 2].

При снижении содержания в почве органического вещества и ухудшении его качества снижается супрессирующая активность (способность ограничивать выживаемость и паразитическую активность почвенных фитопатогенов и других вредных организмов буферность) [3], самоочищающая и регуляторная способность почвы, изменяется количественный и качественный состав почвенного микробиоценоза и мезофауны, увеличивается выживаемость и паразитическая активность почвенных фитопатогенов и т.п., т.е. ухудшается здоровье почвы.

Следует отметить, что только здоровые почвы производят здоровые сельскохозяйственные культуры, которые, в свою очередь, являются пищей для людей и животных. Поэтому с качеством и здоровьем почвы непосредственно связаны качество и количество продовольствия, а также здоровье человека. Следовательно, здоровые почвы являются фундаментом продоволь-

ственной системы. В связи с этим, в настоящее время вопросы здоровья почвы и его оценки являются актуальными.

Гумусное состояние почв характеризуется содержанием гумуса в пахотном слое почвы, содержанием и составом подвижных гумусовых веществ, содержанием негумифицированного органического вещества, балансом гумуса.

Для выявления нездоровых, ограниченно здоровых, здоровых почв необходимы критерии по каждому из вышеуказанных показателей гумусного состояния почвы. Нами разработаны и представлены критерии здоровья почвы по некоторым показателям в почвах Курской области. Предлагается выделять почвы нездоровые – при классе гумусированности меньше минимального содержания; ограниченно здоровые – слабогумусированные почвы; здоровые – средне- и сильногумусированные, используя шкалу оценки пахотных почв РФ, предложенную Б.М. Когутом (табл. 1) [4].

Таблица 1 – Критерии здоровья почвы по содержанию гумуса в пахотном слое почв Курской области

Почва	Гранулометрический состав	Нездоровая почва	Ограниченно здоровая почва	Здоровая почва	
		Меньше минимального содержания	Слабогумусированные	Среднегумусированные	Сильногумусированные
Черноземы типичные и выщелоченные	A	< 3,5	3,5-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	B	< 4,3	4,0-4,5	4,5-5,5	> 5,5
	C	< 4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	> 6,5
Черноземы оподзоленные	A	< 2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	B	< 3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	>5,0
	C	< 4,0	4,0-5,0	4,0-6,0	>6,0
Темно-серые лесные	I	< 3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	II	< 3,5	3,5-4,5	4,5-5,5	> 5,5
Серые лесные	I	< 2,0	2,0-2,9	2,9-3,9	> 3,9
	II	< 2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5

A – песчаные, супесчаные; B – легко- и среднесуглинистые; C – тяжелосуглинистые, глинистые; I – песчаные, супесчаные, легкосуглинистые; II – среднесуглинистые, тяжелосуглинистые, глинистые

По содержанию негумифицированного органического вещества к нездоровым предлагается относить почвы, имеющие в своем составе критическое содержание углерода негумифицированного органического вещества от углерода органического вещества почвы <1 %; к ограниченно здоровым относятся почвы, имеющие в своем составе близкое к критическому 1-3% или удовлетворительное 3-5% содержание углерода негумифицированного органического вещества от углерода органического вещества почвы; к здоровым относятся почвы, имеющие в своем составе среднее 5-7% и оптимальное >7% содержание углерода негумифицированного органического вещества от углерода органического вещества почвы.

По балансу гумуса к нездоровым относятся почвы с дефицитным балансом гумуса < –0,5 т/га; к ограниченно здоровым – почвы со слабодефицитным

балансом гумуса –0,5-0 т/га; к здоровым – почвы с бездефицитным или положительным балансом гумуса >0 т/га.

Разработаны и представлены критерии здоровья почвы по балансу гумуса, содержанию негумифицированного органического вещества в почвах (табл. 2).

Таблица 2 – Ранжирование почв по содержанию и балансу гумуса, содержанию негумифицированного органического вещества

Показатели	Нездоровая почва	Ограниченно здоровая почва	Здоровая почва
Баланс гумуса, т/га	Дефицитный	Слабодефицитный	Бездефицитный или положительный
	< –0,5	–0,5-0	>0
Содержание углерода негумифицированного органического вещества почвы, в % от органического углерода почвы	<1,0	1,0-5,0	>5,0

По содержанию подвижных гумусовых веществ (лабильного гумуса) к нездоровым относятся почвы, имеющие в своем составе содержание углерода подвижных гумусовых веществ на 30 и более % меньше, чем в почве эталонного поля; к ограниченно здоровым – почвы с содержанием углерода подвижных гумусовых веществ на 10-30 % меньше, чем в почве эталонного поля; к здоровым – почвы с содержанием углерода подвижных гумусовых веществ на 10 % меньше, чем в почве эталонного поля, или одинаковое количество.

При этом эталоном почвенного здоровья может быть почва агроценозов с высокой устойчивой продуктивностью, а также почва заповедников (заказников), залежи, лесополосы.

По качеству подвижных гумусовых веществ к нездоровым относятся почвы, имеющие в их составе отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот (Спгк/Спфк) на 30 и более % меньше, чем в почве эталонного поля; к ограниченно здоровым – почвы с отношением Спгк/Спфк на 10-30 % меньше, чем в почве эталонного поля; к здоровым – почвы с отношением Спгк/Спфк на 10 % меньше, чем в почве эталонного поля, или одинаковое количество.

Известно, что в Курской области преобладают черноземы типичные, выщелоченные, оподзоленные, которые занимают 61,4 % от общей площади, а темно-серые и серые лесные – 19,7 %. При сельскохозяйственном использовании почв отмечается снижение в них запасов органического вещества и изменение его состава, наблюдается деградация почвенных ресурсов. Проблема дегумификации почвы является одной из важнейших экологических проблем в Курской области и во всей России. Снижение содержания гумуса в почве вызывает ухудшение почвенной структуры пахотного горизонта: увеличение её распыленности и комковатости, снижение зернистости и водоустойчиво-

сти. Кроме этого, происходит ухудшение и разрушение почвенного покрова в результате развития водной эрозии, добычи полезных ископаемых (в районе КМА). Остро встает проблема сохранения черноземных почв.

По данным агрохимических станций «Курская» и «Рыльская» представлено распределение площади пашни Курской области по уровням содержания гумуса в почвах (табл. 3) [5].

Таблица 3 – Распределение площади пашни Курской области по уровням содержания гумуса в почвах

Площади	Содержание гумуса, %						Всего почв
	< 2	2,1-4,0	4,1-6,0	6,1-8,0	8,1-10	> 10	< 4%
тыс. га	75,2	573,2	910,1	232,9	–	–	648,4
%	4,2	32,0	50,8	13,0	–	–	36,2

По уровню гумусированности нездоровые и ограниченно здоровые почвы в Курской области, соответственно, составляют 4,2 % и 32,0 % от общей площади, то есть занимают более трети от общей площади. Кроме этого, важнейшей проблемой является отрицательный баланс гумуса в почвах из-за недостаточного поступления органических удобрений, усиленной минерализации гумуса и растительных остатков вследствие механической обработки почвы, возделывания пропашных и технических культур, сокращения возделывания многолетних трав и зернобобовых. Это способствует снижению здоровья почвы.

Для оздоровления нездоровых почв, повышения их плодородия и супрессивности рекомендуется: внесение органических удобрений (навоз, компост, торф, солома и другая побочная продукция); научно обоснованное чередование культур в севообороте; возделывание в севооборотах многолетних трав, зернобобовых и промежуточных культур, в т.ч., на зеленое удобрение; обработка растительных остатков микробиологическими препаратами; внесение в почву минеральных удобрений для поддержания баланса питательных веществ; известкование почв; минимизация обработок; снижение и оптимизация пестицидной нагрузки и др.

Таким образом, предложены критерии оценки нездоровых, ограниченно здоровых, здоровых почв по содержанию и балансу гумуса, количеству и качеству подвижных гумусовых веществ, содержанию негумифицированного органического вещества почвы. На основании фактических данных по распределению площади пашни Курской области по уровням содержания гумуса в почвах оценено состояние их здоровья и предложены рекомендации по оздоровлению.

Библиографический список

1. Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Глинушкин А.П., Семенов А.М. Экологические и фитосанитарные функции почвенного органического вещества (проблемно-аналитический обзор) // Агрохимия. – 2018. – № 5. – С. 79-96.

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. Факто-

ры индукции супрессивности почвы агроценозов // Агрохимия. – 2017. – № 4. – С. 58-71.
4. Когут Б.М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // Почвоведение. – 2012, – № 9. – С. 944-952.
5. Пироженко В.В., Цыганков Д.Н., Мирошниченко О.Н. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т.33 – № 4. – С.1-4.

УДК 631.44.001.53:631.47

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В БЕЛАРУСИ

Матыченкова О.В., Азарёнок Т.Н., Матыченков Д.В., Дыдышко С.В.
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
E-mail: *soil@tut.by*

Резюме: *Проведена характеристика агроклиматических и агроэкологических условий возделывания сои в Республике Беларусь. Наиболее благоприятными по баллу плодородия являются дерново-подзолистые автоморфные и временно избыточно увлажненные легкосуглинистые почвы, которые занимают от 13,7 % пахотных земель Витебской области до 1,0 % в Брестской и Гомельской областях. Они также обладают оптимальными и близкими к оптимальным агрохимическими показателями для возделывания сои. Агроклиматические условия (сумма активных температур выше 10 °С и сумма осадком за теплый период) являются благоприятными для произрастания сои в пределах всех областей республики. Наибольшие площади посевов сои характерны для Брестской области, а минимальные – для Витебской. Агропроизводственный потенциал продуктивности сои в республике составляет 22,0-33,0 ц/га (фактический – 8,0-11,5 ц/га).*
Ключевые слова: *соя, агроклиматические ресурсы, агрохимические условия, посевные площади, урожайность.*
Summary. *The characteristic of agroclimatic and agroecological conditions of soybean cultivation in the Republic of Belarus is carried out. The most favorable in terms of fertility are soddy-podzolic automorphic and temporarily excessively moistened light loamy soils, which occupy from 13.7% of arable land in the Vitebsk region to 1,0 % in the Brest and Gomel regions. They also have optimal and close to optimal agrochemical indicators for soybean cultivation. Agroclimatic conditions (the sum of active temperatures above 10 °C and the sum of precipitation for the warm period) are favorable for soybean growth within all regions of the republic. The largest areas of soybean crops are typical for the Brest region, and the minimum - for the Vitebsk region. The agro-production potential of soybean productivity in the republic is 22,0-33,0 c/ha (actual – 8,0-11,5 c/ha).*
Key words: *soybean, agro-climatic resources, agrochemical conditions, sown areas, productivity.*

Беларусь, как страна с развитым животноводством, ежегодно сталкивается с проблемой дефицита растительного белка в рационах животных и птицы. Мировой опыт свидетельствует о том, что наиболее эффективным способом ее решения является использование в рационах животных и птицы продуктов переработки соевых бобов. Включение в рацион таких кормовых продуктов позволяет значительно повысить их продуктивность, сократить затраты кормов на производство единицы продукции животноводства. Этим обусловлен повышенный интерес и постоянное расширение посевов сои во многих странах мира, являющихся основой производства высокоэнергетических кормов [1, 2].

По типовой принадлежности, степени увлажнения, гранулометрическому составу в Беларуси пригодными для возделывания сои являются дерново-карбонатные выщелоченные и дерновые автоморфные, дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные (слабоглееватые), дерново-подзолистые глееватые осушенные, дерновые глееватые осушенные. По гранулометрическому составу пригодны средне- и легкосуглинистые; связносупесчаные и рыхлосупесчаные, подстилаемые моренным суглинком, почвы. Не рекомендуется высевать сою на глинистых и тяжелосуглинистых; рыхлосупесчаных, подстилаемых песком; песчаных, а также на неосушенных заболоченных минеральных и торфяных почвах.

Инвентаризация материалов последнего тура крупномасштабного почвенного обследования позволила установить площади основных почвенных разновидностей, обуславливающих различный агропроизводственный потенциал возделывания сои. В Витебской области наибольшие площади занимают дерново-подзолистые средне- и легкосуглинистые мощные различной степени увлажнения: автоморфные – 13,7 %, слабоглееватые – 16,2 %, глееватые – 10,8 %, слабоглееватые связносупесчаные подстилаемые суглинком занимают 11,7 %. В Гродненской, Минской и Могилевской областях дерново-подзолистые автоморфные средне- и легкосуглинистые мощные занимают 11,0 % пахотных земель, а в Брестской и Гомельской областях – дерново-подзолистые автоморфные средне- и легкосуглинистые почвы занимают менее 1,0 % (0,73 %) пахотных земель.

Соя очень чувствительна к кислотности почв. Наиболее благоприятный диапазон кислотности для возделывания сои pH (в KCl) 6,0-6,5; содержание гумуса – не ниже 1,8 %, подвижного фосфора и обменного калия – не менее 150 мг/кг почвы. Для формирования урожая соя использует в 2-3 раза больше питательных веществ, чем зерновые культуры, поэтому она предъявляет сравнительно высокие требования к почвенным условиям.

Анализ данных агрохимического обследования за 2017-2020 гг. [3], показал, что средневзвешенный показатель кислотности почв суглинистого гранулометрического состава по областям изменяется от 5,95 в Могилевской области до 6,38 в Гомельской области. Содержание подвижного фосфора – изменяется от 174 мг/кг в Витебской области, до 204 мг/кг в Гомельской области, подвижного калия – от 201 мг/кг в Брестской области до314 мг/кг в Минской области, гумуса – от 1,90 % в Гродненской области до 2,85 % в Брестской области.

Соя – светолюбивая и требовательная к теплу культура. Сумма активных температур, необходимая для созревания скороспелых сортов, не менее 1700 °С, среднеспелых 3000 °С, позднеспелых около 3500 °С. Наибольшая потребность в тепле отмечается в фазах цветения и формирования бобов. Оптимальная температура возделывания в этот период должна быть 21-22 °С. При снижении до 14 ° рост и развитие сои прекращаются. Поэтому ее предпочтительнее выращивать в южных и западных районах республики: Брестская и Гомельская области полностью; Гродненская область за исключением Ост-

ровецкого, Ошмянского и Сморгонского районов; южная часть Минской области (11 районов) и юго-западная часть Могилевской области (Бобруйский, Глусский, Кировский, Осиповичский районы).

Из зерновых бобовых культур соя считается наиболее влаголюбивой, но плохо развивается на сырых, заболоченных и кислых почвах. Благодаря мощной, глубокой корневой системе соя легче, чем другие культуры, переносит временную почвенную засуху. Потребность влаги на 1 грамм сухого вещества составляет 400-1000 мм. [4].

Проведена группировка и составлена картосхема распределения районов республики по сумме активных температур (САТ) (рис. 1). Минимальное значение САТ 2266 – в Поставском районе Витебской области. Максимальное (2886) в Гомельском района Гомельской области. Самую большую группу по республике (40 районов) составляют регионы, где сумма активных температур колеблется от 2500 до 2600 °С. Кроме того составлена картосхема распределения районов республики по благоприятности возделывания в зависимости от суммы активных температур и количества осадков за теплый период для возделывания сои (рис. 2).

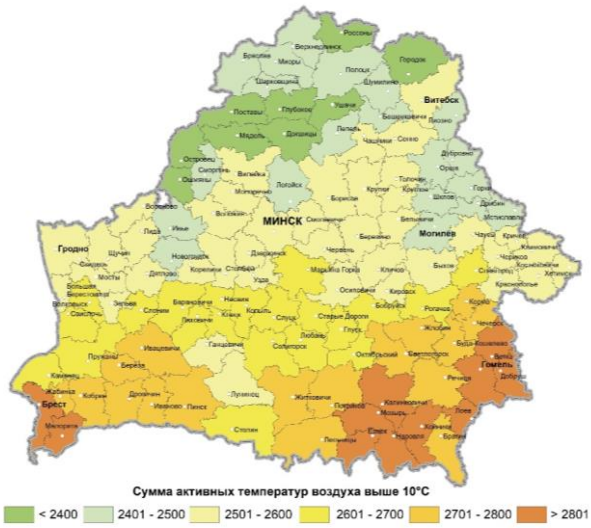


Рисунок 1 – Группировка районов по сумме активных температур (САТ) воздуха выше 10 °С

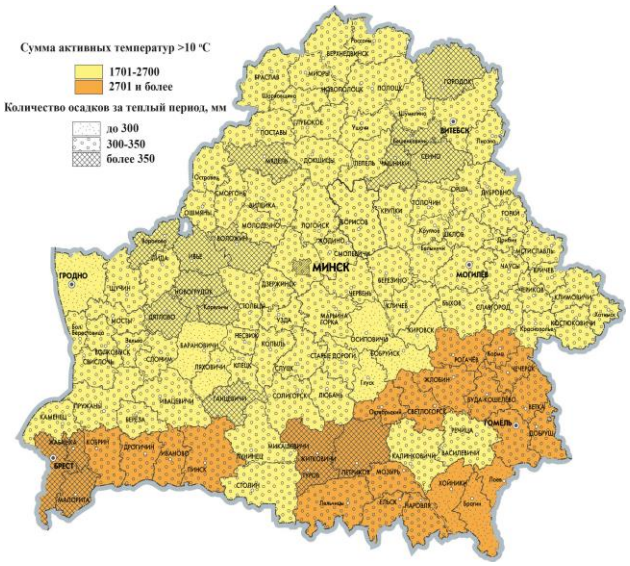


Рисунок 2 – Картосхема благоприятности районов по САТ и сумме осадков для возделывания сои

Как показывает анализ данных по показателю САТ во всех районах Беларуси возможно возделывать сою. В 10 районах (Гродненском, Баранович-ском, Ляховичском, Осиповичском, Бобруйском, Глусском, Кировском, Брагинском, Хойникском, Лоевском) лимитирующим фактором выращивания сои служит сумма осадков менее 300 мм за вегетационный период.

Оценка динамики посевных площадей сои в республике и ее урожайности показала, что на протяжении последних 8 лет максимальными площадями характеризуется Брестская область от 0,7 тыс. га в 2016 г. до 1,4 тыс. га в 2020-2022 гг. В 2022 г. в 3,4 раза увеличилась площадь посевов в Гомельской области с 0,5 тыс. га до 1,7 тыс. га. На третьем месте Минская область, где

площади посевов сои увеличились до 1,3 тыс. га в 2022 г. В сельскохозяйственных организациях Витебской области соя выращивалась по данным национального статистического комитета на площади 150 га в 2017 г. По сравнению с 2021 г. площадь посевов сои по республике увеличилась почти в 2 раза и составила 5,8 тыс. га.

В среднем с 2015 по 2022 гг. максимальной урожайностью характеризуется Гродненская область (15,9 ц/га). На втором месте Брестская область, где урожайность колебалась от 6,1 ц/га в 2015 году до 15,5 ц/га в 2019 г. Витебскую область не сравниваем, так за последние 3 года в сельскохозяйственных организациях соя не возделывалась. Самыми низкими показателями урожайности сои характеризуется Гомельская область – от 2,5 до 15,6 ц/га (таблица).

Таблица – Урожайность сои по областям республики (2015-2022 гг.)

Область	Урожайность, ц/га								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее за 8 лет
Брестская	6,1	12,1	8,8	14,9	15,5	8,3	12,3	10,2	11,0
Витебская	–	22,3	4,3	–	7,8	–	–	–	11,5
Гомельская	4,3	11,9	2,5	8,6	15,6	3,1	12,5	7,4	8,2
Гродненская	–	13,3	6,8	–	10,4	21,2	26,5	17,4	15,9
Минская	6,7	11	5,9	13,3	11,8	10,0	10,8	8,2	9,7
Могилевская	7,6	11,8	9,3	12,0	7,7	7,5	8,2	11,6	9,5
РБ	**6,2**	**13,7**	**6,3**	**12,2**	**11,5**	**10,2**	**11,7**	**9,8**	10,2

Вегетационный период сои в зависимости от сорта и условий возделывания сильно колеблется. Отдельные сорта ее созревают за 75-80 дней, но позднеспелые сорта имеют вегетационный период 130-140 дней и более. В Беларуси наиболее перспективны ультраскороспелые, скороспелые и среднескороспелые сорта. В республике районированы 7 сортов отечественной селекции: Березина, Припять, Снежок, Северная звезда, Ствига, Устя, Ясельда и др. Средняя урожайность их на Кобринском опытном участке была 18-20 ц/га, максимальная – 36 ц/га. В Государственный реестр включены перспективные сорта Аннушка, Верас, Припять, Полесская 201, Раніца, Рось. Их потенциальная урожайность – 40 и более ц/га. Белорусские сорта сои, в отличие от многих зарубежных, генетически не модифицированы. Адаптированы к местной сумме активных температур и долготе дня, хорошо приспособлены к механизированной уборке, обладают качеством зерна, необходимым для переработки на пищевые и фуражные цели, устойчивы к неблагоприятным факторам среды, отзывчивы на высокую культуру земледелия. Анализ урожайных данных по сортоиспытательным станциям показывает, что в среднем за 2016-2018 гг. урожайность соевых бобов составляла от 22,1 ц/га до 32,3 ц/га.

Выводы:

1. Агропроизводственный потенциал возделывания сои в республике, обусловлен агроклиматическими факторами, компонентным составом (типовыми различиями, степенью увлажнения, гранулометрическим составом поч-

вообразующих и подстилающих пород), агрохимическими свойствами, мелиоративным состоянием, степенью антропогенного преобразования почвенного покрова.

2. Наиболее благоприятным потенциалом по баллу плодородия обладают дерново-подзолистые и временно избыточно увлажненные легкосуглинистые почвы, которые занимают от 13,7 % пахотных земель Витебской области до 1,0 % в Брестской и Гомельской областях. По данным агрохимического обследования пахотных земель установлено, что почвы суглинистого гранулометрического состава обладают оптимальными и близкими к оптимальным свойствам для возделывания сои.

3. Агроклиматические условия (сумма активных температур выше 10 °С и сумма осадков за теплый период) являются благоприятными для произрастания сои в пределах всех областей республики, в 10 районах лимитирующим фактором служит сумма осадков менее 300 мм за вегетационный период.

4. За период с 2015 по 2021 гг. максимальные площади посевов сои были в Брестской области. В 2022 году посевная площадь по республике увеличилась почти в 2 раза с 3,0 тыс. га до 5,8 тыс. га. Агропроизводственный потенциал продуктивности сои в республике составляет 22,0-33,0 ц/га (фактический – 8,0-11,5 ц/га).

Библиографический список

1. Лёвкина О.В. Оптимизация параметров производства сои в Республике Беларусь // Аграрная экономика. – 2018. – № 6. – С. 46-50.
2. Таранухо В.Г., Лёвкина О.В. Экономическая эффективность возделывания сои в условиях Беларуси // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 4. – С. 16-20.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И.М. Богдевич [и др.] – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.
4. Земледелие / В.В. Ермоленков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – 463 с.

УДК 631.416.8:911.63

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО МАРГАНЦА В ПОЧВАХ ЦЧЗ

Митрохина О.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курск
E-mail: *mitrokhina1977@mail.ru*

Резюме: *В статье представлены данные по содержанию подвижного марганца на различных экспозициях рельефа в условиях Курской области. Исследованиями установлено содержание микроэлемента имеет разный уровень снижения в зависимости от экспозиции склона. Наиболее интенсивное уменьшение микроэлемента происходит на склоне южной экспозиции.*

Ключевые слова: *почва, марганец, рельеф, склон, содержание.*

Summary. *The article presents data on the content of mobile manganese in various relief exposures in the conditions of the Kursk region. The study of trace element content has a different level of aesthetics depending on the manifestation of propensity. the most significant decrease in the fine fraction occurs on the slope of the southern exposure.*

Key words: *soil, manganese, relief, slope, content.*

Высокий урожай любой сельскохозяйственной культуры возможен только при условии полноценного и достаточного питания. Кроме света, тепла и воды, растениям необходимы питательные вещества: макро - и микроэлементы.

Микроэлементы – это химические элементы, необходимые для протекания жизненно важных процессов в живых организмах и содержащиеся в них в очень небольших количествах (менее 0,001%). Несмотря на ничтожное содержание они крайне необходимы растениям. Роль микроэлементов для растений многогранна. Они призваны улучшать обмен веществ, устранять функциональные нарушения, содействовать нормальному течению физиолого-биохимических процессов, влиять на процессы фотосинтеза и дыхания. Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, неблагоприятным факторам окружающей среды (засухе, повышению или понижению температуры, тяжелой зимовке и прочим). Микроэлементы являются активным веществом микроудобрений [1].

Одним из значимых микроэлементов является марганец.

Марганец (Mn) участвует в процессах фотосинтеза, образования хлорофилла и синтезе белка, увеличивает сахаристость плодов и овощей, ускоряет развитие растений и их плодоношения положительно влияет на урожайность культур. Помимо влияния на урожайность, марганец имеет положительное воздействие на качество получаемой продукции: повышается содержание белка, сахаров, сырого протеина, клейковины, жиров и витаминов.

Марганец в почве представлен различными соединениями. Он входит в состав многих минералов, также значительная его часть находится в органическом веществе [2].

В природе поступление микроэлементов в ландшафты происходит главным образом из почвообразующих пород. Кроме того, источником поступления микроэлементов являются сточные воды, микроудобрения, пестицидные препараты [3].

Большую роль на агрохимические свойства почв и содержание макро и микроэлементов оказывает рельеф. Правильное использование каждого участка земли является актуальной задачей современного земледелия. Часть земельных участков расположена на весьма неблагоприятных типах рельефа. К таковым относится и склоновая местность. Потому необходимо внимательно изучить все аспекты по использованию почв данных типов местности и определить ее агрохимическое состояние [4].

Проблема содержания микроэлементов в агроценозах приобрела в настоящее время большое теоретическое и практическое значение. Широкое использование в растениеводстве минеральных удобрений усиливает потребность растений в микроэлементах, что связано как с повышенным выносом их из почвы, так и с нарушением баланса между макро- и микроэлементами. На почвах с дефицитом или избытком микроэлементов происходит снижение количества и качества растительной продукции.

Для рационального использования микроудобрений необходимы регио-

нальные данные по особенностям распределения микроэлементов в почвах [5-6].

Цель нашей работы – определить закономерность пространственного распределения подвижного марганца в почвах на разных экспозициях рельефа.

Исследования проводили на базе лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга на опытных полях Курского ФАНЦ, опытное хозяйство расположено в юго-восточном агропочвенном районе Курской области, в северной части Медвенского района Территория хозяйства приурочена к юго-западному склону Среднерусской возвышенности и находится в бассейне реки Млодать. В целом рельеф территории можно охарактеризовать как сильно волнистый, обусловленный наличием балок и отвершков. Почвы района сформировались на лессовидных отложениях, тяжело – суглинистых по механическому составу [7]. Источником информации являются данные почвенно-агрохимического обследования территории многофакторного полевого опыта ВНИИ и ЗПЭ за четырехлетний период (2000-2004 гг.).

Полученные результаты представлены на рисунке 1.

В целом за период проведения исследований содержание подвижного марганца на изучаемых склонах снижалось. На северном склоне уровень снижения составил 40 %, на водораздельном плато содержание микроэлемента снизилось на 15 %, на южном склоне – 34 %. Причиной понижения содержания подвижного марганца может являться снижение внесения органических удобрений на данных сельскохозяйственных территориях, эродированность почв, сельскохозяйственная деятельность человека также вносит свои коррективы в изменение содержания микроэлемента в почве. Кроме того, кислотность почвы, содержание органического вещества в почвах оказывает влияние на уровень микроэлементного состава почв.

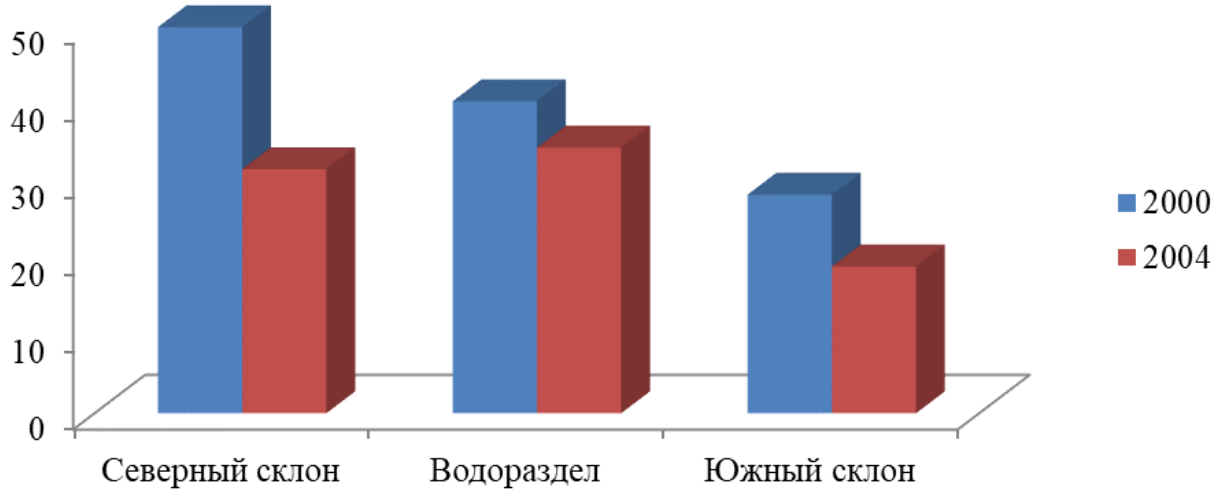


Рисунок 1 – Динамика содержания подвижного марганца по элементам рельефа, мг/кг

Изначально (2000 год) изучаемые почвы по обеспеченности микроэлементом можно отнести к категории высокообеспеченных (на всех элементах релье-

фа). По прошествии четырехлетнего периода (2004 год) исследуемые почвы северного склона и водораздельного плато остаются в той же категории, почвы южного склона – имеют среднюю обеспеченность микроэлементом.

Исследованиями установлено, что содержание подвижного марганца в почвах меняется в зависимости от элемента рельефа. На слабоэродированных почвах водораздельного плато и северного склона наблюдается повышенное содержание подвижных форм марганца, по сравнению с более эродированной почвой южного склона. Это можно объяснить тем, что территория данного склона подвержена большему воздействию эрозионных процессов в следствии более раннего стока талых вод и интенсивному вымыванию питательных элементов из почвы. Так же, на количество микроэлементов в почвах может оказывать влияние крутизна склона. Чем больше угол уклона, тем быстрее будет протекать смыв микроэлемента.

Рекомендуется при ведении сельскохозяйственных работ на склоновых участках местности учитывать неоднородность плодородия почв в зависимости от положения и экспозиции на склоне. При разработке системы удобрений определять содержание в почве микроэлементов для уточнения доз и видов требующихся микроудобрений.

Библиографический список

1. Микроэлементы интернет источник URL https://www.pesticidy.ru/group_compounds/micronutrients_fertilizer (дата обращения 27.02.23)
2. Митрохина О.А., Караулова Л.Н. Анализ содержания микроэлементов в различных типах почв и их взаимосвязи с урожайностью сельскохозяйственных культур на территории Центрально-Черноземного региона / Международный сельскохозяйственный журнал. – №4. – С. 355-358. doi:10.55186/25876740_2022_65_4_355
3. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части центрально-черноземного района России // Земледелие. - 2020. - №5. - С. 9-13
4. Рагимов А.О. Влияние рельефа на распределение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы / Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса Том 2. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Российская академия наук; Верхневолжский федеральный аграрный научный центр; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Суздаль-Иваново, 2020. Издательство: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр" (Новый). – С. 43-46
5. Жеруков Т.Б., Кишев А.Ю., Тутукова Д.А. Особенности применения микроэлементов в сельскохозяйственном производстве // Успехи современного естествознания. – 2019. –№ 6 – С. 18-22
6. Волошин Е.И. Микроэлементы в почвах и растениях южной части средней Сибири / автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора с-х наук. Новосибирск, 2004. – 32 с.
7. Афанасьева Е.А. Черноземы Средне - русской возвышенности – Наука, 1966. – 228 с.

УДК 631.43

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Моисеев К.Г.[1], Терлеев В.В.[2], Смирнов Н.С.[2]
[1] ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург
[2]ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург
E-mail: [1] *kir_moiseev@mail.ru* [2]*www.spbstu.ru*

***Резюме**. В работе даны важные пояснения к широко известным представлениям фрактальной геометрии. Дается определение процессу деградации почв с позиций фрактальной геометрии. Рассматриваются различные виды метрических и стохастических фрактальных размерностей почв и их практическое применение к анализу процесса деградации почв*
***Ключевые слова:** Топология, фрактальная геометрия, почвенные структуры, многомасштабность, фрактальная размерность, деградация почв.*
***Summary.** The article provides important explanations to the well-known concepts of fractal geometry. The process of soil degradation is defined from the standpoint of fractal geometry. Various types of metric and stochastic fractal dimensions of soils and their practical application to the analysis of the process of soil degradation are considered*
***Key words:** Topology, fractal geometry, soil structures, multiscale, fractal dimension, soil degradation*

Множество точек пространства образует геометрический объект. Топологическая размерность геометрического объекта означает количество независимых направлений (многообразие направлений), по которым может двигаться точка внутри множества, не выходя за его пределы. Каждая точка многообразия имеет окрестность эквивалентную шару радиусом R^n. Величина n есть топологическая размерность многообразия, т.е. число координат, определяющих положение точки на многообразии [1, 4, 9]. Топологическая размерность множества точек в пространстве практически всегда понимается, как метрическая целочисленная размерность пространства равная Евклидовой размерности (то есть для точки 0, линии 1, плоскости 2, объема 3). Это не совсем так, если мы учтем, что в геометрии Лобачевского существует масштаб – мера основной единицы протяженности – линейного размера [1, 5]. С этих позиций топологическая размерность в данной работе понимается обобщенно, как размерность, принимающая дробные значения. Размерность с дробной степенью «n» называют размерностью Хаусдорфа. Размерность Хаусдорфа выступает основным фрактальным параметром и определяет всю геометрию фракталов. Размерность Хаусдорфа – основа для определения группы «фрактальных размерностей» геометрических объектов [5]. Фрактальная размерность в зависимости от способа построения фрактала (приближения к целочисленной размерности поверхности или объема – «сверху или снизу») может быть больше или меньше целочисленной размерности пространства, которую далее мы будем называть Евклидовой размерностью. В физике почв и механике грунтов принято (не осознанно) при вычислениях использовать приближение к размерности Хаусдорфа сверху – такое приближение является выражением понятия «емкость» вмещающего фрактал объе-

ма пространства. Поэтому фрактальная топологическая размерность при моделировании структуры в физике почв всегда строго меньше Евклидовой размерности объема равной 3 [2, 8].

Фрактал можно определить как множество, обладающее свойством многомасштабности (скейлинга). Что, впрочем, верно только для регулярных, сконструированных фракталов (например, губки Менгера). Природные фракталы, в том числе почвенные структуры имеют вероятностные свойства и относятся к группе стохастических фракталов. Таким образом, все фрактальные размерности классифицируются как метрические и вероятностно-метрические, соответственно способа введения [5].

Ясное понимание общности и отличия способов введения фрактальных размерностей метрических и вероятностно-метрических и ясное осознание, что почвенные структуры – это фракталы, приводит к пониманию и однозначному определению деградационных процессов в почве: *Деградация почв с позиций физики это постепенный (длительное время) переход почвенной структуры под воздействием природных и антропогенных факторов из состояния регулярного фрактала в состояние фрактала стохастического*.

Понимание деградации почв шире, чем просто состояние здоровья живой фазы почв, обусловленное химическими, физико-химическими и биологическими факторами. Различные проявления деградации почв – комплексного явления, совокупности процессов приводящих к изменению функций почвы, как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению её состава и свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земель, потери почвенного плодородия, все эти проявления деградации определяются состоянием почвенной структуры на данный момент времени [3, 10]. Самоподобие или многомасштабность элементов почвенной структуры, как метрического фрактала в момент образования почвы, со временем «размывается» приобретая вероятностный характер, а фрактальная размерность становится аддитивной величиной. Пример регулярного и нерегулярного двумерного фрактала показан на примере салфетки Серпинского на рисунке 1 [1].

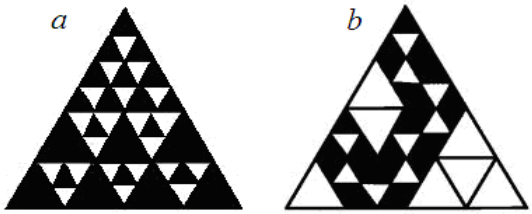


Рисунок 1 – Салфетка Серпинского (*a* – метрический фрактал; *b* – стохастический фрактал).

Чем больше уменьшается вероятность существования упорядоченных структур в почве (долей единицы от 1 до 0), тем дальше заходит деградация почв. Если применить системный подход, рассматривать почву, как открытую термодинамическую систему то для почвы верны и основные законы термодинамики. Один из таких универсальных законов: энтропия термодинамической системы увеличивается. Поэтому процесс деградации почв объективен и

мало зависит от деятельности человека. Хотя антропогенное влияние способно ускорять или замедлять этот процесс.

Цель данной работы акцентировать внимание на аспектах фрактального моделирования почв, которые возможно применить для точного количественного описания процессов деградации почв.

Единица объема почвы вмещает твердые частицы почвы – твердую фазу иерархически организованную в микро и макроагрегаты, и поровое пространство между ними. Количество таких уровней представляет многомасштабность фрактала или число масштабов – *N*. С точки зрения геометрии фракталов единицу объема почвы можно представить, как «большую пору», вмещающую множество точек твердых частиц, либо как твердое тело, вмещающее множество пустот – пор. В первом случае фрактальная размерность представляет собой количественную меру заполнения и распределения по объему почвы твердых частиц, во втором случае заполнения твердого тела множеством пор. Наиболее распространены фрактальные модели, комбинирующие эти подходы и учитывающие вероятность фрагментации почвенного объема на иерархических уровнях более низкого порядка. На рисунке 2 показана одна из фрактальных моделей почв (PSF-model) [8, 11].

Число масштабов *N* степенным образом зависит от масштаба измерения λ: $N \approx \lambda^{-D}$ Фрактальная размерность канонически определяется логарифмированием знаменитой формулы Б. Мандельброта [4, 9]

$$D = \frac{\lg N}{\lg \lambda^{-1}}. \qquad (1)$$

Произведение $N \cdot \lambda = L^3$ дает измеряемый объем фрактала или характерный линейный размер (инициатор): $L = k \cdot \lambda^{3-D}$, здесь *k* – фрактальный параметр (угол наклона зависимости *N* от λ в билогарифмическом масштабе) [2, 7]:

$$k = \frac{L}{\lambda^{3-D}} \qquad (2)$$

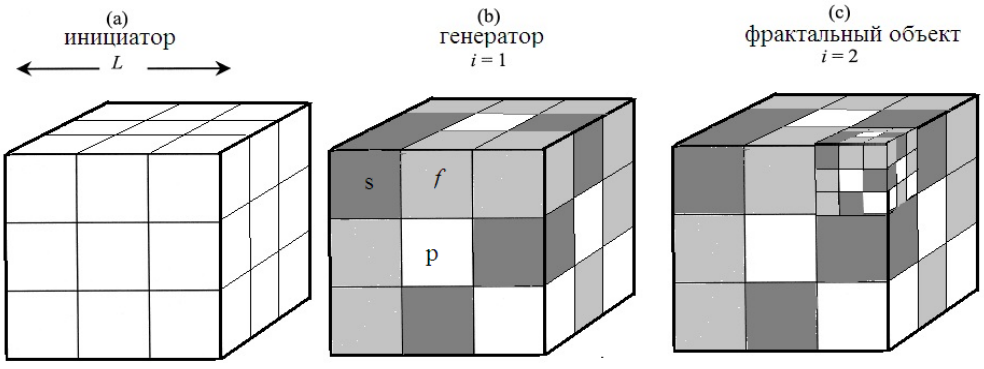


Рисунок 2 – Фрактальная модель почвенной структуры
(In English: p – pore s – solid, f – fractal, (PSF)).

Массовая фрактальная размерность D_m определяется как отношение логарифмов массы *M* агрегата почвы (фрактальной области) к его размеру (радиусу) *R*, который выступает масштабом измерения λ:

$$D_m = \frac{\lg M - \lg k}{\lg R}$$

Или для почвы в целом:

$$D_m = 3 + \frac{\lg(1-P)}{\lg R_{ср} - \lg R_{мах}}$$

Здесь: 3 – Евклидова размерность, P – общая пористость почв, $R_{ср}$; $R_{мах}$ – соответственно средний и максимальный размер фракции агрегатов почвы.

Массу одного агрегата или суммарно фракции (или фракций) агрегатов почвы данного размера, полученных в ходе сухого рассева на колонке сит с отверстиями разного размера, можно вычислить, если определена экспериментально величина плотности твердой фазы почв [6].

Фрактальная размерность D_f, определяющая степень фрагментации почвенной структуры рассчитывается из соотношения:

$$D_f = D_m + \frac{\lg P_i}{\lg \lambda^{-1}}$$

P_i – вероятность дефрагментации почвы – находят из данных агрегатного анализа почв.

Проанализированы образцы из разреза чернозема южного слабогумусированного пылевато-глинистого суглинка на лессовидных породах, угодья НИИСХ Крыма. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фрактальные параметры почв

Почвенные образцы		*kf*	*Dm*	$\frac{\lg P_i}{\lg \lambda^{-1}}$	*Df*
Чернозем обыкновенный, целина, дневной горизонт		1,9*	2,51*	0,20	2,71*
Чернозем обыкновенный, пашня, дневной горизонт		1,9*	2,51*	0,30	2,81*
Чернозем южный	10-20см	2,25	2,58	0,29	2,87
	30-40 см	2,10	2,55	0,28	2,83
	40-50 см	2,15	2,63	0,12	2,75
	70-80 см	2,61	2,56	0,32	2,88

* Данные получены из работы [2].

Анализ представленных данных показывает, что наибольшая дефрагментация почвенной структуры происходит в дневном и иллювиальных горизонтах почв и ее величина выше на пашне чем на целине. Очевидно, деградация почв происходит преимущественно под влиянием сельскохозяйственной обработки, и возможно под влиянием изменений климата. В то время как увеличение энтропии почвенной структуры – естественное старение почв находит отражение в величинах дефрагментационных фрактальных размерностей срединных горизонтов.

Библиографический список

1. Балханов В.К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления / отв. ред. Ю.Б. Башкуев. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2013. – 224 с. ISBN 978-5-9793-0549-3

2. Гончаров В.Д. Влияние характера землепользования на структуру обыкновенного чернозема и параметры ее фрактальных моделей. // Автореф. дис. кан. техн. наук. Санкт-Петербург, 2004. – С. 25

3. Деградация и охрана почв /Под общей ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
4. Кроновер Р.М., Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. М., Постмаркет, 2000. – 352 с
5. Короленко П.В., Маганова М.С., Меснянкин А.В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования. Учебное пособие. – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, 2004. – 82 с.
6. Моисеев К.Г. Мониторинг агрофизических свойств пахотных почв северо-запада России. Saarbrucken, 2012. – С.74
7. Моисеев К.Г., Бойцова Л.В., Гончаров В.Д. Анализ динамики гумусного состояния почв фрактальными методами // Агрофизика. – 2014. – № 1(13). – С. 1-8.
8. Моисеев К.Г., Терлеев В.В. () Моделирование структуры капиллярно-пористой среды и вычисление дифференциальной пористости почв. Агрофизика. – 2017. – № 3. – С. 43-56.
9. Старченко Н.В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов Дис. кан. физ.-мат. наук. М.: МИФИ, 2005
10. Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции (г. Ставрополь, 19-22 сентября 2022 года). – Ставрополь: СЕКВОЙЯ, 2022. – 422 с. ISBN 978-5-6048606-5-6
11. Perrier E, Bird N, Rieu M. (1999) Generalizing the fractal model of soil structure: the pore–solid fractal approach // Geoderma. – № 88. – P. 137-164

УДК 502.52

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO_2 ИЗ ПОДЗОЛОВ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛОВ ПЕСЧАНЫХ ЛЕСОСТЕПИ[6]

Неведров Н.П., Довидович Е.Д.
Курский государственный университет, Курск
E-mail: *9202635354@mail.ru*

Резюме. *В работе приведены данные о многолетней и сезонной вариабельности скорости потоков CO_2 с поверхности альфегумусовых песчаных почв соснового леса и дубравы. Скорость почвенных потоков CO_2 измеряли камерным методом in situ. В исследуемые годы отмечена вариабельность гидроклиматических условий, которые определяли особенности временной динамики почвенных потоков CO_2.*
Ключевые слова: *альфегумусовая почва, сосновый лес, дубрава, изменения климата*
Summary. *The article presents data on long-term and seasonal variability in the rate of CO_2 fluxes from the surface of Al-Fe-humus sandy soils in pine forests and oak forests. The rate of soil CO_2 fluxes was measured by the chamber method in situ. In the years under study, the variability of hydroclimatic conditions was noted, which determined the features of the temporal dynamics of CO_2 soil fluxes..*
Key words: *Al-Fe-humus soil, pine forest, oak forest, climate change.*

Азональные альфегумусовые почвы (подзолы и дерново-подзолы песчаные) функционируют под сосновыми лесонасаждениями в надпойменных террасах рек лесостепной зоны. В Курской области насаждения сосны обыкновенной занимают площадь около 26 тыс. га, что составляет 11,9 % облес-

[6] Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук – проект – МК-416.2021.1.4 и частичной поддержке Гранта Фонда содействия инновациям программа «УМНИК», договор № 17460ГУ/2022.

сенных территорий региона [3]. Для перехода экономики нашей страны на низкоуглеродный тренд весьма важно получить максимум экспериментальных данных, характеризующих почвенные потоки CO_2, которые определяют до 90% экосистемной эмиссии [1, 2]. Экологическая оценка углеродного баланса в лесных экосистемах имеют крайне высокую значимость для количественной оценки углеродного цикла.

Цель работы экологическая оценка многолетней динамики потоков CO_2 с поверхности альфегумусовых песчаных почв сосновых лесов г. Курской.

Объекты и методы исследования. Почвенный экологический мониторинг проводился в двух экосистемах (сосняк мохово-лишайниковый и дубрава, по 5 репрезентативных участков в каждой) расположенных в урочище «Горелый лес» на востоке Курска. Почвенный покров сосняка представлен подзолами иллювиально-железистыми песчаными, дубравы – дерново-подзолами иллювиально-железистыми песчаными [1]. Скорость потоков диоксида углерода с поверхности почв определялась in situ камерным методом с использованием портативного инфракрасного газоанализатора CO_2. Методика замеров скорости потока CO_2 подробно описана в работе [1]. Измерения осуществлялись ежемесячно с апреля по октябрь в 2018, 2021 и 2022 годах. Измерения проводились один раз в сутки с 9.00 до 13.00 часов. Параллельно с эмиссией CO_2 в каждой точке измеряли температуру и влажность почвы в трех повторениях, а также температура воздуха.

Результаты и обсуждение. Полученные результаты о скорости потоков CO_2 указывают на значимые изменения этого показателя в течение вегетационного сезона. Минимальные значения фиксировались в апреле, что обусловлено фенологическими аспектами вегетации растений, т.е. низкой интенсивностью автотрофного дыхания (рис. 1).

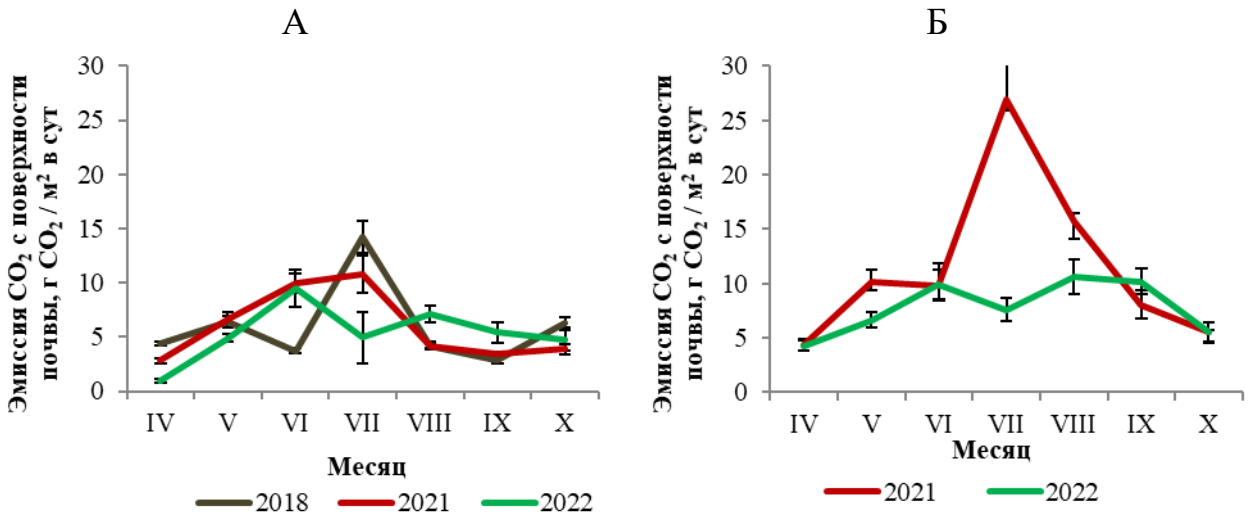


Рисунок 1 – Сезонная динамика эмиссии CO_2 из подзолов иллювиально-железистых песчаных (А) и дерново-подзолов иллювиально-железистых песчаных (Б), функционирующих в сосновых лесонасаждениях и дубравах Курской агломерации (вегетационные сезоны 2018 и 2022 годов)

Максимальная скорость потока диоксида углерода из почв отмечалась в июле, что объясняется пиком вегетационной и микробиологической активности. Конфигурации кривых сезонного хода эмиссии CO_2 из исследуемых подзолов песчаных в 2018 и 2021 годах, в целом, схожи. В 2022 году скорость эмиссии в июле значительно снижалась, что связано с засухой в июне и первой половине июля. Усредненные за вегетационные сезоны скорости эмиссии CO_2 из подзолов составляли около 6 г $CO_2/м^2$ в сутки как для 2018 года, так и для 2021-2022 годов. Суммарное количество эмитированного диоксида углерода, в целом, сопоставимо – 1,3 кг $CO_2/м^2$ за сезон в 2018 году, 1,2 кг $CO_2/м^2$ за сезон в 2021 году и 1,1 кг $CO_2/м^2$ за сезон в 2022 году. Суммарное количество эмитированного диоксида углерода из дерново-подзолов сильно отличалось в 2021 и 2022 годах и составляло 2,5 кг $CO_2/м^2$ за сезон в 2021 году и 1,7 кг $CO_2/м^2$ за сезон в 2022 году. Существенными различиями характеризовались и усредненные за вегетационный сезон значения эмиссии CO_2 с поверхности дерново-подзолов. В 2021 году дерново-подзолы в среднем эмитировали в атмосферу 11,5 г $CO_2/м^2$ в сутки, тогда как в 2022 году только 7,8 г $CO_2/м^2$ в сутки. В целом, по отдельным месяцам наблюдались существенные различия, что, в большей степени, связано с количеством выпадающих осадков, которое значимо разнится в рассматриваемых нами годах (табл. 1).

Таблица 1 – Сезонная динамика климатических и гидротермических параметров на исследуемых участках сосновых лесонасаждений и дубрав Курской агломерации (вегетационные сезоны 2018, 2021- 2022 годов)

Месяц	Количество осадком, мм			Влажность почвы, %			Температура почвы, ºС			Влажность почвы, %		Температура почвы, ºС	
				Подзол песчаный						Дерново-подзол песчаный			
	2018	2021	2022	2018	2021	2022	2018	2021	2022	2021	2022	2021	2022
IV	13,7	64	119,8	13,7	8,5	7,82	6,0	6,5	2,5	19,9	16,9	6,9	2,9
V	43,7	91,2	93,2	5,5	10,2	11,8	12,3	9,5	7,9	20,7	25,6	9,9	10,3
VI	23,7	63,9	10,1	1,3	16,4	25,4	13,6	13,6	19,7	22,5	11,0	13,5	16,5
VII	176,9	64	67,7	13,1	8,5	6,5	17,3	18,8	23,1	12,7	14,3	18,7	22,7
VIII	2,8	40,4	25,5	1,4	8,5	9,7	16,3	19,01	15,5	11,8	19,3	18,9	15,5
IX	41,6	75,7	142	3,5	7,3	7,4	15,3	11,2	15,6	13,5	13,2	13,7	15,6
X	43,5	4,2	80,5	7,4	10,1	14,9	9,1	8,2	12,1	17,7	30,8	8,7	11,7

Меньшее количество эмитированного диоксида углерода дерново-подзолами в 2022 году также обусловлено относительно низкой скоростью эмиссии в период летней засухи. В 2021 году скорость эмиссии из дерново-подзолов была выше практически во все месяцы наблюдений, в то время как в 2022 году различия скоростей эмиссии CO_2 были менее контрастными.

Суммарное количество осадков с апреля по октябрь в 2018 году составило 345,9 мм, в 2021 году – 403,4 мм, а в 2022 году - 538,8 мм. Однако в летние месяцы сумма осадков в 2022 году была значительно ниже – 103,3 мм, против 168,3 мм – в 2021 году и 203,4 мм в 2018 году. Коэффициент корреляции между скоростью потока диоксида углерода и количеством осадков для подзолов песчаных лесостепи составил 0,28, для дерново-подзолов – r = –0,13. Объемная влажность подзолов песчаных также значимо разнилась в исследуемые годы. Установлена корреляция показателей влажности почв и скорости эмиссии CO_2 из почв – r = 0,49 (подзолы песчаные) и r = –0,45 (дерново-

подзолы песчаные). Температура почвы в исследуемые годы в большинстве месяцев вегетационного сезона имела близкие среднемесячные значения. Средний уровень корреляции между температурой почв и скоростью эмиссии CO_2 с их поверхности отмечали у дерново-подзолов (r = 0,58), в то время как у подзолов значение коэффициента корреляции было ниже – r = 0,48.

Заключение. Усредненная скорость эмиссии CO_2 и суммарная эмиссия CO_2 из подзолов иллювиально-железистых песчаных Курской агломерации в вегетационные сезоны с 2018 по 2022 годы имели сопоставимые значения несмотря на отмеченные значимые различия водного режима почв. В то время как у дерново-подзолов эти показали сильно различались в 2021 и 2022 годах, что, по-видимому, обусловлено большей чувствительностью дерново-подзолов к изменениям климатического режима.

Библиографический список

1. Кудеяров В.Н. Роль почв в круговороте углерода // Почвоведение. – 2015. – № 8. – С. 915-923.
2. Национальный атлас почв Российской Федерации. – М.: Астрель, АСТ, 2011. – 632 с.
3. Неведров Н.П., Саржанов Д.А., Проценко Е.П., Васенев И.И. Пространственно-временная изменчивость эмиссии CO_2 из альфегумусовых песчаных почв лесостепной зоны на примере г. Курска // Почвоведение – 2022. – № 11. – С. 1366-1377.

УДК 633.16:631.559:631.582:631.51:631.43

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В СЕВООБОРОТАХ ЦЧР

Нитченко Л.Б., Лукьянов В.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *Nitchenko58@yandex.ru*

Резюме. *Установлено, что зернотравянопропашной севооборот уступал по урожайности ячменя зернопаропропашному. Минимизация обработки почвы способствовала снижению урожайности ячменя, по сравнению со вспашкой. Содержание продуктивной влаги было больше в севооборотах при безотвальном рыхлении. Существенное увеличение плотности почвы наблюдалось при дисковании под ячмень. Вспашка способствовала формированию более низкой твёрдости почвы, по сравнению с дискованием и безотвальным рыхлением.*
Ключевые слова: *ячмень (Hordeum vulgare), севооборот, обработка почвы, урожайность, содержание продуктивной влаги, плотность почвы, твердость почвы.*
Summary. *It was established that the grain-fallow-row crop rotation was inferior in yield of barley grain-grass-row crop rotation. Minimization of tillage contributed to a decrease in the yield of barley, compared with dump tillage. The content of productive moisture was higher in crop rotations with non-dump tillage. A significant increase in soil density was observed when disking under barley. Dump tillage contributed to the formation of a lower hardness of the soil, compared with disking and non-dump tillage.*
Key words: *barley (Hordeum vulgare), crop rotation, pow treatment, yield, productive moisture content, soil density, soil hardness.*

Ячмень является одной из основных яровых зерновых культур в ЦЧР. Результаты многих исследований [1-4] показали, что наибольшая урожайность зерна ячменя получена при посеве по вспашке. Минимизация обработ-

ки почвы приводила к снижению урожайности ячменя. По данным других исследователей [5], глубокие способы обработки почвы имели незначительное преимущество перед минимальной обработкой.

Какую бы систему обработки почвы мы не выбрали, в процессе ее выполнения изменяются показатели плодородия почвы. Среди агрофизических характеристик важное значение имеют содержание влаги в почве, ее плотность и твердость. Метеорологические условия Центрально-Чернозёмного региона сдерживают потенциальную урожайность полевых культур, в связи, с чем вопрос содержания почвенной влаги остается наиболее актуальным. По данным ученых [6], приемы основной обработки почвы не оказывали существенного влияния на запасы продуктивной влаги. Плотность характеризует физические свойства почвы и показывает, в каких условиях растут и развиваются растения. Все это отражается на величине и качестве урожая. При рыхлом строении пахотного слоя создаются условия для повышенного расходования влаги на испарение, а при плотном — неблагоприятные для развития корней растений. Для большинства выращиваемых культур оптимальная плотность сложения почвы на обыкновенных чернозёмах составляет 1,0-1,2 г/см^3 [7]. Твердость характеризует физико-механические свойства почвы и является важным показателем при механизированной обработке. Высокая твердость – признак плохих физико-химических и агрофизических свойств почв. По результатам исследований [8], в течение вегетационного периода ярового ячменя твердость почвы на всех вариантах обработки почвы (кроме поверхностной обработки) изменялась в диапазоне показателей не превышающих критических значений для роста и развития.

Цель исследований – оценить влияние приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели и урожайность ячменя в севооборотах ЦЧР.

Условия и методы исследований. Исследования проводили в 2022 г. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино, Курская область, Медвенский район). Схема опыта включала следующие факторы: севооборот (фактор А): зернопаропропашной: озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень − чистый пар; зернотравянопропашной: озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень с подсевом многолетних трав − многолетние травы первого года; приемы основной обработки почвы (фактор В): вспашка на глубину 20-22 см, безотвальное рыхление на глубину 20-22 см, дискование на глубину 8-10 см.

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Площадь делянок 280 м^2. Повторность двукратная. Сорт ячменя «Суздалец». Учёт урожайности проводили методом прямой механизированной уборки.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что содержание продуктивной влаги в начале вегетации ячменя (рис. 1) варьировало в метровом слое почвы в зернопаропропашном севообороте от 151,8 до 177,0 мм, в зернотравянопропашном – от 144,0 мм до 171,2 мм, что соответствовало хорошей и очень хорошей степени обеспеченности влагой.

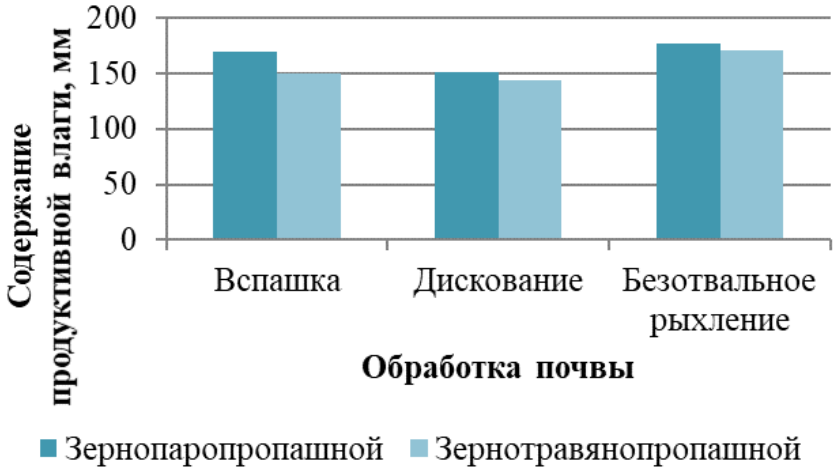


Рисунок 1 – Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации ячменя в зависимости от обработок почвы в севооборотах ($НСР_{05}$: А=19,6, В=24,1, АВ=34,0 мм)

Различия по содержанию продуктивной влаги между зернопаропропашным и зернотравянопропашным севооборотами были достоверны по вспашке, где они составили 20,4 мм при $НСР_{05}$= 19,6 мм. Содержание продуктивной влаги было достоверно больше (при $НСР_{05}$=24,1 мм) при безотвальном рыхлении, по сравнению с дискованием: в зернопаропропашном севообороте – на 25,2 мм, в зернотравянопропашном – на 27,2 мм.

Плотность почвы под ячменём (таблица 1) в начале вегетации изменялась в слое 0-20 см в пределах 0,98-1,11 г/см^3, в конце вегетации – 1,05-1,24 г/см^3.

Таблица 1 – Результаты определения плотности почвы в пахотном слое в посевах ячменя в зависимости от изучаемых факторов

Севооборот (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Плотность почвы, г/см^3	
		в начале вегетации	в конце вегетации
Зернопаропропашной	вспашка	0,98	1,05
	дискование	1,11	1,17
	безотвальное рыхление	1,03	1,11
Зернотравянопропашной	вспашка	1,00	1,09
	дискование	1,05	1,24
	безотвальное рыхление	0,99	1,14
$НСР_{05}$ в начале вегетации: А=0,10 В=0,13 АВ=0,18; в конце вегетации: А=0,05 В=0,06 АВ=0,09			

В изучаемых севооборотах приёмы основной обработки почвы не приводили к увеличению плотности выше диапазона оптимальных значений (1,0-1,2 г/см^3) для произрастания сельскохозяйственных культур, кроме дискования в конце вегетации. Существенное увеличение плотности почвы наблюдалось при дисковании под ячмень – в начале вегетации на 0,13 г/см^3, в конце вегетации – на 0,12 г/см^3 в зернопаропропашном и на 0,15 г/см^3 в зернотравянопропашном севооборотах, по сравнению со вспашкой.

Твёрдость почвы, в зависимости от применяемых обработок почвы, в

начале вегетации ячменя изменялась в пахотном слое от рыхлой до рыхловатой, в конце вегетации – от рыхловатой до твердой. В начале вегетации твёрдость почвы под ячменем (рис. 2) была меньше в зернопаропропашном севообороте (8,56-12,5 кгс/см^2), по сравнению с зернотравянопропашным (9,45-13,51 кгс/см^2). В зернопаропропашном севообороте твердость почвы при вспашке составила 8,56 кгс/см^2, при дисковании – была больше на 3,94 кгс/см^2, при безотвальном рыхлении – на 2,62 кгс/см^2; в зернотравянопропашном севообороте при вспашке – 9,45 кгс/см^2, при безотвальном рыхлении – была больше на 2,05 кгс/см^2, при дисковании – на 4,06 кгс/см^2. К концу вегетации ячменя повышение твёрдости почвы отмечалось во всех вариантах исследований, что связано с более высокими среднесуточными температурами и низким количеством осадков. В зернопаропропашном севообороте при вспашке твердость повысилась до 13,81 кгс/см^2, безотвальном рыхлении – до 19,53 кгс/см^2, дисковании – до 21,37 кгс/см^2; в зернотравянопропашном севообороте – до 26,25, 27,77, 31,92 кгс/см^2. Вспашка способствовала снижению твёрдости почвы, по сравнению с дискованием и безотвальным рыхлением.

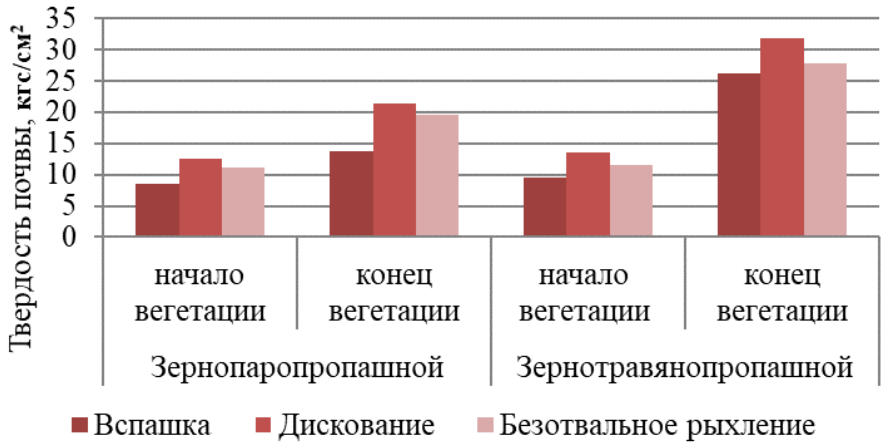


Рисунок 2 – Твердость почвы в пахотном слое в начале и конце вегетации ячменя в зависимости от обработок почвы в севооборотах
($НСР_{05}$: в начале вегетации A=0,92, B=1,12, AB=1,58 мм;
в конце вегетации A=5,22, B=6,40, AB=9,04 мм)

Результаты исследований показали, что урожайность ячменя (табл. 2) в зернопаропропашном севообороте была достоверно выше, в среднем на 0,14 т/га, по сравнению с зернотравянопропашным. В зернотравянопропашном севообороте снижение урожайности ячменя, по сравнению с аналогичными вариантами в зернопаропропашном севообороте, составило в среднем по вспашке 0,15 т/га, по дискованию 0,12 т/га, по безотвальному рыхлению 0,17 т/га (при $НСР_{05}$=0,06 т/га).

В зернопаропропашном севообороте наибольшая урожайность ячменя получена при вспашке – 3,65 т/га. При минимизации обработок почвы снижение урожайности ячменя было недостоверным (при $НСР_{05}$=0,08 т/га). В зернотравянопропашном севообороте урожайность составила при вспашке 3,50 т/га, при дисковании – урожайность снижалась до 3,48 т/га. Наиболее низкой урожайность ячменя была при безотвальном рыхлении – 3,42 т/га.

Таблица 2 – Урожайность ячменя в зависимости от приемов основной обработки почвы в севооборотах

Обработка почвы (фактор В)	Севооборот (фактор А)		*Средняя*
	зернопаропропашной	зернотравянопропашной	
	Урожайность, т/га		
вспашка	3,65	3,50	3,58
дискование	3,60	3,48	3,54
безотвальное рыхление	3,59	3,42	3,51
Средняя	3,61	3,47	3,54
$НСР_{05}$	А=0,06 В=0,08 АВ=0,11		

Выводы. В зернотравянопропашном севообороте отмечено достоверное снижение урожайности ячменя, по сравнению с зернопаропропашным севооборотом. Наибольшей урожайность ячменя была при вспашке, более низкой – при безотвальном рыхлении. Различия по содержанию продуктивной влаги в метровом слое почвы между зернопаропропашным и зернотравянопропашным севооборотами были достоверны по вспашке. Содержание продуктивной влаги было достоверно больше при безотвальном рыхлении, по сравнению с дискованием. Приёмы обработки почвы в большинстве случаев не приводили к увеличению плотности выше диапазона оптимальных значений для произрастания сельскохозяйственных культур. Существенное увеличение плотности почвы в пахотном слое наблюдалось в изучаемых севооборотах при дисковании под ячмень. Вспашка способствовала формированию более низкой твёрдости почвы, по сравнению с дискованием и безотвальным рыхлением.

Библиографический список

1. Дубовик Д.В. Эффективность приёмов основной обработки почвы под яровой ячмень на чернозёмах Курской области // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 44-48.
2. Турусов В.И., Гармашов В.М. Влияние способов обработки на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в условиях юго-востока ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 12. – Т. 33. – С 20-25.
3. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В., Логвинов И.В. Продуктивность севооборотов в зависимости от факторов земледелия в юго-западной части ЦЧР / Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – г. Белгород. 19-21 июня 2019 г. – С. 218-223.
4. Морозов А.Н., Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Ильин Б.С. Влагообеспеченность и засоренность посевов зерновых культур в зависимости от приемов основной обработки почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (383). – С. 59-62.
5. Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., Ступаков А.Г. Влияние основных элементов системы земледелия на продуктивность ячменя в зернопропашном севообороте юго-западной части ЦЧР // Аграрная наука. – 2019. – № 10. – С. 59-61.
6. Шабалкин А.В., Драчева М.К., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Реакция ячменя на средства интенсификации и приемы обработки черноземных почв в северо-восточном регионе Черноземья // Земледелие. – 2022. – № 6.– С. 41-48.
7. Гармашов В. М., Говоров В. Н., Крячкова М. П. Изменение плотности сложения чернозема обыкновенного при минимизации обработки и прямом посеве в условиях юго-востока ЦЧР // Аграрная Россия. – 2022. – № 3. – С. 14-17.

8. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А., Крячкова М.П., Говоров В.Н. Твёрдость почвы и урожайность ярового ячменя на фоне основной обработки и минеральных удобрений // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 10-1 (37). – С. 128-131.

УДК 631.445.25:631.81:633.11«321»(470.314)

РОЛЬ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Окорков В.В.[1], Окоркова Л.А.[1], Лебедева А.Е.[1]
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *okorkovvv@yandex.ru*

Резюме. *На серых лесных почвах Владимирского ополья изучено влияние удобрений и погодных условий на урожайность яровой пшеницы, содержание и запасы минеральных форм азота. Предложена оценка влияния N-NO_3 в питании культуры по отношению его содержания в почве к содержанию N-NH_4 в водной вытяжке 1:1 (жидкой фазе). Показано, что на почвах с высокой емкостью катионного обмена в нитрификации в основном участвовал аммонийный азот, находящийся в жидкой фазе. Запасы N-NO_3, формирующиеся в процессе нитрификации и полностью находящиеся в жидкой фазе почвы, определяли величину урожая и его качество. Непосредственное участие N-NH_4 в питании культуры азотом было невысоким.*

Ключевые слова*: серые лесные почвы, Владимирское ополье, яровая пшеница, нитратный и аммонийный азот, нитрификация, отношение содержаний N-NO_3 и N-NH_4 в жидкой фазе почвы.*

Summary. *The influence of fertilizers and weather conditions on the yield of spring wheat, the content and reserves of mineral forms of nitrogen was studied on the gray forest soils of the Vladimir Opolye. An assessment of the effect of N-NO_3 in the nutrition of the crop in relation to its content in the soil to the content of N-NH_4 in an aqueous extract of 1:1 (liquid phase) is proposed. It is shown that on soils with a high capacity of cation exchange, ammonium nitrogen in the liquid phase mainly participated in nitrification. The reserves of N-NO_3 formed during nitrification and completely located in the liquid phase of the soil determined the yield and its quality. The direct participation of N-NH_4 in the nitrogen nutrition of the culture was low.*

Key words: *gray forest soils, Vladimir Opolye, spring wheat, nitrate and ammonium nitrogen, nitrification, the ratio of the contents of N-NO_3 and N-NH_4 in the liquid phase of the soil.*

На серых лесных почвах Владимирского ополья хотя и выявлена определяющая роль запасов нитратного азота, сформировавшихся в ранний период вегетации культур 7- и 8-польных севооборотов [1-3], однако в недостаточной мере изучена их взаимосвязь с содержанием и запасами аммонийного азота, непосредственное участие N-NH_4 в питании растений.

За 1992-2008 гг. в 1-й и 2-й ротациях 8-польного севооборота при ежегодном применении NPK в дозах 40 и 80 кг/га каждого элемента питания и внесении 5-10 т/га подстилочного навоза КРС на 1 га севооборотной площади средние за 2 ротации запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см в середине вегетации культур по сравнению с первым сроком наблюдений снижались на 49-63%, а аммонийного – на 7,5-14,4 % [1, 3]. За 3-ю ротацию 7-польного севооборота (2007-2015 гг.) соответствующие показатели составили 54-70 и 7,5-26,1 %. В 4-й ротации за 2014-2020 гг. снижения средних запасов аммонийного азота во

2-й срок наблюдений по сравнению с 1-м не наблюдали [1].

Запасы аммонийного азота в слое почвы 0-40 см в 3-й и 4-й ротациях по сравнению с 1-й и 2-й уменьшились соответственно в 1,6-1,8 и в 3-4 раза [1]. Кроме того, в 4-й ротации (2020 год) по сравнению с концом 2-й ротации (2007 год) под ячменем доля перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу (соотношение почва : вода 1:1) в слое почвы 0-20 см снизилась с 3,28-6,08 до 0,58-2,36%. Закономерности же в изменении запасов нитратного азота по фазам роста и развития растений в 3-й и 4-й ротациях были такими же, как и в 1-й и 2-й. Это указывало на слабую роль непосредственно поглощаемого растениями аммонийного азота в питании возделываемых культур изучаемых севооборотов. Несмотря на кратное снижение запасов аммонийного азота в почве в 4-й ротации 7-польного севооборота по сравнению с 1-й и 2-й, в ней не наблюдали снижения продуктивности возделываемых в севообороте культур [1]. Для объяснения этих результатов требовались дальнейшие исследования.

Цель исследований – изучить влияние удобрений и погодных условий на урожайность яровой пшеницы, динамику содержания и запасов нитратного и аммонийного азота в серой лесной почве, их взаимосвязь.

Исследования продолжались в 4-й ротации в 7-польном севообороте занятый пар – яровая пшеница – овес с подсевом многолетних трав (клевер + тимофеевка) – травы 1-го года пользования – травы 2-го года пользования – яровая пшеница – ячмень на яровой пшенице, высеваемой по пласту многолетних трав.

В начале 1-й ротации было проведено известкование по полной гидролитической кислотности. На его фоне изучали влияние различных доз подстилочного навоза КРС (0, 40, 60 и 80 т/га), который вносили после уборки однолетних трав на сено, и влияние ежегодного применения минеральных удобрений (0, РК, NPK, 2NPK), их сочетания на урожай полевых культур, изменение агрохимических свойств серой лесной почвы. В 4-й ротации исследования вели по последействию известкования, проведенного в 1-й ротации, и органических удобрений (4-я ротация).

Под яровую пшеницу после трав 2-го года пользования применяли следующие дозы минеральных удобрений: $P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{40}$ и $N_{80}P_{80}K_{80}$ (двойная доза).

В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, простой суперфосфат и хлористый калий. Фосфорно-калийные удобрения вносили осенью под основную обработку почвы, азотные – весной под предпосевную культивацию.

Агрохимические анализы почвы выполняли по методикам, изложенным в работе [4]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ STAT VIUA и EXCEL.

Результаты исследований и их обсуждение. Погодные условия вегетационных периодов 2019-2021 гг. сильно различались. В 2019 г. наблюдали более высокие средние температуры мая (на 3,8 °С) и июня (на 2,2 °С) по сравнению с многолетними данными, существенный дефицит влаги с начала мая до

середины июня. Они способствовали более интенсивному физико-химическому закреплению ППК фосфора и калия, повышению эффективности фосфорно-калийных удобрений. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову равнялся 1,33.

В 2020 году температура воздуха в июне, июле и августе была на 1,8, 1,7 и 0,7 °С более высокой по сравнению с многолетними данными. За май-август выпало близкое к многолетним данным количество осадков (274 мм). В течение вегетации яровой пшеницы они выпадали относительно регулярно. ГТК за вегетационный период был близок к предыдущему году (1,31).

В 2021 г. температура мая, июня, июля и августа была соответственно на 2,3, 4,0, 2,6 и 3,3 °С более высокой, чем по многолетним данным. С середины июня до конца 2-й декады июля (в течение 34 дней) не наблюдали выпадения эффективных осадков в критические фазы роста и развития яровой пшеницы. За вегетацию культуры ГТК составил 1,01.

Из данных таблицы 1 следует, что урожайность яровой пшеницы в 2019-2021 гг. изменялась в соответствии с погодными условиями.

В годы наблюдений последействие извести по сравнению с контролем не вело к росту урожайности яровой пшеницы.

Таблица 1 – Влияние удобрений на урожайность яровой пшеницы сорта Ладья и их окупаемость по годам

Вариант	Урожайность яровой пшеницы, ц/га			Окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений зерном, кг/кг д.в.		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
1. Контроль	35,4	31,6	23,7	–	–	–
2. Известь	36,3	31,2	24,1	–	–	–
3. $P_{40}K_{40}$	36,8	32,6	24,1	0,6	1,8	0
4. $N_{40}P_{40}K_{40}$	40,0	40,9	29,7	3,1	8,1	4,8
5. $N_{80}P_{80}K_{80}$	43,1	41,6	32,2	2,6	4,3	3,4
6. Навоз 40 т/га	37,6	36,9	24,6	–	–	–
7. Навоз 60 т/га	38,1	38,7	26,9	–	–	–
8. Навоз 80 т/га	40,4	37,8	26,3	–	–	–
9. Н40 + $P_{40}K_{40}$	42,3	38,1	25,3	7,5	8,6	1,5
10. Н40 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	42,5	42,4	27,9	5,2	9,3	3,2
11. Н40 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	42,7	42,6	28,7	2,7	4,8	1,9
12. Н60 + $P_{40}K_{40}$	41,9	39,6	26,2	7,0	10,5	2,6
13. Н60 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	42,6	43,3	28,7	5,2	10,1	3,8
14. Н60 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	44,8	44,5	28,1	3,5	5,5	1,7
15. Н80 + $P_{40}K_{40}$	39,4	38,8	26,3	3,9	9,5	2,8
16. Н80 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	43,6	42,1	28,2	5,2	9,1	3,4
17. Н80 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	44,8	43,9	28,3	3,5	5,3	1,8
$НСР_{05}$, ц /га з.е.	3,0	2,3	2,9			
Т, %	2,64	2,10	3,75			

При применении минеральных удобрений получена более высокая окупаемость внесения одинарной дозы NPK, по фону органических удобрений –

той же дозы NPK и в 2019-2020 гг. – $P_{40}K_{40}$. Но фосфорно-калийные удобрения в меньшей мере повышали урожайность яровой пшеницы.

При обработке урожайных данных по двухфакторному опыту на фоне известкования (4 градации фактора по навозу: 0, 40, 60 и 80 т/га; 4 градации по минеральным удобрениям: 0, РК, NPK и 2 NPK) в 2019 г. выявлено достоверное влияние на урожай яровой пшеницы РК, NPK (азотных) и последействия органических удобрений; в 2020 – NPK и органических удобрений; 2021 – NPK. Достоверный рост урожайности культуры от двойной дозы NPK по сравнению с одинарной дозой установлен лишь в 2019 году.

Так как определяющее влияние на продуктивность севооборотов оказывали органические удобрения и азот минеральных, а из агрохимических свойств – запасы $N\text{-}NO_3$, формирующиеся в ранний период вегетации культур [1], то в работе была изучена динамика запасов нитратного и аммонийного азота в слое почвы 0-40 см.

В 2020-2021 гг. максимальные запасы $N\text{-}NO_3$ формировались ко времени всходов яровой пшеницы. Они закономерно возрастали с повышением уровня интенсификации. К периоду колошения запасы $N\text{-}NO_3$ по сравнению со всходами снижались в несколько раз, особенно в 2020 году. Их снижение обусловлено интенсивным поглощением нитратного азота. По источнику [5] до колошения яровые зерновые поглощали из почвы около 70 % азота от выноса зерном и соломой.

В 2019 г. запасы $N\text{-}NO_3$ в слое почвы 0-40 см были близкими в 1-й и 2-й сроки наблюдений, а в вариантах без внесения азотных минеральных удобрений – во все сроки. К 3-му сроку происходило 2,0-2,5 кратное их снижение и в вариантах с применением аммиачной селитры. Особенностью этого года являлось формирование подгона в более поздние сроки вегетации культуры.

Запасы $N\text{-}NH_4$ в слое почвы 0-40 см в 2019 г. в 1-й и 2-й сроки наблюдений возрастали с повышением уровня применения удобрений от 31 до 104 кг/га, были близкими с соответствующих вариантах. В 2020 г. в 1-й срок они варьировали от 30 до 57 кг/га, во 2-й – 56 до 79 кг/га. В 2021 г. запасы $N\text{-}NH_4$ по 1-му и 2-му срокам наблюдения варьировали от 45,6 до 123 кг/га. В среднем по 17 вариантам в фазу колошения они были на 26 % более высокими, чем во время всходов пшеницы.

Результаты исследований показали, что во все годы наблюдений запасы $N\text{-}NO_3$ от всходов до колошения снижались, в удобренных NH_4NO_3 вариантах они были в несколько раз выше, чем запасы $N\text{-}NH_4$. Последние в периоды всходов и колошения оказывались близкими, или возрастали в колошение. Это указывает на слабую роль этой формы азота в непосредственном питании культуры.

Исследования показали, что между урожайностью яровой пшеницы и запасами $N\text{-}NO_3$ в слое почвы 0-40 см в 1-й срок наблюдений (для 2019 г. в среднем по 1-му и 2-му срокам) наблюдалась тесная степенная связь (коэффициент детерминации варьировал от 0,768 до 0,890).

Таблица 2 – Влияние удобрений на запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см по годам и срокам наблюдения, кг/га

Вариант	2019 год			2020 год		2021 год	
	1-й срок	2-й срок	3-й срок	1-й срок	2-й срок	1-й срок	2-й срок
1. Контроль	46,4	49,0	59,4	75,7	8,9	47,6	22,4
2. Известь	60,0	47,9	49,3	66,8	14,2	45,8	19,0
3. $P_{40}K_{40}$	54,1	46,8	53,6	74,4	16,6	54,3	20,2
4. $N_{40}P_{40}K_{40}$	152	165	79,1	129	30,3	137	42,2
5. $N_{80}P_{80}K_{80}$	175	184	102	199	29,6	248	123
6. Навоз 40 т/га	51,7	70,4	67,0	90,3	21,8	56,2	17,6
7. Навоз 60 т/га	53,8	71,7	65,1	113	19,7	66,9	18,9
8. Навоз 80 т/га	63,3	79,7	79,4	115	15,2	54,5	21,5
9. Н40 + $P_{40}K_{40}$	53,8	80,0	78,4	111	15,3	48,8	14,1
10. Н40 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	164	125	69,7	161	30,7	121	47,1
11. Н40 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	218	177	92,3	206	36,1	244	104
12. Н60 + $P_{40}K_{40}$	51,8	79,8	74,8	109	14,0	73,8	18,3
13. Н60 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	161	131	68,5	162	27,0	130	47,3
14. Н60 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	234	202	75,8	185	32,7	248	112
15. Н80 + $P_{40}K_{40}$	83,1	109	74,7	134	26,0	57,8	17,9
16. Н80 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	161	167	68,1	181	33,0	116	44,0
17. Н80 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	243	170	99,9	205	31,9	258	121
Средние	119	115	74,0	136	23,7	118	47,7

Примечание. 1-й срок – полные всходы; 2-й срок – колошение; 3-й срок – уборка.

Так как ионы NO_3^- отрицательно заряженным поглощающим комплексом почвы под действием электростатических сил не притягиваются, то практически полностью находятся в жидкой фазе почвы. Ионы же NH_4^+ сильно поглощаются ППК и в зависимости от его свойств переходят в жидкую фазу лишь частично. Поэтому было предложено оценивать участие этих форм азота в питании культур по отношению содержания $N\text{-}NO_3$ в почве к содержанию $N\text{-}NH_4$ в водной вытяжке 1:1. Содержание $N\text{-}NH_4$ в водной вытяжке (жидкой фазе) оценивали с помощью ионоселективного электрода на ионы NH_4^+. Данные по предложенному соотношению для ряда вариантов представлены в табл. 3.

Предложенное отношение изменялось от 9 до 268, было более высоким в слое 20-40 см. Величина отношения 9 свидетельствует о доли участия аммонийного азота в жидкой фазе почвы около 10% от суммы азота в ней {100 : (9 + 1) = 10}; вторая величина 268 – около 0,4% (100:269).

По средним величинам предложенного отношения по срокам наблюдения рассчитанная доля $N\text{-}NO_3$ от суммы $N\text{-}NH_4$ и $N\text{-}NO_3$ в жидкой фазе варьировала от 95,5 до 99,4 %. Относительно более высокая доля аммонийного азота в жидкой фазе в слое 20-40 см в 2021 г. во 2-й срок наблюдений связана с уменьшением запасов $N\text{-}NO_3$ в почве (в 2-3 раза, табл. 2) и ростом запасов $N\text{-}NH_4$ по сравнению с 1-м сроком (в 1,26 раз) в условиях жаркого лета.

Таблица 3 – Динамика отношения содержаний $N\text{-}NO_3$ и $N\text{-}NH_4$ в жидкой фазе серой лесной почвы в слоях 0-20 и 20-40 см в зависимости от уровня применения удобрений под яровую пшеницу

Вариант	Глубина слоя, см	2019 год		2020 год		2021 год	
		1-й срок	2-й срок	1-й срок	2-й срок	1-й срок	2-й срок
2. Известь (фон – Ф)	0-20	108	133	106	54	52	16
	20-40	152	103	132	113	40	12
6. Ф + Н60	0-20	67	108	171	20	70	15
	20-40	76	113	202	32	44	9,0
13. Ф + Н60 + $N_{40}P_{40}K_{40}$	0-20	103	167	155	68	88	27
	20-40	97	133	268	81	48	26
14. Ф + Н60 + $N_{80}P_{80}K_{80}$	0-20	65	87	92	24	41	33
	20-40	106	124	132	44	35	28
Среднее	–	97	121	157	54	52	21
Средняя доля $N\text{-}NO_3$ от суммы N в жидкой фазе, %	–	99,0	99,2	99,4	98,2	98,1	95,5

Примечание. Н60 – последействие дозы навоза 60 т/га.

По фону известкования (вар. 2, табл. 4) размеры выноса N зерном и соломой совпадали с величиной образования $N\text{-}NO_3$ до колошения в 2019-2021 гг., по последействию навоза КРС (вар. 6) – 2020-2021 гг., при внесении доз NPK (вар. 13 и 14) – в 2020 году. В 2020 г. установлено и наименьшее содер-

Таблица 4 – Динамика запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см под яровой пшеницей (6-я культура 7-польного севооборота) за 2019-2021 гг. в зависимости от уровня применения удобрений, кг/га

№ варианта	Всходы (1-й срок)	Колошение (2-й срок)	Δ (1-2 сроки)	*Вынос N пшеницей до колошения	Нитрификация от всходов до колошения	Нитрификация до колошения	Вынос N зерном и соломой
2019 год							
2	60,0	47,9	12,1	91,0	78,9	138,9	130
6	53,8	71,7	-17,9	98,7	116,6	170,4	142
13	161	131	30,0	117,6	87,6	228,6	168
14	234	202	32,0	124,6	92,6	286,6	178
2020 год							
2	66,8	14,2	52,6	51,9	–	66,8	74,1
6	113	19,7	93,3	70,7	–	113	91,3
13	162	27,0	135,0	86,8	–	142	124
14	185	32,7	152,3	101,5	–	145	145
2021 год							
2	45,8	19,0	26,8	43,9	17,1	62,9	62,7
6	66,9	18,9	48,0	54,9	6,9	73,8	70,3
13	130	47,3	82,7	62,8	–	110	89,7
14	248	112	136	65,0	–	208	92,9

Примечание. * – Вынос азота пшеницей до колошения рассчитан, исходя из 70 % выноса азота зерном и соломой.

жание сырого белка в зерне пшеницы [6]. В вар. 13 и 14 в 2019 и 2021 гг. размеры образования $N\text{-}NO_3$ были значительно более высокими, особенно при применении $N_{80}P_{80}K_{80}$, чем вынос N урожаем пшеницы, что обеспечило более высокое содержание сырого белка в их зерне.

Следовательно, на серых лесных почвах Владимирского ополья, характеризующихся высокой емкостью катионного обмена, аммонийный азот, образующийся в процессе трансформации почвенного азота и органических удобрений и внесенный с аммиачной селитрой, интенсивно поглощался ППК и постепенно трансформировался в нитратную форму. Скорость нитрификации возрастала с увеличением доли перехода $N\text{-}NH_4$ почвы в жидкую фазу. Непосредственное участие $N\text{-}NH_4$ в питании яровой пшеницы было невысоким.

Библиографический список

1. Окорков В. В., Фенова О. А., Окоркова Л. А. Серые лесные почвы Владимирского ополья и эффективность использования их ресурсного потенциала. Иваново: ПресСто, 2021. – 188 с.
2. Окорков В.В. Удобрения и плодородие серых лесных почв Владимирского ополья. Владимир: ВООО ВОИ, 2006. – 356 с.
3. Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фенова О.А. Удобрения и тренды в плодородии серых лесных почв Верхневолжья. ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» / Иваново, ПресСто, 2018. – 228 с.
4. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.: Под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
5. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Мир, 2003. – 584 с.
6. Окорков В.В., Окоркова Л.А. Удобрения и питание азотом яровой пшеницы на серых лесных почвах // Агрохимический вестник. – 2023. – № 1. – С.35-42.

УДК 631.445.41: 631.417.2 (470.620)

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Осипов А.В., Суминский И.И., Карамышева Е.А.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар
E-mail: *kubsoil@mail.ru*

Резюме. *Многолетние исследования показали, что при интенсификации агротехнологий, улучшаются агрофизические свойства почвы особенно при внесении высоких доз органических удобрений, интенсификация технологий выращивания люцерны способствует улучшению структурного состояния чернозема выщелоченного.*

Ключевые слова: *Западное Предкавказье, чернозем выщелоченный, агрофизические свойства, плодородие почвы.*

Summary. *Long-term studies have shown that with the intensification of agricultural technologies, the agrophysical properties of the soil improve, especially when applying high doses of organic fertilizers, the intensification of alfalfa cultivation technologies improves the structural condition of leached chernozem.*

Key words: *Western Caucasus, leached Chernozem, agrophysical properties, soil fertility.*

При длительном сельскохозяйственном использовании почв изменяются их водно-физические свойства и структурное состояние. Агрономическое значение структуры многопланово. От структурного состояния зависят водный, воздушный и тепловой режимы почвы, с которыми в свою очередь связаны окислительно-восстановительный, пищевой и микробиологический режимы. Структура оказывает влияние на физические и физико-механические свойства почвы – плотность сложения, пористость, коркообразование, связность и удельное сопротивление при ее обработке. Улучшение структурного состояния почвы тесно связано с физическими свойствами, к которым относится плотность, плотность твердой фазы и общая пористость [4, 5].

Плотность сложения почвы имеет важное агрономическое значение, поскольку оказывает большое влияние на условия жизни растений и почвенных организмов. Плотность почвы является вариабельным показателем, так как её величина зависит от климатических, биологических и антропогенных факторов [6].

Оптимальные показатели плотности основных типов почв для большинства сельскохозяйственных культур находятся в следующих интервалах: 1,1-1,3 г/см^3 для глинистых, средне- и тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу почв; 1,2-1,4 г/см^3 для легкосуглинистых; 1,3-1,5 г/см^3 для супесчаных и песчаных почв.

Проблема создания пахотного слоя, оптимального по плотности – одна из важнейших проблем современной физики почв и агротехники. Почва особенно подвержена уплотнению при повышенной влажности. Под влиянием многократных проходов техники наблюдается и переуплотнение подпахотного слоя. Таким образом, уплотнение как поверхностное, так и подпочвенное – весьма пагубное явление, неизменно сопровождающее интенсивное сельскохозяйственное производство [2].

Мониторинговые исследования, проведенные сотрудниками КубГАУ в длительных стационарах [1, 7], позволяют заключить, что на степень уплотнения активного корнеобитаемого слоя черноземов выщелоченных оказывает определенное влияние систем обработки почвы в севообороте, а так же нашими исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий, улучшаются агрофизические свойства почвы.

Исследования проводили на поле стационарного опыта учхоза «Кубань» г. Краснодара в неорошаемых условиях с различными градациями систем удобрений и защиты растений. Плотность сложения определяли на чернозёме выщелоченном под люцерной 3-го года вегетации (поле № 2). Объектом исследований являлся чернозём выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый, сформировавшийся на лессовидной легкой глине. На указанных в схеме делянках были пробурены скважины буром Неговелова, для определения плотности и влажности почвы до глубины 100 см, образцы почвы отбирались через каждые 20 см (0-20, 20-40 см и т. д.) и буром Розанова образцы почвы отбирались в делянках через каждые 30 см (0-30 и 30-60 см).

Сухое фракционирование по Саввинову было выполнено в данных слоях.

Результаты исследования влияния технологий выращивания люцерны 3-го года вегетации, на общие физические свойства чернозема выщелоченного свидетельствуют о положительной тенденции уменьшения величины плотности почвы по мере их интенсификации (табл. 1). В слое 0-20 см величина плот

Таблица 1 – Водно-физические свойства чернозема выщелоченного при возделывании люцерны (2022 г.)

Вариант опыта	Слой, см	Плотность, г/см^3		Полевая влаж-ность, %	Общие запасы влаги, мм	Пористость, %	
		сложения	твердой фазы			общая	аэрации
Люцерна 3-го года							
000	0-20	1,43	2,65	11,0	31,5	46,0	30,3
	20-40	1,47	2,66	12,6	37,0	44,7	26,2
	40-60	1,49	2,67	13,7	40,8	44,2	23,8
	60-80	1,34	2,67	14,5	38,9	49,8	30,4
	80-100	1,29	2,68	14,3	36,9	51,9	33,5
111	0-20	1,22	2,65	13,0	31,7	54,0	31,7
	20-40	1,47	2,66	12,5	36,7	44,7	26,3
	40-60	1,35	2,67	13,2	35,6	49,4	31,6
	60-80	1,25	2,67	14,0	35,0	53,2	35,7
	80-100	1,38	2,68	14,1	38,9	48,5	29,0
222	0-20	1,48	2,65	12,6	37,3	44,1	25,4
	20-40	1,41	2,66	13,3	37,5	47,0	28,2
	40-60	1,34	2,67	13,4	35,9	49,8	31,8
	60-80	1,31	2,67	13,2	34,6	50,9	33,6
	80-100	1,26	2,68	13,5	34,0	53,0	36,0
333	0-20	1,38	2,65	11,9	32,8	47,9	31,5
	20-40	1,40	2,66	13,1	36,7	47,4	29,1
	40-60	1,38	2,67	13,0	35,9	48,3	30,4
	60-80	1,32	2,67	13,0	34,3	50,6	33,0
	80-100	1,24	2,68	13,7	34,0	53,7	36,7

ности уменьшилась с 1,43 на контроле (000) до 1,38 г/см^3 на варианте с применением интенсивной технологии (333), а в слое 80-100см – с 1,29 до 1,24 г/см^3.

Кроме плотности почвы, к общим физическим свойствам почв относятся также плотность твердой фазы и пористость. По сравнению с другими физическими показателями, плотность твердой фазы почв варьирует в довольно узких пределах и в незначительной степени изменяется во времени. Результаты наших исследований подтвердили постоянство этого показателя во времени: в пахотном и ниже залегающем метровом слое чернозёма выщелоченного величина его составляла от 2,65 г/см^3 до 2,68 г/см^3.

Таким образом, интенсификация технологий выращивания люцерны способствует разуплотнению нижних слоев чернозема выщелоченного, а также увеличению общей пористости и пор занятых воздухом.

Изменение общих физических свойств почвы тесно связано с ее струк-

турным состоянием. Исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий количество ценных с точки зрения агрономии почвенных агрегатов увеличивалось в слое 30-60 см с 88,4 % до 91,3 % и с 68,8 % до 82,1 % верхних слоев почвы (табл. 2).

Подтверждением положительного влияния интенсификации технологий выращивания люцерны на структурный состав чернозёма выщелоченного является и величина коэффициента структурности, который показывает отношение агрономически ценных агрегатов к малоценным [2, 3].

Наши исследования позволили установить значительное увеличение этого показателя: его величина возросла по сравнению с контролем от 2,2 до 4,6 в верхних слоях и от 2,0 до 10,5 на глубине 30-60 см на варианте с применением интенсивной технологии выращивания люцерны.

Таблица 2 – Агрегатный состав чернозёма выщелоченного в агроэкологическом мониторинге на люцерне 3-го года (2022 г.)

Индекс технологии	Глубина, см	>10	10-5	5-3	3-1	10-0,25	<0,25	∑10-0,25	Кс
Люцерна 3-го года									
000	0-30	16,6	16,9	14,1	31,9	5,9	14,5	68,8	2,2
	30-60	29,0	17,0	13,6	28,3	7,6	4,6	66,5	2,0
111	0-30	20,2	20,4	15,0	29,4	4,1	10,8	68,9	2,2
	30-60	8,6	19,0	20,6	35,5	4,9	11,4	80,0	4,0
222	0-30	15,6	15,7	12,7	32,3	14,5	9,2	75,2	3,0
	30-60	2,7	11,0	14,5	49,5	13,4	8,8	88,4	7,7
333	0-30	9,4	16,8	15,3	32,6	17,4	8,5	82,1	4,6
	30-60	1,2	19,4	18,2	28,7	25,0	7,5	91,3	10,5

Таким образом, интенсификация технологий выращивания люцерны способствовала улучшению структурного состояния чернозема выщелоченного в погодных условиях 2022 года.

Библиографический список

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. / Кубанского ГАУ. – Краснодар: 2008. – Вып. 431 (459). – 352 с.
2. Власенко, В.П. Деградационные изменения физического состояния почв Азово-Кубанской равнины // В.П. Власенко, А.В. Осипов, Е.Д. Федащук // Тр. Кубанского ГАУ. – 2017. – № 69. – С. 118-123.
3. Подколзин, О.А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края // О.А. Подколзин, И.В. Соколова, А.В. Осипов, В.Н. Слюсарев // Тр. Кубанского ГАУ. – 2017. – № 68. – С. 117-124.
4. Слюсарев, В.Н. Почвы Краснодарского края: учебник / В.Н. Слюсарев, Т.В. Швец, А.В. Осипов. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 260 с.
5. Слюсарев, В.Н. Современное состояние почв Северо-Западного Кавказа // В.Н. Слюсарев, Л.М. Онищенко, А.В. Осипов // Тр. Кубанского ГАУ. – 2013. – № 42. – С. 99-103.
6. Фаизова, В.И. Изменение физико-химических показателей ченоземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании / В.И. Фаизова, В.С. Цховребов, А.М. Никифорова, Д.В. Калугин // Агрохимический вестник – 2017. – Т. 4 № 4. – С. 17-19.

7. Швец, Т. В. Плодородие почв Низменно-Западинного агроландшафта Азово-Кубанской низменности при возделывании сельскохозяйственных культур / Т. В. Швец. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2009.

УДК 1.631.86:631.445.4:631.46

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕГУМИФИЦИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ ПОД ВЛИЯНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ

Панкова Т.И.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *pankova-ti@mail.ru*

Резюме. *Изучено изменение содержания негумифицированного органического вещества в черноземе типичном под влиянием биопрепаратов под различными культурами в звеньях зернового и зернопропашного севооборотов. Установлено наибольшее содержание негумифицированного органического вещества и максимальное его снижение на вариантах с совместным применением азотных удобрений и биопрепаратов.*
Ключевые слова: *чернозем типичный, негумифицированное органическое вещество, биопрепараты.*
Summary. *The changes in the content of non-humified organic matter in typical chernozem under the influence of biological preparations under different crops in the links of grain and grain-row crop rotations were studied. The highest content of non-humified organic matter and its maximum reduction in the variants with the joint use of nitrogen fertilizers and biological preparations was established.*
Key words: *typical chernozem, non-humified organic matter, biopreparations.*

Интенсивное использование черноземов с применением различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур приводит к значительному извлечению из почвы питательных веществ, к снижению содержания в почве гумуса и ухудшению его качества.

Органическое вещество в почве содержится в виде гумуса, лабильных гумусовых веществ и негумифицированных органических остатков. В агроценозах негумифицированное органическое вещество (НОВ) представлено отмершими, но неразложившимися корнями, пожнивными остатками и органическими удобрениями, запахиваемыми в почву. Они содержат большое количество легкоразлагающихся органических веществ, используемых многими видами микроорганизмов. Сельскохозяйственные культуры оставляют после себя в почве неодинаковое количество растительных остатков различного качества и поэтому оказывают влияние на содержание НОВ.

Негумифицированное органическое вещество является одним из средств регулирования плодородия почвы, т.к. выполняет в почве защитную функцию, оберегая от разложения и минерализации гумусовые вещества, являясь источником питательных веществ для живых организмов почвы, а также гумусовоспроизводительную функцию, участвуя в почве в процессах гумификации [1, 2, 3]. Содержание НОВ в почве постоянно меняется: оно ежегодно накапливается за счет запахиваемой пожнивно-корневой массы и разлагается

микроорганизмами.

Внесение в почву растительных остатков способствует увеличению содержания в почве негумифицированного органического вещества, а применение биопрепаратов – активизации процессов их разложения и гумификации. Поэтому проявляемый в настоящее время интерес к использованию приемов биологизации земледелия с использованием микробиологичеких препаратов является своевременным [4].

Целью проводимых исследований являлось изучение изменения содержания негумифицированного органического вещества в черноземе типичном под влиянием биопрепаратов под различными культурами.

Изучение влияния биопрепаратов на содержание НОВ (побочной продукции и пожнивно-корневых остатков) проводили в 2020 г в черноземе типичном слабоэродированном тяжелосуглинистом в стационарном полевом опыте Курского ФАНЦ (Курская обл., Медвенский р-он, с. Панино) на двух полях с зерновым и зернопропашным севооборотами. Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками [4] в трехкратной повторности на каждом из двух полей. Схема опыта включала следующие варианты:

1. контроль – измельченная побочная продукция;

2. измельченная побочная продукция + N10 кг д.в. на 1 т продукции;

3. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га +Имуназот 3 л/га);

4. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) + N10 кг д.в. на 1 т продукции.

В качестве удобрений использовали аммиачную селитру, в качестве биопрепаратов – грибофит и имуназот. Грибофит – это биологический препарат, содержащий споры и мицелий гриба Trichoderma, а также биологически активные вещества, продуцируемые грибом (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны). Данный препарат является экологически безопасным биофунгицидом и ростостимулятором. Имуназот – биологический препарат, содержит ризосферные бактерии Pseudomonas, является фосфатмобилизатором контактного и системного действия, а также биофунгицидом, ростостимулятором [5].

Содержание НОВ изучали в вариантах зернового севооборота (культура – кормовые бобы сорта Стрелецкие, предшественник – гречиха сорта Деметра) и зернопропашного севооборота (культура – соя сорта Казачка, предшественник – яровой ячмень сорта Суздалец).

После уборки культур побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения, заделывая в почву. Содержание в почве НОВ (соломы зерновых или стеблей подсолнечника и пожнивно-корневых остатков) определяли буровым методом в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см с последующим отмыванием на ситах [4]. Определение производили на каждой делянке опыта в 2 срока: после уборки урожая сельскохозяйственной культуры и внесения в почву 2 т/га побочной продукции, а также после их разложения через 50 дней. Экспериментальные данные обрабатывали ме-

тодами математической статистики [5] с использованием программных средств Microsoft office EXCEL, STATISTIKA.

Общеизвестно, что развитие микроорганизмов зависит от агрометеорологических условий в период вегетации культур. В исследуемый период весна была холоднее обычного. Среднемесячная температура в апреле и мае отклонялась от нормы от –0,6 до –2,6 °С. Сумма осадков в апреле составила 59 %, в мае – 183 % от нормы. Температура июня, августа и сентября соответствовала среднемноголетней. Осадков в июне и июле было больше обычного. В августе осадков выпало 20 % от нормы [6].

Полученные нами данные показали, что в звене зернового севооборота содержание в почве НОВ на момент заделки растительных остатков кормовых бобов было наибольшим на варианте с совместным внесением азотных удобрений и биопрепаратов – 7,91 т/га, что в 2,14 раза больше, чем на контрольном варианте, в 1,6 раза больше, чем на варианте с внесением только азотных удобрений и в 1,3 раза больше, чем на варианте с биопрепаратами.

Содержание НОВ в почве на контроле было минимальным – 3,71 т/га. Уменьшение содержания НОВ на этом варианте также было наименьшим, снижение произошло на 15,87 %.

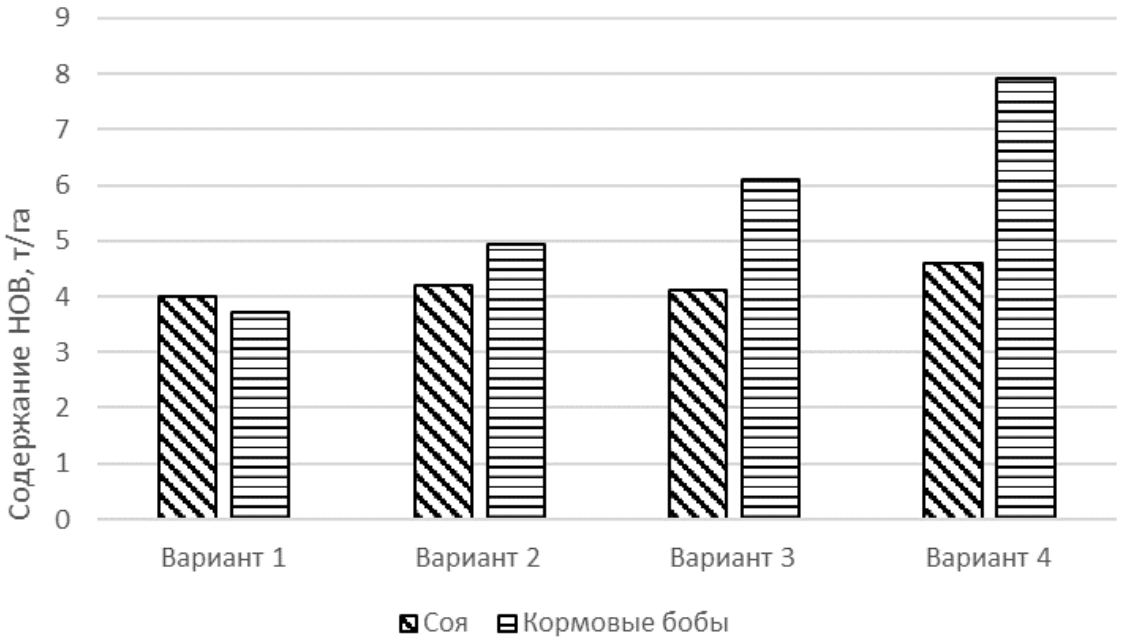


Рисунок 1 – Содержание негумифицированного органического вещества в черноземе типичном (слой 0-20 см)

Внесение в почву азотных удобрений и биопрепаратов увеличивает интенсивность разложения растительных остатков и приводит к снижению содержания НОВ. Так, через 50 дней содержание НОВ в варианте с азотными удобрениями уменьшилось на 26,65 %, в варианте с биопрепаратами – на 38,87 %. А совместное использование азотных удобрений и биопрепаратов уменьшило содержание НОВ на 83,96 %.

В звене зернопропашного севооборота на момент заделки побочной рас-

тительной продукции сои максимальное содержание НОВ (4,6 т/га) было в почве варианта, на котором было проведено совместное внесение азотных удобрений и биопрепаратов, что на 9,7-14,74 % больше, чем на других вариантах.

Через 50 дней экспозиции уменьшение содержания НОВ было максимальным (в 2,48 раза) на варианте с совместным внесением азотных удобрений и биопрепаратов; содержание НОВ составило 1,85 т/га.

На варианте с применением биопрепаратов уменьшение содержания НОВ было несколько меньше (в 2,2 раза). На контроле и на варианте с азотными удобрениями уменьшение содержания НОВ было еще меньше. Снижение содержания НОВ произошло в 1,52-1,75 раза и оставило 2,63 и 2,40 т/га.

Таким образом, изучено изменение содержания негумифицированного органического вещества в черноземе типичном под влиянием биопрепаратов под различными культурами в звеньях зернового и зернопропашного севооборотов.

Внесение в почву азотных удобрений и биопрепаратов увеличивает интенсивность разложения растительных остатков и приводит к значительному снижению содержания НОВ по сравнению с другими вариантами.

Установлено, что наибольшее содержание негумифицированного органического вещества было на вариантах с совместным применением азотных удобрений и биопрепаратов. Уменьшение содержания НОВ было максимальным опять же на этих вариантах. Наименьшее содержание негумифицированного органического вещества и минимальное его снижение отмечено на контрольном варианте.

Проведение дальнейших исследований по изучению влияния биопрепаратов на содержание негумифицированного органического вещества в почве необходимо для регулирования и оптимизации плодородия черноземов.

Библиографический список

1. Масютенко Н.П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства / Н.П. Масютенко – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 150 с.
2. Богатырева Е.В. Влияние биопрепаратов на темпы разложения соломистых остатков озимой пшеницы и продуктивность чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Земледелие. – 2015. – № 8. С. 34-36.
3. Русакова И. В. Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-1. – С. 107-111.
4. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
5. Масютенко Н.П., Панкова Т.И., Кузнецов А.В., Масютенко М.Н., Брескина Г.М., Чуян Н.А. Влияние биопрепаратов на разложение растительных остатков сельскохозяйственных культур в черноземе типичном. Юг России: экология, развитие. – 2021. –№ 16(2). – С. 108-118.
6. Брескина Г.М., Чуян Н.А., Панкова Т.И. Действие биопрепаратов на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 27-30.

УДК 631.41:631.445.4

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ В РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ АГРОЛАНДШАФТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ

Панкова Ю.В.[1], Лозинская Е.Ф.[1], Панкова Т.И.[2]
[1]ФГБОУ ВО Курский государственный университет, г. Курск
[2]ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: [1]*juylijapank@gmail.com*, [2]*pankova-ti@mail.ru*

Резюме. *Изучено содержание подвижного фосфора в черноземе типичном в различных компонентах агроландшафта в зависимости от степени антропогенной нагрузки и местоположения в рельефе. Отмечено наименьшее его содержание в почве южной экспозиции и наибольшее в почве под лесополосами вне зависимости от местоположения в рельефе.*
Ключевые слова: *чернозем типичный, подвижный фосфор, агроландшафт, лесополоса, пашня, залежь, экспозиция, водораздел.*
Summary. *The content of mobile phosphorus in typical chernozem in different components of the agricultural landscape depending on the degree of anthropogenic load and location in the terrain was studied. Its content was the lowest in the soil of the southern exposure and the highest in the soil under the forest belts regardless of the location in the terrain.*
Key words: *typical chernozem, mobile phosphorus, agricultural landscape, forest belt, arable land, fallow land, exposure, watershed.*

Существенное снижение потенциального и эффективного плодородия черноземов в результате сельскохозяйственного использования и под влиянием эрозионных процессов требует управления его воспроизводством для повышения продуктивности земледелия. Исследование почв различных компонентов агроландшафта необходимо для управления их функционированием и имеет большое практическое значение для экологической оптимизации земледелия с учетом особенностей варьирования свойств почвы, обеспечивающих ее плодородие. Особое внимание необходимо обратить на изменение свойств почвы различных компонентов агроландшафта, расположенных на различных склонах.

Важным фактором оценки агроэкологического состояния почвы сельскохозяйственной территории является содержание питательных элементов, т.к. они во многом определяют агроэкологические условия произрастания растений.

В условиях Курской области после органического вещества и азота наиболее дефицитным элементом питания является фосфор. Когда органическое вещество исчерпывается после интенсивной обработки почвы, эрозии, а также с выносом урожая – фосфорный дефицит становится актуальной проблемой [1, 2].

Целью исследования являлось изучение изменения содержания подвижного фосфора в черноземе типичном в различных компонентах агроландшафта в зависимости от местоположения в рельефе.

Исследования проводили на полигоне опытного поля ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курская область), содержащем различные компоненты агроландшафта (пашня, луг, лесополоса, залежь) на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиции. Объектами исследований были черноземы типичные среднесуглинистые разной степени смытости. Лесные полосы состоят из смеси евроамериканских гибридов тополя – «Рабуста-236» и «Заря». Залежь расположена ниже водорегулирующей лесополосы на склоне северной экспозиции, не пашется с 1983 года. Луг находится в верхней части балки на южной экспозиции. Растительность залежи и луга – разнотравно-злаковая.

Образцы почвы отбирали почвенным буром в слое 0-20 см. Определение содержания в почве подвижных фосфатов проводили по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ26204-91).

Согласно литературным данным, содержание подвижного фосфора в почвах Каменной Степи под лесными полосами по сравнению с залежными почвами (56 мг/кг) повышено до 67-93 мг/кг в слое 0-10 см [3]. С увеличением возраста залежи количество фосфора увеличивается, но все же его меньше, чем на целине и пашне (где вносились удобрения). Количество подвижного фосфора (по Чирикову) в черноземе типичном на некосимой 20-летней залежи Центрально-Черноземного заповедника в слое 0-30 см было 31,2 мг/кг; на 15-летней залежи – 33,4 мг/кг почвы [4], в черноземе обыкновенном Каменной Степи на залежи косимой в слое 0-10 см – 56 мг/кг, 20-30 см – 56 мг/кг сухой почвы по Чирикову [3].

Нами было проведено определение содержания подвижного фосфора в черноземе типичном различных компонентов агроландшафта, отличающихся по степени антропогенной нагрузки и по местоположению в рельефе.

Согласно нашим экспериментальным данным (рис.1), в почве южной экспозиции содержание подвижного фосфора наименьшее по сравнению с почвой водораздельного плато и северной экспозиции. Так, его содержание в слое 0-20 см изменяется от 41,2 мг/кг на пашне до 110,2 мг/кг в почве под лесополосой. Невысокие значения этого показателя плодородия можно объяснить высоким содержанием обменных оснований в почве южной экспозиции, которые переводят фосфор в нерастворимую форму.

В почве водораздельного плато и северной экспозиции содержание подвижного фосфора выше. Так, на водоразделе под лесополосой содержание в почве подвижного фосфора наибольшее и составляет 157,2 мг/кг, что на 15,27 % больше, чем в почве рядом расположенной пашни.

На склоне северной экспозиции наибольшее содержание подвижного фосфора отмечено также в почве лесополосы – 166,2 мг/кг, что на 45,72 % больше, чем в почве залежи на этой экспозиции и на 32,49 % больше, чем в почве пашни (рис. 1).

Почвы однородных компонентов агроландшафта, расположенных на разных склонах, отличаются по содержанию подвижного фосфора. Так, в почве пашни наибольшее содержание этого питательного элемента отмечено

на водораздельном плато и составляет 133,2 мг/кг, что в 3,23 раза больше, чем в почве пашни южной экспозиции и в 1,19 раза больше, чем на северной экспозиции.

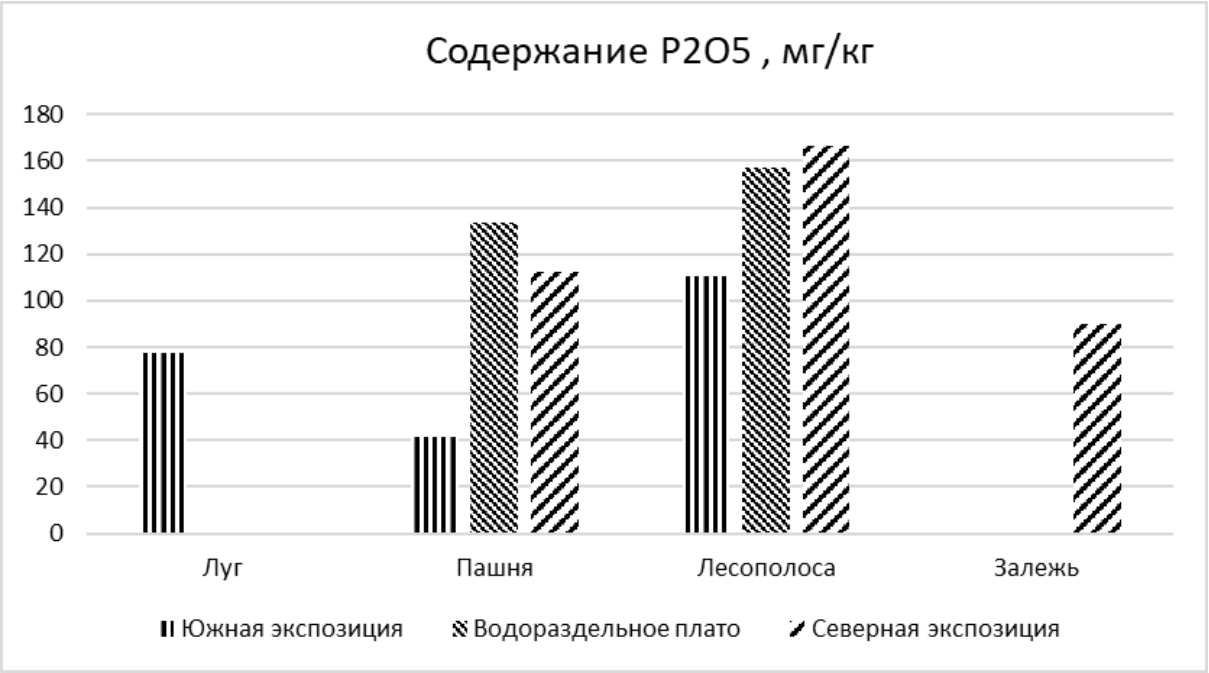


Рисунок 1 – Содержание подвижного фосфора в почве различных компонентов агроландшафта в зависимости от местоположения в рельефе (слой 0-20)

В лесополосе северной экспозиции отмечено набольшее содержание подвижного фосфора (166,2 мг/кг), что на 5,42 % больше, чем в почве лесополосы водораздельного плато (157,2 мг/кг) и на 33,6 % больше, чем в почве лесополосы южной экспозиции (110,2 мг/кг).

Таким образом, содержание подвижного фосфора в почве значительно изменяется в зависимости от вида антропогенной нагрузки на почву и местоположения сельскохозяйственного угодья в рельефе. Дальнейшее изучение изменения содержания показателей плодородия в агроландшафте может являться основой для прогнозирования продуктивности земледелия.

Библиографический список

1. Теучеж А.А. Влияние почвенного профиля на распределение подвижного фосфора в черноземе обыкновенном / А.А. Теучеж // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 72-79.
2. Теучеж А. А. Изучение роли подвижного фосфора в системе почва -удобрения – урожай // Научный журнал КубГАУ, 2017. – № 127(03). – С 1-13.
3. Адерихин П.Г., Богатырева З.С., Петров Н.П. Изменение генетико-морфологических признаков и некоторых химических свойств почв под влиянием полезащитных лесных полос в Каменной степи // Сб. науч. работ Ин-та сельского хозяйства ЦЧП им. В.В. Докучаева (Каменная Степь). – 1975. – Вып. 1. – Т. 8. – С. 148-171.
4. Герцык В.В Изучение физико-химических свойств разновозрастных пашен и залежей // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника им. В.В. Алехина. – М.: Лесная промышленность, 1965. – Вып. 9. – С. 186-201.

УДК 631. 459

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕВООБОРОТОВ

Подлесных И.В.
ФГБНУ Курский Федеральный аграрный научный центр, Курск
E-mail: *podlesnich_igor@rambler.ru*

***Резюме**: Моделирование в геоинформационной системе позволяет определить противоэрозионную роль севооборота с различным набором культур, спрогнозировать его противоэрозионный эффект. Рассматриваемые севообороты не способны сократить смыв почвы до рекомендуемых показателей, и борьба с эрозией требует широкого круга мероприятий.*
***Ключевые слова**: почва, эрозия, геоинформационные системы (гис), севооборот, моделирование.*
***Summary.** Modeling in the geoinformation system makes it possible to determine the anti-erosion role of crop rotation with a different set of crops, to predict its anti-erosion effect. The crop rotations under consideration are not able to reduce soil flushing to the recommended indicators and erosion control requires a wide range of measures.*
***Key words:** soil erosion, geoinformation systems (gis), crop rotation, modeling.*

Центрально-Черноземный регион (ЦЧР) – это один из важных аграрных районов нашей страны с интенсивно развивающимся земледелием и животноводством. В Черноземье возделывается широкий ряд сельскохозяйственных культур, как технического направления, так и продовольственного. Серьезной угрозой для пахотных почв ЦЧР, как и всей Российской Федерации выступает деградация земельных ресурсов.

Так, по разным данным, [1] от 26 % до [2] 58 % сельскохозяйственных угодий страны подвержены эрозионным процессам. Проявление деградационных процессов в Центральном Черноземье обусловлено тем, что для большей части территории характерен склоновый рельеф [3], крутизной более 3°.

В современных условиях подход сельхозтоваропроизводителя сводится к тому, что все пахотные земли в хозяйствах разной формы собственности, должны по максимуму использоваться для получения прибыли. Поэтому, зачастую в оборот вводятся земли потенциально эрозионноопасные. Согласно данным некоторых ученых [4], площади эродированных сельскохозяйственных угодий в ЦЧР составляют 28,1 %, из которых на долю пашни приходится 23,8 %, то есть почти четвертая часть от площади всей пашни. Наибольшие площади такой пашни, 48 % размещены в Белгородской, 30,5 % в Курской и 22,1 % в Воронежской областях от общей площади пахотных почв. И на этих землях ведется активное землепользование. Все это приводит к тому, что ежегодно площади эродированных сельскохозяйственных земель возрастают.

Как правило, применять противоэрозионные мероприятия, такие как: организация лесополос, гидротехнические сооружения или использование почвозащитных агроприёмов, аграрии не спешат, так как они слишком финансово затратные. В сложившихся условиях наиболее востребованным мероприятием по

борьбе с проявлением водной эрозии почв на сельскохозяйственных территориях может быть организация научно-обоснованных севооборотов, которые за счет правильной их организации и чередования культур могут снизить объемы стока вод и смыва почв до разумных, научно-обоснованных показателей.

В сегодняшних условиях широкого распространения информационных технологий, в решении проблемы разработки научно обоснованного почвозащитного севооборота на склоновых землях, может помочь программа QGIS. Этот программный продукт позволяет спроектировать севооборот с необходимым перечнем культур, спрогнозировать и визуализировать среднемноголетний смыв с территории поля при реализации предлагаемого севооборота. Учитывая то, что QGIS – свободная кроссплатформенная геоинформационная система, служащая для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственной информации находится в открытом доступе, это не потребует больших материальных затрат от современного пользователя или есть возможность обратиться за помощью в наш центр.

Метод моделирования в ГИС позволяет определить влияние каждой из культур в севообороте в условиях рельефа и почвенного покрова участка. Проектирование с целью подбора наиболее подходящих сельскохозяйственных культур с точки зрения их противоэрозионной эффекта, и определения противоэрозионной роли, сложившегося севооборота, в зависимости от специализации сельскохозяйственного предприятия.

Перед началом проектирования севооборотных массивов необходимо определить категории земель для возможности реализации различных типов севооборотов с позиции их противоэрозионной эффективности. Для этого строится цифровая модель рельефа, на основе которой, выделяются категории земель по значениям уклонов склонов в градусах, отображенные в растре, построенном в ГИС. На всех землях с уклоном более 5° организуется почвозащитный севооборот с постоянным залужением многолетними травами.

Для оценки противоэрозионной роли севооборота необходимо рассчитать в среде ГИС среднемноголетний смыв почв, учитывая почвозащитные коэффициенты для культур в севооборотах, агроприемов при возделывании культуры, агрофона в вегетационный период, экспозиции склона, типа почв и степени их эродированности и других показателей, указанных в уравнении [5].

Расчет среднемноголетнего смыва почв во время снеготаяния производится по уравнению:

$$M_т = P \times M_{ср.} \times L \times \sin\alpha \times \pi \times S \times \lambda \times K_э \times K_п ,$$

а в результате ливневой (дождевой) эрозии рассчитывали по формуле:

$$M_л = P \times i \times L \times \sin\alpha \times \pi \times S \times \lambda \times A \times K_п,$$ где

$M_т$ – смыв почвы во время снеготаяния, т/га;
$M_л$ – смыв почв в результате ливневой (дождевой) эрозии, т/га;
P – коэффициент, зависящий от степени увлажнения территории (для лесостепной зоны, в пределах которой расположен опыт, P = 0,115);
$M_{ср}$ – зональный среднемноголетний вынос почвы с зяби или уплотненной пашни, т/га (на территорию опыта составляет 5 т/га для уплотненной пашни и 7 т/га для зяби);

L – расстояние от водораздела до створа, для которого определяется смыв почвы, м;
a – уклон склона в градусах на расстоянии L, м от водораздела;
π – коэффициент, учитывающий влияние на смыв профиля склона;
S – показатель, характеризующий влияние типа (подтипа) почвы на эрозию;
λ – коэффициент, отражающий влияние на эрозионные процессы степени эродированности пашни;
$K_э$ – коэффициент, показывающий воздействие на смыв экспозиции склона;
$K_п$ – коэффициент влияния на смыв почвы агротехнических, лесо- и гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий;
i – 30-минутная интенсивность ливней (дождей) 50%-ной обеспеченности, мм/мин (для района территории водосборов имеет значение 0,46 мм/мин);
A – параметр, зависящий от вида агрофона в вегетационный период.

Далее путем суммирования получается информация о среднемноголетнем смыве почвы. Если эти показатели не превышают рекомендованные величин, то изменять наполнение севооборота не следует, а если превышение существенно, то необходимо вносить коррективы.

В качестве примера влияния различных севооборотов на смыв почвы можно предложить приведенные в таблице 1 культуры и пары севооборота, а объектом для проектирования смыва почвы при реализации предлагаемых севооборотов – контрольный водосбор без противоэрозионного комплекса на опыте по контурно-мелиоративному земледелию.

Таблица 1 – Примеры севооборотов и средневзвешенный среднемноголетний суммарный смыв почвы формируемый ими

Тип севооборота	Культуры и пары севооборота	Среднемноголетний суммарный смыв, т/га
Полевой	**Первый севооборот (зернопаропропашной)** 1.чистый пар; 2. озимая пшеница; 3. сахарная свекла; 4. ячмень; 5. горох; 6. озимая пшеница; 7. кукуруза (на зерно и силос); 8.яровые зерновые; 9. подсолнечник.	1,21
	Второй севооборот (зернопропашной) 1. горох+овес на зеленый корм с подсевом эспарцета; 2. эспарцет; 3. озимая пшеница; 4. свекла; 5. кукуруза на силос; 6. однолетние травы на зеленый корм; 7. озимая пшеница; 8. кукуруза.	1,19
	Третий севооборот (зернопаропропашной) 1. пар чистый; 2. озимая пшеница; 3. ячмень; 4. горох; 5. озимая пшеница; 6. кукуруза на зерно; 7. ячмень или овес; 8. люцерна.	1,09
Почвозащитный	**Четвертый севооборот (травянозерновой)** 1, 2. многолетние травы; 3. озимые культуры; 4. яровые культуры с подсевом многолетних трав.	0,74
Кормовой	**Пятый севооборот (травянозернопропашной)** 1. горох+овес (вика+овес) с подсевом многолетних трав; 2.-5. многолетние травы; 6.озимые на зеленый корм; 7. кукуруза на силос.	0,62

На рисунке 1 представлена цифровая модель рельефа, которая лежит в основе расчетов суммарного смыва почвы при реализации предлагаемых в таблице севооборотов.

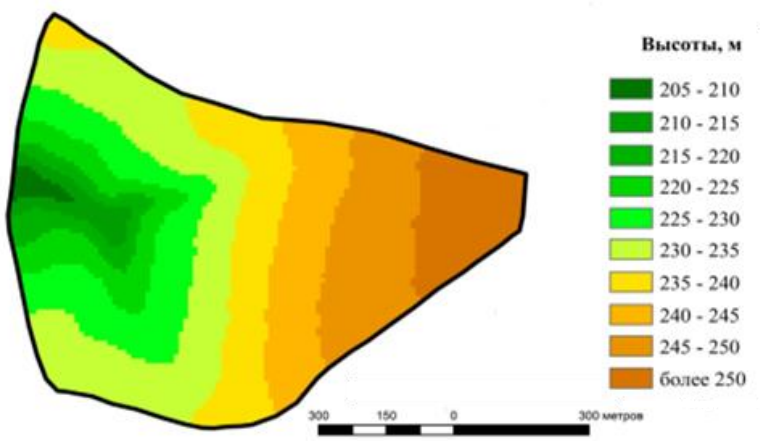


Рисунок 1 – ЦМР территории опыта КМЗ

На рисунках 2-6 построены модели рассматриваемых смывов почв в изучаемых севооборотах.

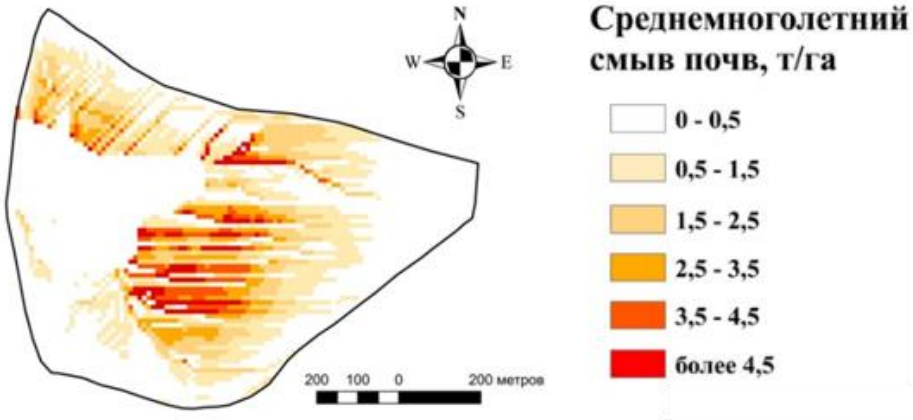


Рисунок 2 – Суммарный смыв почвы при реализации 9-польного полевого севооборота

На рисунках 3 и 4 изображен смоделированный суммарный смыв почвы при реализации полевых севооборотов 2 и 3 из таблицы 1 на рассматриваемом объекте опыта КМЗ.

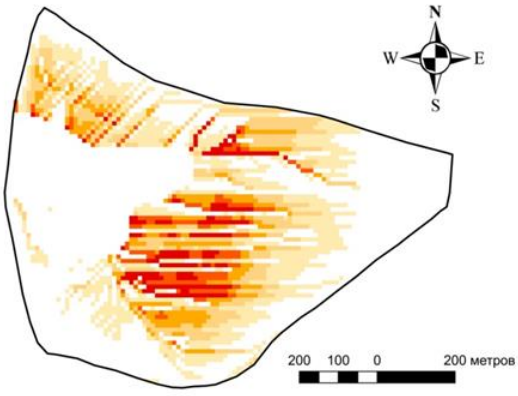


Рисунок 3 – Суммарный смыв почвы при реализации полевого севооборота № 2

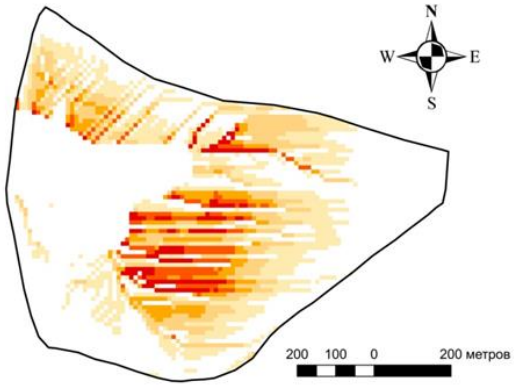


Рисунок 4 – Суммарный смыв почвы при реализации полевого севооборота № 3

На рисунках 5 и 6 изображен смоделированный суммарный смыв почвы при реализации почвозащитного и кормового севооборотов на том же объекте.

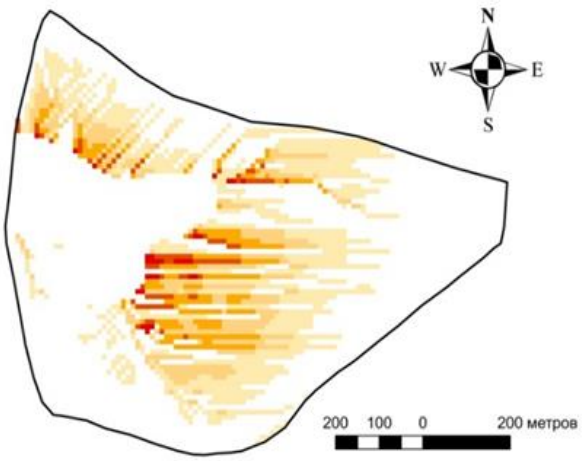


Рисунок 5 – Суммарный смыв почвы при реализации почвозащитного севооборота

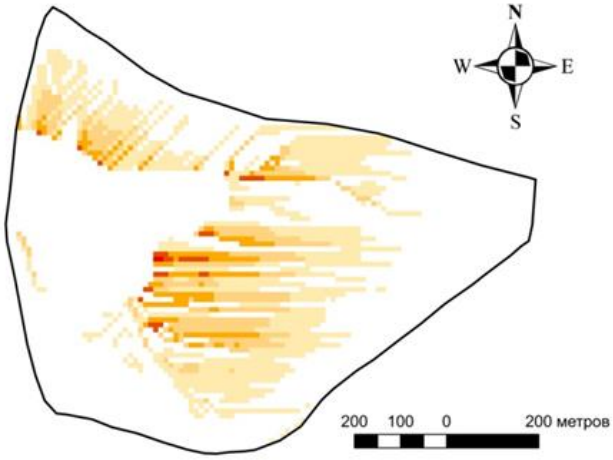


Рисунок 6 – Суммарный смыв почвы при реализации почвозащитного севооборота

Согласно данных таблицы 1 и рисунков 2-6 наибольшие показатели суммарного смыва наблюдаются при реализации полевых севооборотов с включением пара и пропашных культур, а наименьшие показатели при организации кормового и почвозащитного севооборотов. Хотя прогнозируемые суммарные показатели потери почвы не катастрофические, но для подверженных эрозии почв, расположенных на склонах, по мнению М.Н. Заславского, они должны составлять не более [6] – 0,5 т/га. В нашем случае полученные результаты выше, поэтому за счет рассматриваемых севооборотов решить проблему эрозии пашни и потери почвы невозможно, и стоит использовать для этого и другие дополнительные мероприятия, такие как: противоэрозионные агроприемы, полосное земледелие, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Библиографический список

1. Гаева Э.А. Экологическая оценка севооборотов с короткой ротацией на эрозионно-опасных склонах Ростовской области // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2017. – Т.13. – № 4. – С. 91-95.
2. Балакай Г.Т., Балакай Н.И., Бабичев А. Н., Воеводина Л.А., Юрина Л.И. Методические указания по определению опасного уровня водной и ветровой эрозии. – Новочеркасск. ФГБНУ «РосНИИПМ», 2015. – 23 с.
3. Лукин С.В. Динамика показателей агрохимического плодородия пахотных почв юго-западного региона Центрально-Черноземной зоны России. Евразийская почва 50, 1323-1331 (2017). https://doi.org/10.1134/S1064229317110096.
4. Karabutov A.P., Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D. BIOLOGIZATION – STRATEGIC BASIS OF THE AGRICULTURE IN THE CENTRAL BLACK SOIL REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION // EurAsian Journal of BioSciences. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 1427-1432.
5. Подлесных И. В., Соловьева Ю. А. Новый подход в методологии формирования

структуры севооборотов с учетом противоэрозионной роли сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 11. – С. 21-25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11103.
6. Заславский М.Н. О допустимых нормах эрозии и задачах повышения плодородия почв // Актуальные вопросы эрозиоведения. – М.: Колос, 1984. – С. 118-137.

УДК 630*176.322.6

ВЛИЯНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ БАЙРАЧНЫХ ДУБРАВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ НА ИХ САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ И УГЛЕРОДОПРОДУЦИРУЮЩУЮ ФУНКЦИЮ

Проценко Е.П[1]., Большакова О. А[1]., Терехов В.И.[2], Неведров Н.П.[1], Булыгин А.С.[1]
[1]ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет», Курск
[2]Министерство природных ресурсов Курской области, отдел по Щигровскому лесничеству
E-mail: [1]*kaf-ecolbiol@yandex.ru,* [2]*leshoz2008@yandex.ru*

Резюме. *В статье рассмотрено состояние углеродопродуцирующей функции байрачных дубрав, отмечается, что замена порослевых байрачных дубрав семенными оправдывает себя не только с точки зрения повышения их продуктивности, улучшения товарной структуры и санитарного состояния, но и позволяет более эффективно использовать экологические функции байрачных лесов, в том числе депонирование углерода и выделение кислорода. В Курской области замена порослевых дубрав семенными позволит улучшить баланс углекислого газа в 1,5 раза и выделение кислорода в 1,8 раза.*
Ключевые слова: *углеродопродуцирующая функция; байрачные дубравы, лесоресурсный потенциал, лесовосстановление.*
Summary. *The article examines the state of the carbon-producing function of bayrachny oak forests, it is noted that the replacement of overgrown bayrachny oak forests with seed justifies itself not only in terms of increasing their productivity, improving the commodity structure and sanitary condition, but also allows for more efficient use of the ecological functions of bayrachny forests, including carbon deposition and oxygen release. In the Kursk region, the replacement of overgrown oak forests with seed will improve the balance of carbon dioxide by 1.5 times and the release of oxygen by 1.8 times.*
Key words: *carbon-producing function; bayrachny oak forests, forest resource potential, reforestation.*

Естественное циклическое изменение климата обусловливают возможность глобального потепления [1]. В этой связи актуальной проблемой является стабилизация газового состава атмосферы. Одним из способов решения этой задачи является мобилизация углерододепонирующей функции лесных биогеоценозов, в том числе байрачных дубрав Курской области. Эффективность углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций древостоев находится в прямой зависимости от их фитомассы [2]. Исследованиями установлено, что интенсивный прирост отмечается в молодняках (с момента их смыкания) и средневозрастных дубравах. Именно на эти возрастные группы приходится максимальное поглощение углерода за вегетационный период. Дуб является основной лесообразующей породой, включающей раннюю и позднюю феноформу. Леса Курской области относятся к защитным лесам и

имеют большое защитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое, и средообразующее значение.

Значительные территории в Курской области приходятся на байрачные дубравы на склонах различной крутизны [1]. Как известно рельеф и экспозиция склонов оказывает огромное влияние на продуктивность и свойства почв, а, следовательно, и лесных сообществ [3, 4, 5]. В задачу наших исследований входила оценка продуктивности и санитарного состояния байрачных дубрав в зависимости от их происхождения – порослевого или семенного, с чем во многом связаны их биоценотические показатели. К таким показателям относятся продуктивность, санитарное состояние, углерододепонирующая функция. Дубравы Курской области в настоящее время повреждены такими заболеваниями как стволовые гнили, некрозно-раковые заболевания ветвей и стволов, сосудистый микоз, поперечный рак дуба, опенок осенний. Гнили чаще всего вызываются дереворазрушающими грибами, которые разрушают древесину и приводят к потере её технических качеств. В последние десятилетия дубравы оказались в длительной депрессии. В отдельных районах области происходит интенсивное усыхание дуба. Восстановление дубрав затруднено из-за ослабления плодоношения дуба. Одна из экологических причин данной проблемы состоит в том, что порослевые дубовые древостои - насаждения многократной генерации.

С продуктивностью непосредственно связана углерододепонирующая функция лесных экосистем, которой уделяется значительное внимание и прежде всего в связи с угрозой парникового эффекта. Следовательно, чем выше продуктивность лесов, тем больше они депонируют углерода, усваивая в процессе фотосинтеза углекислый газ и выделяя в атмосферу кислород.

Объектами исследования служили порослевые и семенные байрачные дубравы, а также лесные культуры на территории Щигровского лесничества Курской области [6]. Исследование основных таксационных характеристик древостоев осуществляли общепринятыми методами. Оценка санитарного состояния произведена по шкале, применяемой при лесопатологических обследованиях.

Для оценки запасов углерода использовали расчетно-измерительный метод. Интенсивность депонирования углерода (годовой сток) рассчитывали по текущему приросту фитомассы. Содержание углерода в абсолютно сухом веществе фитомассы определяли, используя конверсионные коэффициенты: 0,5 – для стволов, ветвей и корней; 0,45 – для листьев. Для оценки поглощения углекислого газа и выделения кислорода применяли расчетный метод.

Сравнение продуктивности и санитарного состояния байрачных дубрав порослевого (табл. 1) и семенного (табл. 2) происхождения позволяет выявить следующие закономерности.

Таблица 1 – Таксационная характеристика древостоев в порослевых байрачных дубравах Щигровского лесничества

№ пробн. площ./ квартал/выдел	Состав древостоя	Порода	Возраст, лет	Средние: высота, м	Средние: диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас, $м^3$/га	Кол-во деревьев, шт./га	Категория санитарного состояния
1/ 54/2	10 Дбн	Дбн	43	11,0	13,6	IV	0,77	148	1279	1,86
	Ед. Яс	Яс	26	5,1	4,3	IV	0,01	1	62	2,14
	Ед. Гр	Гр	26	5,0	4,6	IV	0,01	7	46	1,14
		Итого:					0,79	156	1387	1,71
2/ 61/1	10 Дбн	Дбн	55	16,5	19,6	III	0,78	204	742	3,01
	Ед. Клп	Клп	11	8,2	10,1	V	0,01	1	16	1,17
		Итого:					0,79	205	758	2,09
3/ 67/12	10 Дбн	Дбн	65	19,5	23,4	III	0,78	231	409	2,89
	Ед. Гр	Гр	60	12,6	14,8	V^a	0,02	4	30	1,49
		Итого:					0,80	235	439	2,19
4/ 61/1	10 Дбн	Дбн	75	22,0	27,3	III	0,80	254	375	2,16
	Ед. Клп	Клп	16	7,6	9,7	V	0,01	3	14	1,27
		Итого:					0,81	257	389	1,72
5/ 47/4	8Д2Ос	Д	93	18,8	33,7	IV	0,58	184	204	1,56
	+Кло	О	53	19,2	23,3	V	0,11	42	106	4,37
	Ед. Гр	Кло	33	11,2	12,3	IV	0,06	9	112	1,08
		Гр	33	10,3	16,6	IV	0,04	6	37	3,31
		Итого:					0,79	241	459	2,08

Примечания. Дбн – дуб черешчатый байрачный порослевой; Яс – ясень обыкновенный; Ос – осина; Кло – клен остролистный; Лп – липа мелколистная; Клп – клен полевой; Гр – груша обыкновенная; Ивд – ива козья.

Увеличение запаса стволовой древесины в порослевых и семенных древостоях происходит различными темпами. Наиболее интенсивный текущий прирост в порослевых дубравах (4,7 $м^3$/га*год) отмечен в 55-летнем возрасте (табл. 1), в семенных (6,1 $м^3$/га*год) – в 26-летнем (табл. 2).

Таблица 2 – Таксационная характеристика древостоев в семенных байрачных дубравах Щигровского лесничества

Номер пробной площади	Квартал/ выдел	Возраст, лет	Средние: высота, м	Средние: диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас, $м^3$/га	Текущий прирост, $м^3$/га в год	Средняя категория санитарного состояния
8	89/2	19	6,5	5,3	II	0,8	39	-	2,1
9	72/9	26	8,6	8,7	II	0,8	82	6,1	1,5
10	48/2	37	10,9	10,9	II	0,8	129	4,3	1,8
11	54/2	43	12,8	15,5	II	0,8	157	4,7	1,8
12	64/9	55	15,4	17,2	II	0,8	211	4,5	2,1
13	44/2	76	21,0	25,1	II	0,8	303	4,4	2,1

Примечание. Формула состава на всех пробных площадях 10 Д.

В порослевой дубраве, начиная с 65-летнего возраста прирост по запасу значительно снижается (до 2,7 м^3/га*год) и приближается к минимуму (0,95 м^3/га*год) в 95-летнем возрасте. В семенной дубраве 43-летнего и более возраста увеличение запаса идет равномерными темпами на уровне 4,3-4,7 м^3/га*год, сохраняющимися до 100-летнего возраста древостоев.

При сравнительной оценке углерододепонирующей функции порослевых и семенных байрачных дубрав можно сделать следующие выводы. В байрачной дубраве, вне зависимости от ее происхождения, основная масса углерода (более 90 %) депонирована в древостое дуба. Суммарная масса углерода, сосредоточенная в древостое порослевой байрачной дубравы, за период с 43-летнего до 95-летнего возраста увеличивается на 46,7 т/га, что составляет в среднем 0,90 т/га в год. Наиболее интенсивное его накопление (1,47 т/га*год) приходится на возрастной промежуток с 43 до 55 лет. С учетом всех ярусов порослевой байрачной дубравы, суммарный запас углерода в фитомассе заметно превышает углерод, депонированный в древостое, только в средневозрастных (43 и 55 лет) и перестойных (95 лет) насаждениях. При 43-летнем возрасте лесообразующей породы на долю депонированного в древостое углерода приходится 81 % от общего запаса углерода в фитомассе, при 55- и 95-летнем – 92 %. В приспевающих и спелых древостоях сосредоточено порядка 99 % углерода, депонированного в фитомассе.

Благоприятный баланс углекислого газа, когда его поглощение при образовании фитомассы превышает выделение в атмосферу в порослевой дубраве отмечается с момента смыкания молодняков до 65-летнего возраста. В общей сложности фитоценозами порослевой байрачной дубравы за 95-летний период поглощено 408,23 т/га углекислого газа, фитоценозом семенной байрачной дубравы за 73-летний период выделено 318,11 т/га кислорода, максимальная доля которого выделена древесным ярусом.

Библиографический список

1. Выводцев, В.Д. Состояние дубрав различного происхождения и пути их улучшения в условиях Курской области / В.Д. Выводцев, М.И. Лукьянчикова // Проблемы деградации дубрав и современные системы ведения лесного хозяйства в них: Материалы научно-производственного семинара, 28-30 марта 2007 г., ВГЛТА, Воронеж / под общ. ред. проф. М.П. Чернышова. – Воронеж, 2007. – С. 60-64.
2. Замолодчиков, Д.Г., Уткин, А.И., Коровин, Г.Н., Честных, О.В. Динамика пулов и потоков углерода на территории лесного фонда России // Экология. – 2005. – № 5. – С. 323-333.
3. Проценко, А.А. Изменения физико-химических свойств чернозема типичного на склонах центрально-черноземного заповедника в зависимости от экологических факторов / Гридасова О.В., Проценко Е.П., Караулова Л.Н., Лукьянчикова О.В., Протасова М.В., Неведров Н.П. Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – Курск, 2015. – № 1(5), http://www// auditorium kursksu.ru//index.php?page=6&new=5.
4. Дериглазова, Г.М., Проценко, Е.П. Урожайность и качество зерна ячменя в зависимости от типа севооборота и внесения удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №10. – С. 38.
5. Черкасов, Г.Н. Возделывание ярового ячменя для различных целей на склонах Центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, Г.М. Дериглазова, О.Г. Чуян / ГНУ ВНИИЗиЗПЭ

РАСХН. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. – 75 с.
6. Лесохозяйственный регламент Щигровского лесничества комитета лесного хозяйства Курской области (Утвержден приказом комитета лесного хозяйства Курской области от 20 февраля 2014 г. № 17).

УДК 631.434.6

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ НА СКЛОНЕ С АГРОЛЕСОЛАНДАШФТНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Пручик А.В.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *model-erosion@mail.ru*

Резюме. *Исследования проведены на склонах западной экспозиции опыта по контурно-мелиоративному земледелию. Контроль – без противоэрозионных мероприятий. Агролесоландашфтный комплекс представлен двухрядными лесными полосами. Получено снижение коэффициента структурности в слое 0-10 см от плакора к низу склона на 34,9 % для контроля. Увеличение коэффициента структурности в почве под лесной полосой и многолетними травами на 53,5 % и 58,1 % соответственно. Увеличение значения средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов под многолетними травами в 4 раза по сравнению с полем. Средневзвешенный диаметр почвенных агрегатов на контроле увеличивается от плакора к низу склона в диапазоне от 3,8 мм до 5,2 мм. На склоне с агролесоландшафтным комплексом, одинаков в пределах погрешности, 3 мм.*
Ключевые слова: *эрозия почв, чернозем, структура почвы, лесные полосы.*
Summary. *The research was carried out on the slopes of the western exposure of the contour-reclamation farming experience. Control is without erosion control measures. Agroforestry landscape complex is represented by two-row shelter-belts forest. The reduction of the structural coefficient in the layer 0-10 cm from the plakor to the bottom of the slope was obtained by 34.9% for control. An increase in the structural coefficient in the soil under the shelter-belt forest and perennial grasses by 53.5% and 58.1%, respectively. An increase in the value of the weighted average diameter of water-bearing aggregates under perennial grasses by 4 times compared to the field. The weighted average diameter of soil aggregates in the control increases from the fence to the bottom of the slope in the range from 3.8 mm to 5.2 mm. This is 3 mm on the slope with the agroforestry landscape complex, the same within the margin of error.*
Key words: *soil erosion, chernozem, soil structure, shelter-belt forest.*

Эрозионные потери почвы считают невозобновимыми, потому что невозможно восстановить смытый слой почвы за тот же временной отрезок, за который он был потерян. В результате такого разрушительного воздействия на почву происходит снижение плодородия, ухудшение структуры [1, 2].

Появление тяжелой почвообрабатывающей техники, разрушающей структуру почвы, одна из причин активизации водной эрозии в последние десятилетия. Исследователями отмечено снижение средневзвешенного диаметра почвенных агрегатов в длительном стационарном опыте на черноземе обыкновенном, несущественное влияние основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав почвы [3].

Цель работы – оценка параметров структуры почвы на склоне с агролесоландашфтным комплексом.

Исследования проведены на склонах западной экспозиции опыта по кон-

турно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область).

Почва – чернозем типичный и выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках, слабоэродированный в нижней части склонов.

Противоэрозионные мероприятия агролесоландшафтного комплекса пердставлены в виде контурно-расположенных поперек склона трех линейных рубежей: водорегулирующих двухрядных лесных полос, усиленных простыми гидротехническими сооружениями, состоящими из непрерывистой водоулавливающей канавы в междурядье деревьев и насыпного вала по нижней опушке.

Лесные полосы посажены в два ряда на расстоянии в 216 м друг от друга по склону сверху вниз.

В качестве контроля выбран водосбор без противоэрозионных мероприятий.

Основная обработка почвы – дискование на глубину 10-12 см с заделкой измельченных растительных остатков.

Внизу изучаемых склонов проведено залужение многолетними злаковыми травами в 2018 г.

Почвенные образцы отбирали в слоях почвы: 0-10 см и 10-20 см в фазу всходов ярового ячменя и после уборки культуры – по стерне. Повторность – трехкратная.

Контроль: плакор, середина склона, низ склона, многолетние травы.

Водосбор с агролесоландшафтным комплексом: плакор, между 1 и 2 лесной полосой, в лесной полосе, между 2 и 3 лесной полосой, низ склона, многолетние травы.

В лесной полосе отбор проводили между деревьями верхнего ряда.

Структурно-агрегатный состав определяли по методу Н.И. Саввинова (мокрое просеивание проводили на приборе И.М. Бакшеева).

После получения данных был расчитан коэффициент структурности и средневзвешенный диаметр агрегатов, который необходим для анализа структурного состояния почвы, чем выше его значения, тем крупнее агрегаты (значения менее 1 мм указывают на распыленность почвы) [4].

При визуальной оценке диаграммы (рис. 1) наглядно видно, что коэффициент структурности снижается от плакора к нижней части склона на контроле на 34,9 %.

Наибольшие значения коэффициента структурности получены при фракционировании почвы под лесной полосой и многолетними травами на склоне в агролесоландшафтном комплексе. По сравнению с плакором превышение составляет 53,5 % и 58,1 %, соответственно. Коэффициент структурности для плакорных частей обоих склонов одинаков в пределах погрешности – 4,3.

Согласно разработанной классификации оценки этого показателя структура почвы является отличной при значении коэффициента структурности выше 1,5. Следовательно, почва на исследуемых склонах является отличной

по структуре.

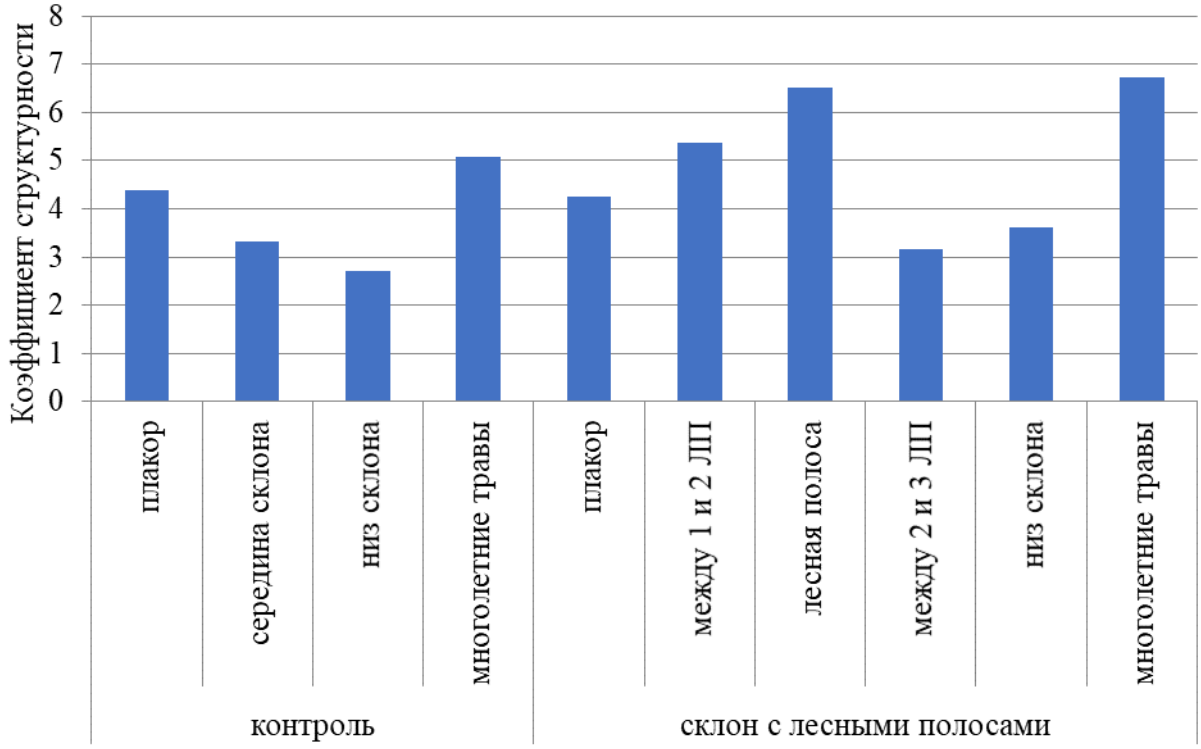


Рисунок 1 – Коэффициент структурности в слое 0-10 см

Высокий коэффициент структурности можно объяснить следующим. Более 15 лет на поле проводилась поверхностная обработка почвы дискатором на глубину 10-12 см с заделкой растительных остатков в качестве основной обработки почвы после уборки урожая. С 2012 года на поле ведется укороченный зерновой севооборот со следующим набором культур: озимая пшеница, гречиха, яровой ячмень, гречиха. Поверхностная обработка способствует увеличению корненасыщенности обрабатываемого слоя почвы, повышенному содержанию растительных остатков в почве, что обуславливает улучшение структурности почвы.

Структурно-агрегатное состояние динамично и изменяется вследствие выпадения осадков на поверхность почвы. Для оценки водопрочности почвенных агрегатов проведено фракционирование в воде и рассчитан средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов (рис. 2).

На контрольном водосборе значения средневзвешенных диаметров водопрочных агрегатов одинаковы в пределах погрешности и равны в среднем 0,65 мм. Такое же значение средневзвешенного диаметра получено и для плакорной части склона с агролесоландшафтным комплексом.

Увеличение значения средневзвешенного диаметра до 2 мм, отмечено для многолетних трав на обоих слонах для слоя почвы 0-10 см, что в 4 раза выше, чем на контроле. Для почвы, расположенной под лесной полосой, средневзвешенный диаметр больше в 3 раза.

Значения средневзвешенных диаметров водопрочных агрегатов в слое почвы 0-20 см, отобранных на пашне, одинаковы в пределах погрешности.

Диаметры водопрочных агрегатов почвы, отобранной под многолетними травами и лесной полосой выше в 3,8 и 2,8 раза, чем на пашне, соответственно.

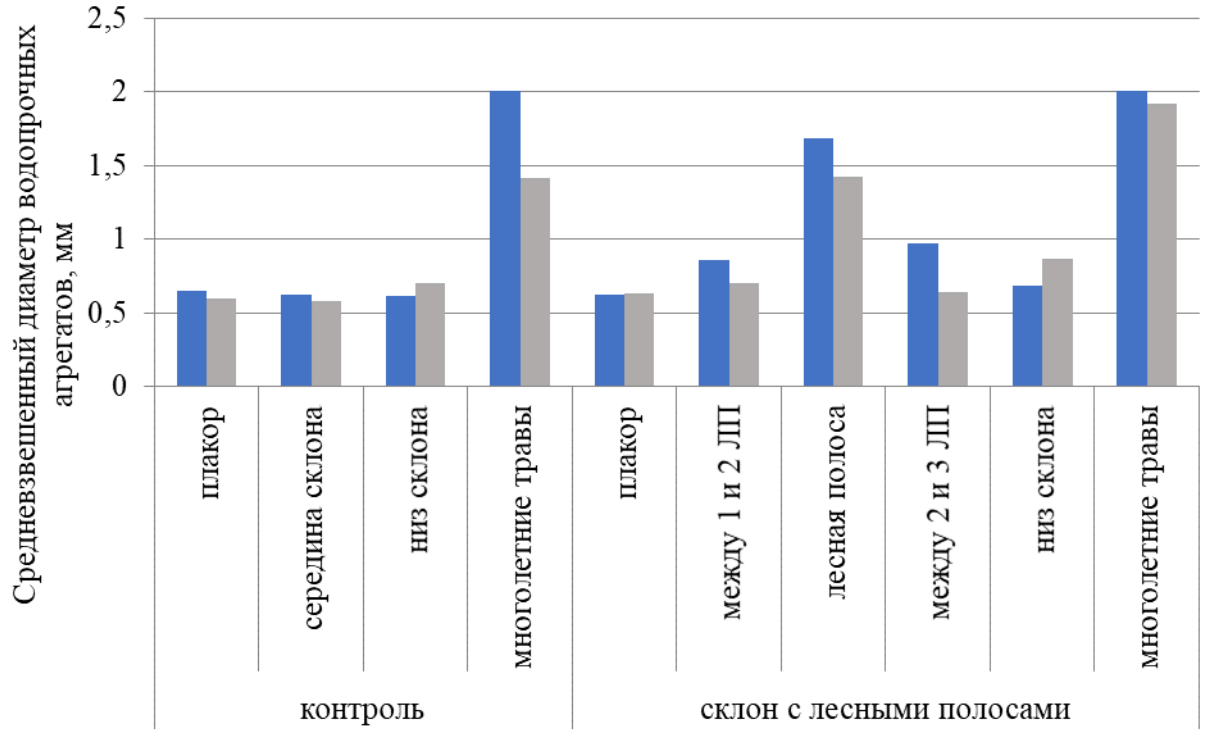


Рисунок 2 – Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов:
■ – 0-10 см, ■ – 0-20 см

Средневзвешенный диаметр почвенных агрегатов на контроле увеличивается от плакора к низу склона в диапазоне от 3,8 мм до 5,2 мм. Противоположная ситуация представлена на склоне с лесными полосами. Значение средневзвешенного диаметра агрегатов на плакоре и внизу склона одинаково в пределах погрешности – 3 мм.

В результате исследований установлено положительное влияние агролесоландшафтного комплекса на параметры структуры почвы. Отмечено увеличение средневзвешенных диаметров водопрочных и почвенных агрегатов под посевами многолетних трав и в лесной полосе.

Библиографический список

1. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.
2. 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.
3. Гаевая Э.А., Ильинская И.Н., Тарадин С.А. Изменение структурно-агрегатного состояния чернозема обыкновенного в длительном стационарном опыте // Агрофизика. – 2022. – № 3. – С. 12-19. – DOI: 10.25695/AGRPH.2022.03.02.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

УДК 631.434.6

ДИНАМИКА ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Прущик И.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск
E-mail: *kursk.iva@inbox.ru*

Резюме. *Представлена динамика твердости почвы в посевах ярового ячменя в разных агротехнологиях. Получено увеличение твердости почвы к уборке культуры на 17 % в варианте без обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой. Самые низкие показатели твердости почвы при безотвальной вспашке: при посеве – 13,9 кг/см^2, после уборки – 23,0 кг/см^2.*

Ключевые слова: *твердость почвы, яровой ячмень, вспашка, дискование, традиционная и интенсивная технология*

Summary. *The dynamics of soil hardness is presented in spring barley crops in different agricultural technologies. An increase in soil hardness to culture cleaning of 17% was obtained in the version without soil tillage compared to dumping plowing. The lowest soil hardness indicators during non-shaft plowing: with sowing – 13.9 kg/cm^2, after harvesting – 23.0 kg/cm^2.*

Key words: *soil hardness, spring barley, plowing, discarding, traditional and intensive technology*

Твёрдость почвы или сопротивление смятию – способность почвы оказывать сопротивление внедрению. Твёрдость – сравнительный параметр механических свойств почвы. Между удельным сопротивлением почвы и твёрдостью существует корреляционная связь, которая наблюдается лишь при работе плуга. Это однин из главных признаков, влияющих на рост и развитие корневой системы полевых культур, а также на сопротивление почвы при механических ее обработках различными агрегатами [1]. Одна из основных проблем, связанных с благоприятным развитием сельского хозяйства для Центрально-Черноземного региона России является рациональное использование и совершенствование почвенных ресурсов. Стоит отметить, что в ЦЧР нельзя увеличивать площади сельскохозяйственных земель путём освоения новых земель. В связи с этим главное направление будущего увеличения производства сельскохозяйственной продукции заключается в рациональном использовании и сохранении угодий, повышения плодородия почвы при возделывании культур с применением необходимых удобрений, современных приёмов мелиорации, борьбе с деградации почв и использование научно обоснованных испытанных адаптивных агротехнологий [2].

Цель работы – изучить влияние приёмов агротехники на твёрдость почвы. В частности, установлено, как изменяется твёрдость при применении традиционная и интенсивной агротехнологий при разных основных обработках в слое почвы 0-30 см.

Исследования проведены в стационарном полевом научно-производственном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область).

Схема опыта: 1. Отвальная вспашка на глубину 20-22 см (традиционная технология); 2. Безотвальное рыхление на глубину 20-22 см (традиционная технология); 3. Дискование на глубину 10-12 см (интенсивная технология); 4.

Без основной обработки почвы (интенсивная технология).

Отвальную обработку почвы проводили плугом ПЛН-3-35 (глубина 20-22 см), безотвальную – модернизированным безотвальным плугом-рыхлителем на базе ПЛН-3-35 (глубина 20-22 см), дискование – БДМ 2,6х2 НШК (глубина 10-12 см). Площадь учётной делянки в стационарном полевом научно-производственном опыте – 2700 м^2.

Почва – чернозём типичный среднесуглинистый. Содержание в пахотном слое общего гумуса – 5,1 % (ГОСТ 26213-91), pHKCl – 5,8 (ГОСТ 26483-85), Нг – 3,05 мг-экв. на 100 г почвы (ГОСТ 26212-91), щёлочногидролизуемого азота – 15,72 мг/100 г (метод Корнфилда), подвижного фосфора – 21,78 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), обменного калия – 14,78 мг /100 г почвы (ГОСТ 26204-91) [3].

Севооборот включал следующее чередование культур: пар (чистый / сидеральный) – озимая пшеница (Triticum aestivum L.) – сахарная свекла (Beta vulgaris L v. saccharifera) – гречиха (Fagopyrum esculentum) – ячмень (Hordeum vulgare L.).

Сорт ячменя Суздалец. Включен в Госреестр по Северо-Западному, Центральному и Центрально-Черноземному регионам. Относится к разновидности нутанс. Куст полупрямостоячий. Влагалища нижних листьев без опушения. Антоциановая окраска ушек флагового листа средняя, восковой налет на влагалище средний. Растение среднерослое. Колос полупрямостоячий, цилиндрический, среднеплотный, без воскового налета. Ости длиннее колоса, зазубренные, кончики со средней антоциановой окраской. Первый сегмент колосового стержня короткий, со средним изгибом, без горбинки. Стерильный колосок отклоненный, с округлым кончиком и среднедлинной нижней цветковой чешуей. Колосковая чешуя с остью среднего колоска по длине равна зерновке. Опушение основной щетинки зерновки длинное. Антоциановая окраска нервов наружной цветковой чешуи слабая – средняя. Зазубренность внутренних боковых нервов наружной цветковой чешуи слабая. Зерновка крупная, с неопушенной брюшной бороздкой и охватывающей лодикулой. Среднеспелый, вегетационный период 74-94 дня, созревает на 3-4 дня позднее Гонара. Устойчивость к полеганию средняя. По засухоустойчивости несколько уступает стандартам. Включен в списки пивоваренных и ценных по качеству сортов.

Высокоустойчив к пыльной головне (обладает генами Run 8 и 15), однако в отдельных областях (Вологодская, Ленинградская, Белгородская и Тамбовская) отмечена слабая восприимчивость. Слабовосприимчив к твердой головне, восприимчив к стеблевой ржавчине и гельминтоспориозным пятнистостям, сильновосприимчив к полосатой пятнистости. Протравливание семян и фунгицидные обработки – по рекомендациям службы защиты растений [4]. Норма высева – 5 млн шт./га.

Твёрдость определяли с помощью твердомера, который классифицируют по принципу заглубления в почву как беспрерывный в 3-х кратной повторности [5] после посева ярового ячменя и перед уборкой культуры.

Твёрдость почвы после посева ярового ячменя была ниже, чем перед уборкой (рисунок). Увеличение этого показателя происходило в ряду: отвальная вспашка → безотвальная вспашка → дискование → без обработки почвы на 128 % (от первого к последнему варианту).

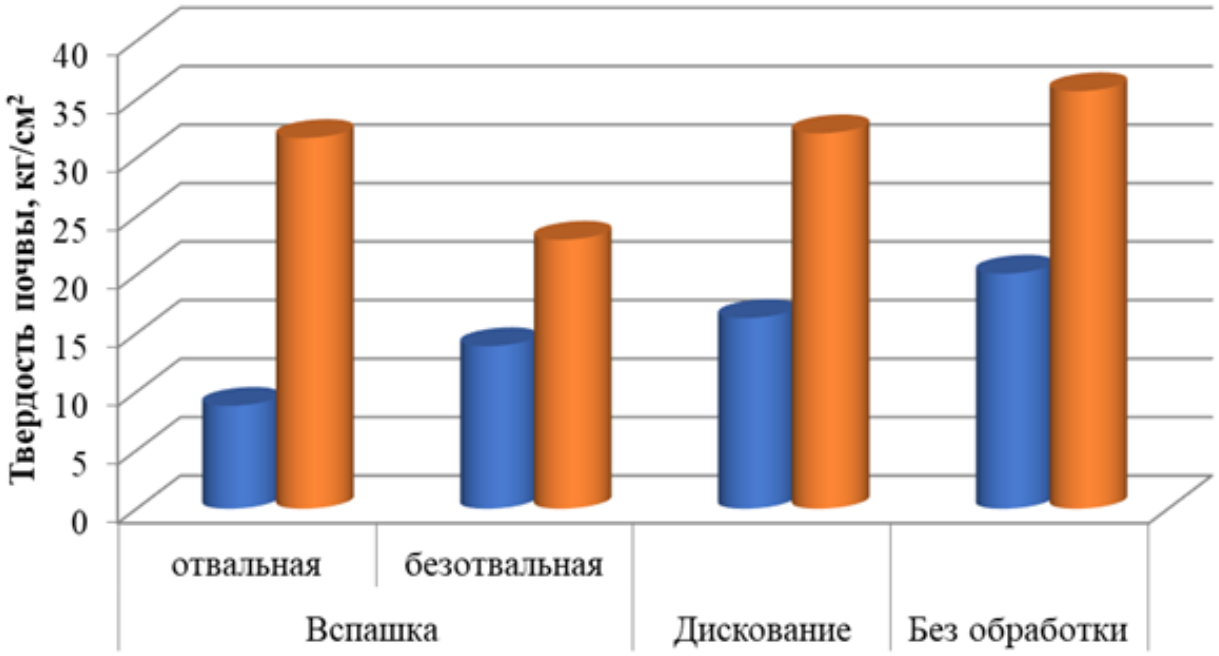


Рисунок – Твердость почвы: – после посева; – после уборки

В конце вегетации повышение твёрдости почвы отмечалось во всех вариантах исследований. Увеличение этого показателя к уборке культуры на 17 % в варианте без обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой. Самые низкие показатели твердости почвы при безотвальной вспашке: после уборки – 23,0 кг/см^2. На вариантах со вспашкой с оборотом пласта и дискованием различия были несущественные. Следовательно, к концу вегетации ярового ячменя наиболее благоприятные условия по твердости почвы сложились в варианте с безотвальной вспашкой.

Библиографический список

1. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика: учебник. – М: Добросвет, 2019. – 184 с.
2. Почвенно-экологический мониторинг. Содержание, задачи, методы [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ifreestore.net/1046/11/.
3. Лукьянов В.А., Прущик И.А. Плотность и твёрдость чернозёма типичного на фоне разных агротехнологий и способов обработки почвы // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 4 (40). – С. 29-37. – DOI 10.47737/2307-2873_2022_40_29
4. https://glavagronom.ru/base/seeds/zernofurazhnie-yachmen-yarovoi-suzdalec-fic-nemchinovka-9501002.
5. Вытовтов В.А., Прущик А.В., Сухановский Ю.П., Тарасов С.А..Устройство для измерения твердости почвы // Патент на изобретение RU 2717169 C1, 18.03.2020. Заявка № 2019118685 от 14.06.2019.

УДК 631.4, 579.266.2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЗИРОВАННОГО СВЕЖЕГО ПОМЕТА КУР НА МИКРОБНЫЙ КОМПЛЕКС ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

[1]Пухова Н.Ю., [2]Щукин Н.Н.
[1]ФГБО ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», г. Ярославль
[2]ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *nataliya_puhova@mail.ru*

Резюме. *В работе был исследован филогенетический состав микробного комплекса пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы. Показано, что внесение биологизированного свежего куриного помета существенно не изменяет видовое разнообразие прокариот. Использование удобрения не приводит также к повышению контаминации почвы энтеробактериями и патогенными бактериями.*
Ключевые слова: *дерново-подзолистая почва, куриный помет, секвенирование, микробный комплекс, энтеробактерии, патогены.*
Summary. *The phylogenetic composition of the microbial complex of the arable horizon of sod-podzolic soil was investigated. The paper shows that the introduction of biologized fresh chicken manure does not significantly change the species diversity of prokaryotes. The use of fertilizers also does not lead to increased contamination of the soil by enterobacteria and pathogenic bacteria.*
Key words*: sod-podzolic soil, chicken manure, sequencing, microbial complex, enterobacteria, pathogens.*

Методами классической микробиологии и современными методами молекулярной биологии было показано влияние агрогенной нагрузки на микробный комплекс пахотных горизонтов почв [1]. Внесение в почву удобрений, органо-минеральных комплексов, проведение сельскохозяйственных мероприятий изменяют физико-химические параметры почвы [2]. В свою очередь, присутствие и метаболическая активность тех или иных таксономических и эколого-физиологических групп бактерий определяет как функциональность почвенного микробоценоза, так и почвенное плодородие. В результате микробоценозы, обрабатываемых и используемых в сельском хозяйстве земель, по своим характеристикам могут значительно отличаться от естественных [3].

Целью данного исследования являлось изучение последействия внесения свежего куриного помета на микробный комплекс пахотного (0-20 см) и подпахотного (20-40 см) горизонтов малоплодородной дерново-подзолистой почвы.

Для внесения в почву использовался свежий биологизированный куриный помет (БКП), полученный путем включения пробиотиков в пищевой рацион птицы клеточного содержания, который не проходил стадию промежуточного хранения и обеззараживания в навозохранилище.

Удобрение в количестве 120 т/га вносили разбрасывателем под весновспашку. Опыт закладывали на следующий год после внесения в почву БКП в

2-х вариантах (контрольный – без удобрений и опытный – с внесением помета). Опытный участок засевали яровой пшеницей. Размещение делянок (площадью 1 га) – систематическое. Образцы почвы отбирали по общепринятой методике в 2 срока: 1-го июля (в пахотном горизонте на глубине 0-20 и в подпахотном – в слое 20-40 см) – в фазу трубкования пшеницы и 30-го июля (на глубине 0-20 см) – в фазу молочной спелости зерна.

В молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ» (г. Санкт-Петербург) проведено изучение таксономической структуры бактериального сообщества почвы с использованием NGS-секвенирования нуклеотидных последовательностей. Амплификация проведена с использованием ДНК-амплификатора Verity («Life Technologies, Inc.», США) с помощью эубактериальных праймеров (IDT) 343F (CTCCTACGGRRSGCAGCAG-3) и 806R (GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3) фланкирующих участок V1V3 гена 16S рРНК. Метагеномное секвенирование осуществляли на геномном секвенаторе MiSeq («Illumina, Inc.», США) с набором MiSeq Reagent Kit V3 («Illumina, Inc.», США).

Согласно проведенному филогенетическому анализу (рис.1), в состав микробного сообщества исследованной почвы преимущественно входят представители следующих таксономических групп (в скобках дана процентная доля доминант): *Proteobacteria* (18-31 %), *Acidobacteria* (4-18 %), *Actinobacteria* (8-25 %), *Bacteroidetes* (5-9 %), *Chloroflexi, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Verrucomicrobia, Parcubacteria* и *Plantomicetis*. Общая процентная доля этих групп в образцах пахотного горизонта оставалась постоянной (около 91-93 %), но резко уменьшалась с глубиной: с 93 до 67 % на удобренном фоне и с 92 до 48 % в контрольных образцах. Вместе с тем, вглубь по профилю почвы возрастала доля неопределенных последовательностей ДНК (с 4-5 % в пахотном горизонте до 30-49 % – в подпахотном). В микробном комплексе отмечены представители таксона *Chloroflexi* – факультативные анаэробы, обладающие способностью к аноксигенному фотосинтезу, при изменении условий среды переходящие к миксотрофному питанию. Типично почвенные бактерии *Plantomicetes* могут осуществлять анаммокс – процесс анаэробного окисления аммиака, один из ключевых микробных процессов в круговороте азота. Данный процесс приводит к потере соединений азота в почве в результате образования молекулярного азота.

Внесение куриного помета в пахотный горизонт почвы стимулировало развитие следующих таксономических групп: *Actinobacteria, Acidobacteria, Bacteroidetes* и *Firmicutes*. Среди актинобактерий встречались типично почвенные бактерии, способствующие расщеплению гумусовых веществ почвы с высвобождением минеральных соединений азота, доступных для растений.

Фила *Actinobacteria* представлена следующими порядками: *Actinomycetales* (доля в микробном комплексе составляет до 13,9 %), *Gaiellales* (~ 4,5 %) и *Solirubrobacterales* (~ 3,5 %). Также несколько возрастает численность некультивируемых бактерий филы *Verrumicrobia*. Эти прокариоты могут составлять до 10 % почвенной микробиоты, т.е. достигать уровня

доминирующих групп, и поэтому имеют важное экологическое значение. Увеличение доли анаэробных бактерий *Bacteroidetes* в микробном комплексе при внесении куриного помета может свидетельствовать о смещении аэробно-анаэробного равновесия в анаэробную сторону. Фила *Bacteroidetes* представлена бактериями порядка *Sphingobacteriales* (~ 4,3 %).

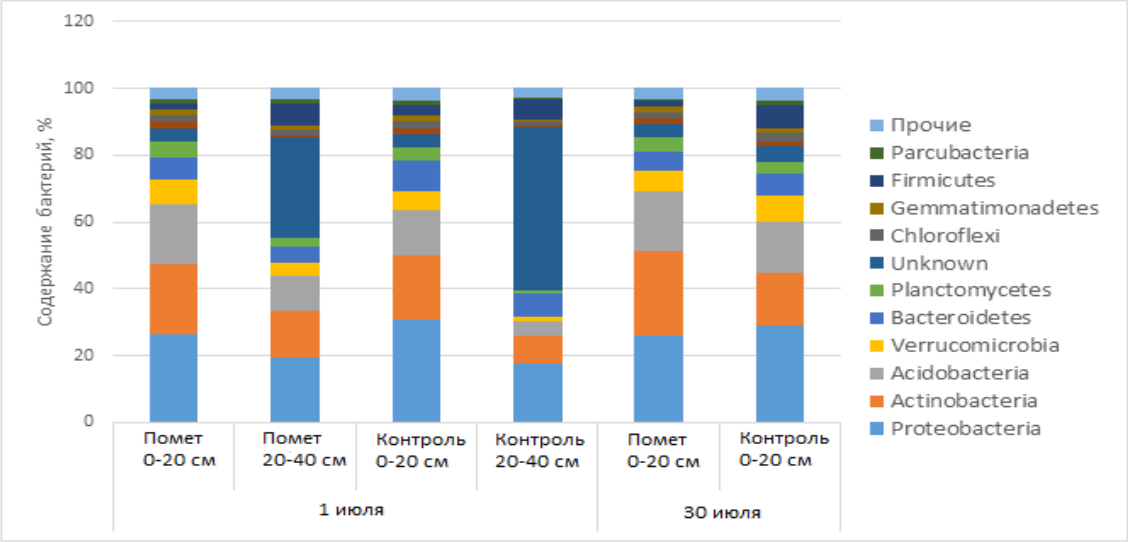


Рисунок 1 – Изменение таксономического состава микробного сообщества почвы под влиянием последействия БКП

Долевое участие в микробном комплексе протеобактерий несколько снижается (с 31 % до 26 %). Фила *Proteobacteria* представлена следующими порядками: *Burkholderiales* (~ 9,2 %), *Rhizobiales* (~ 7,3 %), *Xanthomonadales* (~ 7,3 %), *Sphingomonadales* (~ 3,0 %). Несколько иная реакция на внесение куриного помета наблюдалась у представителей азотфиксирующих бактерий порядка *Rhizobiales* (фила *Proteobacteria*): в образцах почвы 1-го срока отбора доля ризобий по вариантам не отличалась (~ 6,7 %), через 30 суток наблюдалось их некоторое снижение в контроле (до 5,1 %) и повышение в удобренной почве (7,3 %). По-видимому, основным фактором повышения доли ризобий является обеспеченность почвы органическим веществом и минеральным азотом. Нами отмечено и снижение в микробном комплексе доли бактерий порядка *Burkholderiales* (многие из них являются патогенами человека и животных) при внесении удобрений: 9,2 % и 3,7 % в контрольном и в опытном образцах, ответственно.

Учитывая внесение в пахотную почву свежего биологизированного помета без специальной обработки, изучалась экологическая безопасность его применения для окружающей среды, посредством установления наличия в почве условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Во всех исследованных образцах почвы выявлены представители энтеробактерий с незначительной в бактериальном сообществе процентной долей (менее 0,6 %), которая несущественно изменялась по вариантам (рис. 2). Незначительное количество энтеробактерий обнаружено в контрольных образцах почвы в конце июля (около 0,6 %), в остальных образцах доля энтеробактерий не превышала 0,15 %.

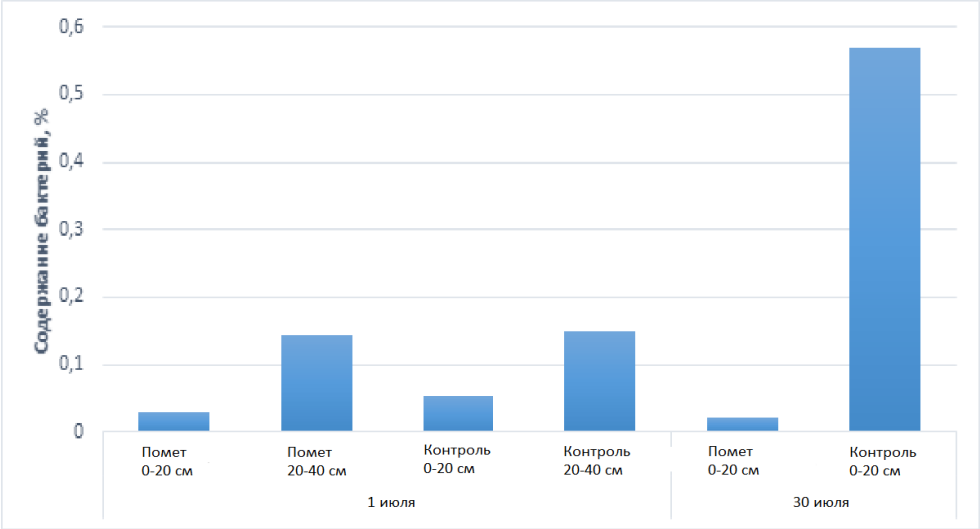


Рисунок 2 – Изменение содержания энтеробактерий (в %) в почве под влиянием последействия БКП

Кроме того, в опытных и контрольных почвенных образцах были обнаружены потенциально патогенные микроорганизмы для животных и растений (рис. 3), принадлежащие семействам *Peptococcaceae*, *Pasteurellaceae*, *Staphylococcaceae*, *Streptococcaceae*, *Peptococcaceae* (фила *Firmicutes*), *Mycoplasmataceae* (фила *Tenericutes*) и *Campylobacteraceae* (фила *Proteobacteria*), а также относящиеся к видам *Xanthomonas sp.* (семейство *Xanthomonadaceae*), *Pseudomonas sp.* (семейство *Pseudomonadaceae*) *и Burkholderia sp.* (семейство *Burkholderiaceae*).

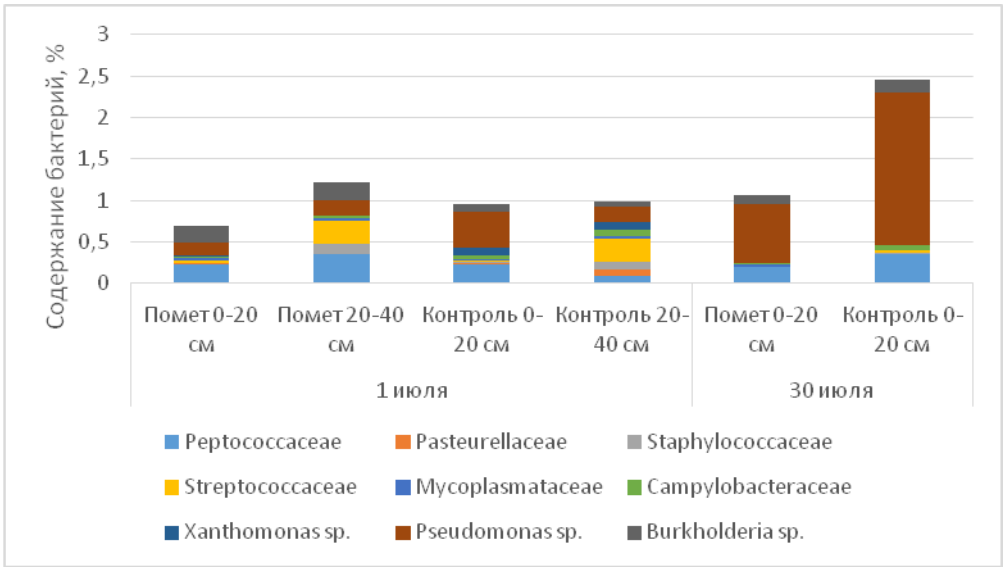


Рисунок 3 – Изменение содержания потенциально патогенных бактерий (в %) в почве под влиянием последействия БКП

Обнаруженные в почве патогены составляли незначительную долю в микробиомах (0,7-2,5 %). В начале опыта в верхнем горизонте почвы отмечена наименьшая доля патогенных бактерий, которая по вариантам практически не отличалась (0,7-0,8 %). В подпахотном горизонте их содержание несколько повышалось (до 1,3 % – при внесении куриного помета и до 1,0 % – в кон-

трольном) в основном вследствие увеличения количества анаэробных патогенов (*Peptococcaceae* и *Streptococcaceae*). Во 2-й срок отбора образцов в пахотном горизонте содержание патогенов в удобренной почве изменилось незначительно (повысилось с 0,7 до 1,1 %), а в контроле – возросло (с 0,8 до 2,5 %) с преобладанием представителей семейств *Peptococcaceae* и *Burkholderiaceae*, но особенно, *Pseudomonadaceae*.

Таким образом, последействие внесения свежего биологизированного помета кур без предварительной обработки в количестве 120 т/га почвы не приводит к повышению контаминации пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы патогенными бактериями. В целом таксономический состав почвенного микробного комплекса остается неизменным.

На данном этапе исследований существенного негативного влияния последействия внесения биологизированного свежего помета кур на экологическое состояние почвы не выявлено. Применение данного удобрения может позволить снизить затраты птицефабрик на утилизацию отходов и использовать его для более эффективного возделывания сельскохозяйственных культур, особенно, на малоплодородных землях.

Библиографический писок

1. Пухова Н.Ю., Верховцева Н.В., Ларина Г.Е. Структура микробного сообщества чернозема выщелоченного в зависимости от антропогенной нагрузки // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – №4. – С. 42-49.
2. Щукин Н.Н., Окорков В.В., Окоркова Л.А., Железова А.Д. Особенности возделывания зерновых культур по интенсивной технологии с применением свежего куриного помета на дерново-подзолистой почве Ярославской области //Биологический круговорот питательных веществ при использовании удобрений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсивности. Суздаль-Иваново: ПресСто, 2021. – С. 166-178.
3. Железова А.Д., Пассова Д.И., Никитин Д.А., Яшин М.А., Железова С.В. Влияние способа сельскохозяйственной обработки на микробиологические характеристики дерново-подзолистой почвы // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2019. – Вып. 99. – С. 117-144.

УДК 57.047: 631.461: 633.2.03: 631.445.53

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОТЛИЧИЯ В СОЛОНЦАХ БАРАБЫ

Риксен В.С.
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
р.п. Краснообск, Новосибирская обл.
E-mail: *riclog@mail.ru*

Резюме. *В статье рассмотрен метагеном солонцов мелких и средних расположенных на участках целины в Чановском районе Новосибирской области (Бараба). Обнаружены различия в относительном обилии исследуемых солонцов, так солонец средний характеризовался абсолютным доминированием филума ацидобактерия (35,98 %), что может быть связано со снижением pH, это отражено и в преобладание в мелком солонце класса Thermoleophilia из филы Actinobacteria, которые коррелируют с более щелочным pH. Об лучших условиях аэрации и воздухообмена в солонце среднем в сравнении с солонцом мелким говорит более высокая численность класса Spartobacteria. Большее представительство копиотрофов, таких как β-Proteobacteria, было в слое 0-15 см солонца среднего, что*

говорит о увеличении содержания углерода в почве и улучшении азотного обмена.
Ключевые слова: *микробиом, солонец, целина, 16S р-РНК, Бараба.*
Summary: *The article considers the metagenome of shallow and medium solonetzes located on virgin soil plots in the Chanovsky district of the Novosibirsk region (Baraba). Differences were found in the relative abundance of the studied solonetzes: so, the medium solonetz was characterized by the absolute dominance of the acidobacterium phylum (35.98%), which may be associated with a decrease in pH, this is also reflected in the predominance of the Thermoleophilia class from the Actinobacteria phylum in the shallow solonetz, which correlate with more alkaline pH. The better conditions of aeration and air exchange in the medium solonetz compared to the shallow solonetz are evidenced by the higher abundance of the class Spartobacteria. A greater representation of copiotrophs, such as β-proteobacteria, was in the 0-15 cm layer of the medium solonetz, which indicates an increase in the carbon content in the soil and an improvement in nitrogen metabolism.*
Key words: *microbiome, solonetz, virgin soil, 16S rRNA, Baraba.*

Известно, что видовое богатство Земли в основном представлено микробиологическими видами. В свою очередь почва является самой заселенной микроорганизмами средой. Различные типы почв обладают особыми свойствами, вследствие этого видовое разнообразие их микробиоты уникально [1].

Новые подходы, в частности метагеномный анализ, позволил существенно улучшить знания о разнообразии прокариот и их распространении в окружающей среде. Метод высокопроизводительного секвенирования позволил установить взаимосвязи различных абиоточеских факторов (pH, влажность, температура, структура почвы) и определенных физиологических групп микроорганизмов. Из большого количества факторов существенное влияние на формирование микробного сообщества оказывает реакция почвенного раствора. Показано, что максимальное количество филогенетических групп наблюдали в почвах с pH близким к нейтральным. В структуре филумов кислых почв высокое представительство фил *Acidobacteria*, а в щелочных – *Actinobacteria, Bacteroidetes и Proteobacteria* [2, 3].

Изучение биологических свойств почв с четко выраженными лимитирующими факторами всегда привлекало исследователей. В свою очередь исследование биоразнообразия нарушенных засоленных почв может помочь в диагностике их состояния и дальнейшей рекультивации [4]. В настоящее время изучено и выделено много галофильных и солеустойчивых штаммов микроорганизмов из засоленных почв [5]. Все же этот вопрос остается открытым и требует системного экологического подхода.

В данное время существует много международных проектов по изучению почв с помощью метагеномного анализа, один из них Earth Microbiome Project (EMP). Реализация таких проектов должна начинаться с исследования микробиома разных типов почв. Данная цель поставлена и в нашем исследовании.

Микрофлору почвы изучали в образцах солонцов, отобранных на многолетнем стационаре СибНИИ кормов СФНЦА РАН (55.389º с. ш., 78.927º в. д.) в Чановском районе Новосибирской области. Объекты исследования – бактериальный комплекс солонцов (солонцы луговые гидроморфные (WRB,

2006, Gleyic Solonetz Albic.), высокостолбчатые средненатриевые содово-сульфатного типа засоления, тяжелого гранулометрического состава мелкий и средний).

Почвенные образцы на стационаре отбирали в первой декаде августа в 2020 г из слоя 0-15 и 15-40 см. Для каждого варианта анализировали четыре смешанных образца.

Таксономическую принадлежность бактерий выявляли методом высокопроизводительного секвенирования последовательностей участка V3-V4 гена 16S рРНК. Анализ был выполнен в ЦКП «Геномика» ИХБФМ СО РАН (г. Новосибирск). Тотальная ДНК из образцов выделена с помощью набора DNeasy PowerSoil Kit (Qiagen). Пробы секвенировались на приборе MiSeq (Illumina, США), последовательности OTE отнесены к таксонам с помощью SINTAX, α- и β-разнообразие анализировалось Usearch v11.0.667.

В метагеномном исследовании солонца мелкого было идентифицировано 73336 нуклеотидных последовательностей, объединённых в филогенетические таксоны бактерий и архей. В солонце среднем идентифицированное на основе 16S рРНК микробное разнообразие составило 52988 OTU. Основные таксономические группы большей части бактериального метагенома представляли 7 филумов: *Acidobacteria, Proteobacteria, Actinobacteria, unc_Bacteria, Verrucomicrobia, Gemmatimonadetes, Bacteroidetes* (рис. 1).

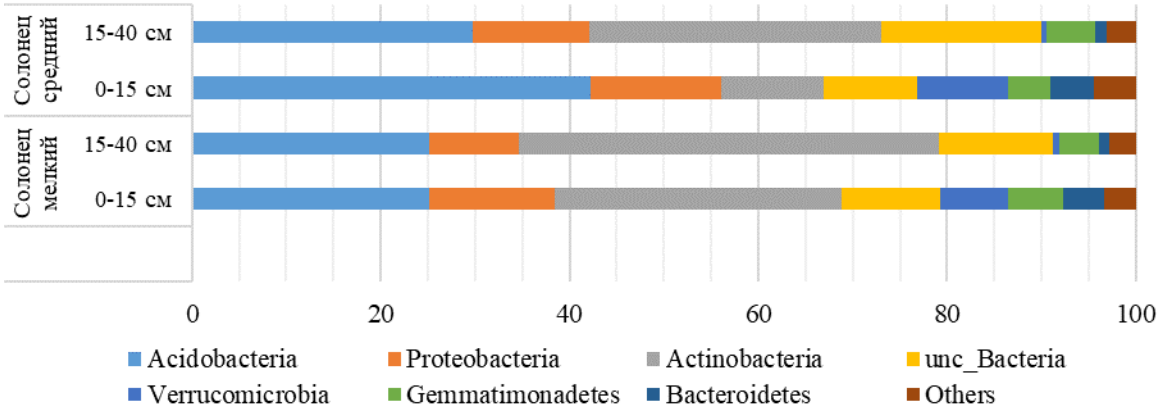


Рисунок 1 – Состав и относительное представительство доминирующих филумов в микробиомах солонца мелкого и среднего в слое 0-15 и 15-40 см (в среднем)

По относительному обилию данных таксонов бактериальные сообщества изучаемых видов гидроморфного солонца значительно различались. Наибольшее распространение в солонце мелком выявлено у филума *Actinobacteria* – 37,4 %. Численно в слое 0-15 см он составил 15,95 тыс., в среднем в слое 0-40 см – 25,18 тыс. OTU. Содоминантом к филуму стала таксономическая группа *Acidobacteria* с представительством в геноме 25,11 % и численностью 13,11 тыс. операционных единиц в слое 0-15 см и 18,3 тыс. OTU в среднем в слое 0-40 см.

Солонец средний характеризовался абсолютным доминированием филы *Acidobacteria* – 35,98 %, актинобактерии же по относительному обилию в

20,87 % здесь находились на втором месте (третье место у *Proteobacteria*). OTU данных филов в верхнем слое солонца среднего соответствовало 12,15 и 3,34 тыс., в слое 0-40 см – 19,2 и 10,7 тыс. Выявленное отличие в доминировании-соподчинении этих двух групп ризосферного микробиома в изучаемых солонцах связано, скорее всего, с характером растительности и содержанием органического вещества в почве [6].

Доминирование ацидобактерий в солонце среднем может быть связано со снижением pH (рис. 2) или с уменьшением в составе растительных остатков содержания трудноразлагаемых органических соединений типа лигнина. Ацидобактерии активно используют в качестве источников углерода и азота углеводные цепи, подобные целлюлозе и ксилану [7]. Известно, что в их геномах присутствуют сериновые эндопептидазы, указывающие на протеолитическую активность филы в почве [8], а также гены, кодирующие диссимиляционное восстановление сульфата/сульфита [9]. Это объясняет их значительное представительство в анализируемых солонцах, имеющих содово-сульфатный тип засоления.

Класс *Spartobacteria* был представлен в солонце мелком 1847 OTU против 1293 в солонце среднем. Об этих бактериях известно, что они предпочитают солоноватые субстраты и участвуют в восстановлении сульфатов [10].

На рисунке 2 нами сделана также попытка сопоставить микробную экологию почвы с изменением pH.

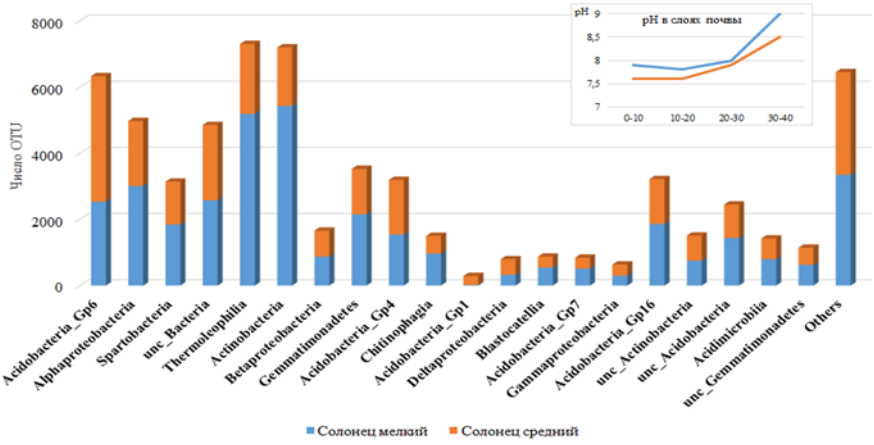


Рисунок 2 – Отличия в численности доминирующих классов микробиома солонца мелкого от среднего (в слое 0-40 см) и тренд pH

Достоверно положительно зависели от величины pH и преобладали в мелком солонце классы *Actinobacteria* и *Thermoleophilia*. Их численность была выше, чем в среднем солонце в 3,1 и 2,5 раза. Подтверждение такой взаимосвязи актинобактерий с более щелочным pH с коэффициентом корреляции $r = 0,71$, $P < 0,001$ и термофилов с $r = 0,52$, $P < 0,001$, найдена нами в работе Y. A. N. G. Yuanyuan, Z. H. O. U. Yin, S. H. I. Zhou и других (2020) [11], анализирующей влияние землепользования и орографических условий на микробное сообщество почвы.

По количеству OTU в слое 0-15 солонца среднего в 1,5 раза увеличилась численность почвенных протеобактерий, в основном из класса *β*-

Proteobacteria, но в целом в слое 0-40 см их средняя численность, как и численность других копиотрофов, адаптированных к большому содержанию в почве углерода и играющих значительную роль в круговороте азота из классов *Gammaproteobacteria* и *Deltaproteobacteria*, в исследуемых солонцах не отличалась.

Таким образом, метод метагеномного высокопроизводительного секвенирования стал новым этапов в развитии почвенной биологии. Это способствовало пониманию истинных масштабов генетического разнообразия микробных сообществ и их связи с внешними факторами. В частности, по результатам проведенных исследований выявлена связь между таксономическим составом микробиома солонцов мелких и средних, абиотическими факторами (pH, условия аэрации и воздухообмена, пищевой режим) и характером растительности.

Библиографический список

1. Prosser J. I. Dispersing misconceptions and identifying opportunities for the use of'omics' in soil microbial ecology // Nature Reviews Microbiology. – 2015.– Vol.13.– № 7.– P. 439-446.
2. Eilers K.G., Debenport S., Anderson S., Fierer N. Digging deeper to find unique microbial communities: The strong effect of depth on the structure of bacterial and archaeal communities in soil // Soil Biology and Biochemistry. – 2012. – Vol. 50. – P. 58-65.
3. Landesman W.J., Nelson D. M., Fitzpatrick M. C. Soil properties and tree species drive ß-diversity of soil bacterial communities // Soil Biology and Biochemistry. – 2014. – Vol. 76. – P. 201-209.
4. Халилова Э.А., Котенко С.Ц., Э.А. Исламмагомедова., Р.З. Гасанов., А.А. Абакарова., Д.А. Аливердиева Экстремофильные микробные сообщества засоленных почв и их разнообразие в регионе прикаспийской низменности / // Аридные экосистемы. – 2017 – Т.23(2). – С. 52- 56.
5. Chenard C., Lauro F.M. Introduction // Microbial Ecology of extreme environments. – 2017– Springer: Switzerland. – P. 1-6.
6. Berg G., Smalla K. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere, FEMS Microbiol. Ecol. 2009. Vol. 68. P. 1–13. DOI: 10.1111/j.1574- 6941.2009.00654.x.
7. Belova S. E., Ravin N. V., Pankratov T. A., Rakitin A. L., Ivanova A. A., Beletsky A. V., ... & Dedysh S. N. Hydrolytic capabilities as a key to environmental success: chitinolytic and cellulolytic Acidobacteria from acidic sub-arctic soils and boreal peatlands // Frontiers in Microbiology. – 2018. – Т. 9. – С. 2775.
8. Kalam S., Basu A., Ahmad I., Sayyed R. Z., El-Enshasy H. A., Dailin D. J., & Suriani N. L. Recent understanding of soil acidobacteria and their ecological significance: a critical review // Frontiers in Microbiology. – 2020. – Т. 11. – С. 580024.
9. Anantharaman K., Hausmann B., Jungbluth S. P., Kantor R. S., Lavy A., Warren L. A., ... & Banfield J. F. Expanded diversity of microbial groups that shape the dissimilatory sulfur cycle // The ISME journal. – 2018. – Т. 12. – №. 7. – С. 1715-1728.
10. Herlemann D.P.R., Lundin, D., Labrenz, M., Jürgens, K., Zheng, Z., Aspeborg, H., & Andersson, A.F. Metagenomic de novo assembly of an aquatic representative of the verrucomicrobial class Spartobacteria // MBio. – 2013. – Т. 4. – №. 3. – С. e00569-12.
11. Yuanyuan, Y.A.N.G., Yin, Z.H.O.U., Zhou, S.H.I., Rossel, R.A.V., Liang, Z., Haizhen, W.A.N.G., ... & Wu, Y.U. Interactive effects of elevation and land use on soil bacterial communities in the Tibetan Plateau // Pedosphere. – 2020. – Т. 30. – №. 6. – С. 817-831.

УДК 631.452

ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Рубаник Ю.О.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *j.r.97@mail.ru*

Резюме. *В статье представлен литературный обзор по вопросу изменения показателей почвенного плодородия в склоновом агроландшафте.*
Ключевые слова: *плодородие почвы, экспозиция склона, освещенность, влажность, содержание гумуса.*
Summary. *The article provides a literary review on the issue of changes in soil fertility indicators in the sloping agricultural landscape.*
Key words: *soil fertility, slope exposure, lighting, humidity, humus content.*

Почвенное плодородие – это способность почвы обеспечивать условия для нормальной жизнедеятельности растений, удовлетворять их потребность в питании, влаге и воздухе. Интенсивное использование почв, а также природные эрозионные процессы ведут к снижению плодородия и деградации земель, что существенно сказывается на продуктивности растений.

Физические свойства почвы, такие как влажность, пористость, пластичность, плотность, способность к агрегированию – как правило взаимосвязаны с различными элементами рельефа [1]. То есть форма склона, его крутизна и экспозиция, при других равных условиях, будут определять плодородие почв [2].

Ещё в 19 веке В.В. Докучаев назвал рельеф одним из наиболее важных факторов почвообразования. С тех пор множество современных ученых в своих научных трудах изучают почвенное плодородие и эрозионные процессы, происходящие на склонах разной длины, крутизны и экспозиции [3, 4, 5]. Самые значительные отличия происходят на склонах полярных экспозиций [6].

На склонах южной экспозиции период снеготаяния короче, чем на северных склонах, и эрозионные процессы выражаются сильнее [7]. Интенсивность почвенного смыва талыми водами с южных склонов зависит от промерзания почвенного покрова. Здесь, в отличие от склонов северной экспозиции, снежный покров тоньше, соответственно глубина промерзания больше, а также более высокая интенсивность снеготаяния из-за большего притока солнечной радиации [8, 9].

Ориентированные на юг склоны сильнее прогреваются [10] и меньше удерживают влагу, как почвы теплого и сухого климата, в то время как северные склоны сходны с почвами более влажного и холодного климата, сильнее накапливающих влагу весной, и меньше отдающих летом, за счет слабой освещенности [3]. По содержанию влаги в почве водораздельное плато занимает промежуточное значение [11].

Эти закономерности обусловлены тем, что на склонах северных экспозиций менее интенсивная освещенность, соответственно меньший расход влаги на испарение в летний и осенний периоды, и меньшая интенсивность снеготаяния в весенний период. Неоднородность распределения влаги в склонах разной направленности влечет за собой неоднородность увлажнения в них почв [12].

Детально вопросы перераспределения радиационного баланса и гидротермического режима почв изучены микроклиматологами. Герцык, Голубова, Кондратьев и другие ученые [13, 14, 15] отмечают, что максимальное влияние экспозиции склона заметно на холмистых рельефах.

Склоны восточной и западной экспозиций в отличие от южной и северной, занимают промежуточное положение по характеру теплообеспеченности и гидротермического режима почвы [16].

Расхождения в температурном и гидрологическом режимах на склонах полярных экспозиций влияют на направление и скорость почвообразовательных процессов, и, соответственно, на показатели содержания подвижных форм питательных веществ, которые изменяются в зависимости от исходного уровня содержания гумуса [17]. Так, при сокращении содержания гумуса в пахотном слое почвы снижается мобилизация минерального азота [18]. Аналогичная закономерность наблюдалась и по накоплению подвижных форм фосфора и калия при внесении минеральных удобрений.

Существует так же взаимосвязь содержания гумуса в почве разнонаправленных склонов. На склонах южной экспозиции содержание гумуса ниже, чем на северных. Это можно объяснить интенсивностью водной эрозии и значительной минерализацией гумуса южного склона. Так же на северных склонах почвы менее подвержены смыву и уровень их плодородия выше [12].

Согласно результатам сравнительного изучения плодородия пахотных почв, в хозяйствах и целинных почвах Центрально-Черноземного биосферного заповедника М.А. Наконечной, В.Е. Явтушенко, и А.Н. Каштанова, даже в естественных условиях накопление гумуса в почвах водоразделов и склонов полярных экспозиций имеет существенные различия [17].

Агрохимические свойства почв, залегающих на различных элементах рельефа, имея общую генетическую природу, могут заметно различаться в зависимости от экспозиции склонов, определяющей разную направленность и интенсивность почвообразовательного процесса под влиянием неодинаковых микроклиматических условий [18, 17]. На основе этих взаимосвязей допустимо сделать вывод о зависимости неоднородности распределения показателей плодородия почв на склонах разнонаправленных экспозиций.

Библиографический список

1. Дубовик Е.В. Структурно-агрегатное состояние серых лесных почв в зависимости от экспозиции и крутизны склона //Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №. 10. – С. 19-22.

2. Аличаев М.М., Султанова М.Г. Влияние экологических условий на почвенные процессы в высокогорьях Дагестана // Аридные экосистемы. – 2021. – Т. 11. – №. 3. – С. 270-273.

3. Проценко Е.П. Базовые свойства и режимы почв полярно ориентированных склонов: Дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.03, 03.00.16 : Курск, 2004. – 491 с.
4. Здоровцов И.П. Современные научные подходы к конструированию агроэкосистем в условиях сложного рельефа // Агроэкологические принципы земледелия. М.: Колос, 1993. – С. 40-59.
5. Черкасов Г.Н. Адаптивно-ландшафтное земледелие: теория и практика (избранные научные труды). – Курск: ФГБНУ «Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии», 2018. – 331с (с. 21)
6. Трофимец Л. Н. и др. Оценка возможностей цезия чернобыльского происхождения как идентификатора потери почвой питательных веществ (подвижного фосфора) вследствие эрозии // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – №. 1. – С. 450-461.
7. Корнеев Д.В. Аналитическое исследование снежного покрова окрестностей г. Иркутска и г. Слюдянки // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – №. 9 (80). – С. 96-103.
8. Мищенко А. Е. Стабильность эрозионноопасного склона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 5 (43). – С. 17-20.
9. Батманова А.С., Алеев В.В. Смыв почвы талыми снеговыми водами на склонах (по материалам стационарных наблюдений в Томской области). – 2016.
10. Митрохина О.А. Изменение агрохимиченских свойств почв на склонах полярных экспозиций в адаптивно-ландшафтном земледелии ЦЧЗ //Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. – 2018. – С. 695-697.
11. Шорина И.В. Теплофизические свойства и гидротермический режим черноземов выщелоченных на склонах высокого Алтайского Приобья: дис. – Алтайский государственный аграрный университет, 2009.
12. Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с. – (РАСХН).
13. Герцык В.В. Водный режим черноземных почв на склонах разной экспозиции // Почвоведение. – 1966. – №6. – С.37-46.
14. Голубова Т.А. Прямая солнечная радиация, поступающая на восточные и западные склоны // Микроклиматология / Труды ГГО. – Л. Гидрометеоиздат, 1976. – Вып.351. – С.134-145.
15. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1978. – С.43.
16. Тетерюк Л.В., Елсаков В.В., Лаптева Е.М. Роль рельефа в формировании терморежима и биоразнообразия реликтовых экосистем на известняках европейского северо-востока России // Экология. – 2012. – №. 6. – С. 410-410.
17. Дериглазова Г.М. Особенности возделывания ярового ячменя на склоновых землях Центрального Черноземья [Текст] / Г.М. Дериглазова, А.Я. Айдиев / Курск: ГНУ Курский НИИ АПП, 2013. – 233 с. (с. 72)
18. Чуян Г.А. Почвенно-агрохимические аспекты ландшафтно-экологического земледелия // Проблемы ландшафтного земледелия. Доклады научно-практической конференции, посвященной 25-летию ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Курск, 22-23 марта 1995 года). Курск, 1997.

631.459.2

ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО РИСКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПАХОТНЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПОДТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ПОМОЩЬЮ ГИС И ДЗЗ[7]

Савельева Д.А.
Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН), г. Томск
E-mail: *daria.a.saveleva@gmail.com*

Резюме. *Изучено влияние компонентов почвенного покрова на величину избыточного смыва на основе геоинформационного моделирования в пределах подтаежной зоны Западной Сибири на примере пахотных и залежных земель водосборного бассейна р. Басандайка при максимальном потенциале эрозии и с учетом растительного покрова.*
Ключевые слова: *водная эрозия, ГИС, эрозионный риск, пашня, залежь.*
Summary. *The article shows the results of studying the influence of soil cover components on the erosion risk obtained on the basis of geoinformation modeling within the sub-taiga zone of Western Siberia on the example of arable and fallow lands of the catchment area of the river Basandaika at the soil loss maximum potential and taking into account the vegetation cover.*
Key words: *water erosion, GIS, soil loss tolerance, erosion risk, tillage, fallow.*

Введение. Земли сельскохозяйственного назначения в подтаежной зоне Западной Сибири в значительной степени подвержены водной эрозии почв. Имеется множество данных о величинах смыва, однако нет информации о том, когда эрозия достигает такой величины, что требует проведения противоэрозионных мероприятий. Необходимо определение момента наступления отрицательного баланса между скоростью почвообразования и количеством смываемого мелкозема. Сегодня для определения эрозионной опасности используют показатели допустимого смыва [1, 2]. Допустимый смыв является наиболее важным показателем в определении эрозионной опасности земель, поскольку отражает реальную потребность земель в эрозионной стабилизации [3-5]. Тема эрозионного риска слабо раскрыта для территории подтаежной зоны Западной Сибири. В связи с чем целью данной работы является изучение влияния состава почвенного покрова на величину эрозионного риска на пашне и залежи при максимальном потенциале эрозии и с учетом растительного покрова.

Материалы и методы. Исследования проводили в пределах водосборного бассейна р. Басандайки (Томская область). Перепад высот при движении с востока на запад составляет 208 м, в этом же направлении возрастает и величина горизонтального расчленения.

В основе оценки эрозионного риска лежит расчет величины избыточного смыва, который представляет собой разницу между потенциалом эрозии и допустимым смывом [3-5]. Расчетное время использования почв – 300 лет.

[7] Исследование выполнено в рамках работы над диссертацией на соискание степени кандидата сельскохозяйственных наук под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.К. Каличкина.

Для моделирования потенциала эрозии использовали цифровую модель рельефа SRTM разрешением 30х30 м. Потенциал эрозии рассчитывали через Универсальное уравнение потерь почвы (USLE) [6], факторы LS, R и K – как в [7], C-фактор – через NDVI [8] на основе снимком Sentinel 2. Сведения о почвенном покрове получали из почвенных карт масштаба 1:25000, литературных описаний почвенных разрезов, собственных исследований почвенного покрова и свойств почв территории. Период моделирования – 5 лет (2017-2021 гг.) в соответствии с [9].

Для характеристики земель по величине смыва использовали значения апреля и августа, как наиболее и наименее эрозионно-опасных месяцев соответственно, что было определено ранее [7]. Моделирование выполняли с помощью пакета программ QGIS, GRASS и SAGA.

Результаты. Почвенный покров земель сельскохозяйственного назначения в бассейне р. Басандайки представлен в основном серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами. На пашне преобладают агро-серые и агро-темно-серые почвы, на залежах – агро-дерново-подзолистые, агро-светло-серые, агро-серые и агро-темно-серые. Мощности гумусовых горизонтов составляют от 20 до 55 см. Для почв с минимальной и максимальной мощностями гумусового горизонта показатель допустимого смыва составил 0-0,08 и 1,22-1,27 т/га/год соответственно.

Моделирование водной эрозии показало разные значения ее максимального потенциала и потенциала с учетом растительного покрова на пашне и залежи (табл. 1). К-фактор (фактор податливости почв эрозии), как и фактор растительного покрова, является понижающим коэффициентом, однако его влияние не так изменчиво в зависимости от почвенной разности. В данном случае его величина составила 0,0185-0,0209 ед. для разных почвенных разностей, что снижает итоговую величину максимального потенциала смыва на 97,91-98,15 %. Наиболее устойчивыми к размыву являются агро-темно-серые почвы, наименее устойчивыми агро-светло-серые и агро-серые.

Таблица 1 – Потенциал эрозии пашни и залежи с и без учета растительного покрова, т/га/год (среднее 5 лет)

Угодье	Потенциал смыва	Почва	Потенциал эрозии		
			Апрель	Август	Среднегодовое
Пашня	Максимальный	AGS*	4,32	1,93	2,60
		ADGS	4,53	2,08	2,78
	С учетом растительности	AGS	2,64	1,18	1,59
		ADGS	2,77	1,27	1,70
Залежь	Максимальный	ADP	3,27	0,94	2,59
		ALGS	4,50	1,41	2,25
		AGS	4,24	1,39	2,15
		ADGS	4,55	1,56	2,37
	С учетом растительности	ADP	1,46	0,42	0,71
		ALGS	2,01	0,63	1,00
		AGS	1,89	0,62	0,96
		ADGS	2,03	0,70	1,06
Здесь и далее: * – ADP – агро-дерново-подзолистые, ALGS – агро-светло-серые, AGS – агро-серые, ADGS – агро-темно-серые					

Влияние свойств компонентов почвенного покрова более выражено при определении избыточного смыва. Мощность гумусового горизонта, как следует из формулы расчета, играет одну из ключевых ролей в определении эрозионного риска. У почв с одинаковым значением К-фактора, но разной мощностью гумусового горизонта, величина допустимого смыва может различаться, а следовательно, при снижении мощности гумусового горизонта отрицательный баланс между скоростью почвообразования и потенциалом эрозии наступает при меньших величинах потенциала эрозии.

На изучаемой территории количество площадей с избыточным смывом и его величина различаются на залежных и пахотных землях (табл. 2).

Таблица 2 – Избыточный смыв пашни и залежи с и без учета растительного покрова, т/га/год и площади земель с избыточным смывом (среднее 5 лет)

Угодье	Потенциал смыва	Почва	Избыточный смыв			% земель с избыточным смывом		
			Апрель	Август	Среднегодовое	Апрель	Август	Среднегодовое
Пашня	Max	AGS 1*	4,74	2,30	2,96	98,37	89,83	94,17
		AGS 2	3,18	0,99	1,65	98,46	89,46	88,27
		AGS 3	3,76	1,21	1,90	95,64	75,79	91,34
		ADGS 1	4,30	2,11	2,73	99,03	97,42	98,31
		ADGS 2	4,40	1,67	2,42	99,26	91,50	86,61
		ADGS 3	2,89	0,43	1,16	91,74	42,62	58,67
	С учетом С-фактора	AGS 1	2,87	1,38	1,78	97,05	83,47	88,62
		AGS 2	1,78	0,44	0,84	82,30	30,28	52,48
		AGS 3	1,98	0,43	0,85	52,80	21,27	37,68
		ADGS 1	2,63	1,28	1,66	97,01	89,03	96,12
		ADGS 2	2,37	0,71	1,16	81,39	47,26	65,09
		ADGS 3	1,29	нет	0,24	45,06	нет	25,61
Залежь	Max	ADP 1	3,20	0,92	1,56	100,00	100,00	100,00
		ALGS 1	4,42	1,32	2,16	98,18	97,00	97,55
		AGS 1	4,17	1,25	2,01	98,26	87,14	90,35
		AGS 2	4,09	0,97	1,80	97,34	84,73	88,83
		AGS 3	3,48	0,81	1,52	93,16	32,14	69,49
		ADGS 1	5,10	1,74	2,64	99,27	89,27	91,11
		ADGS 3	3,25	0,84	1,50	99,07	68,94	79,40
		ADGS 4	3,47	0,31	1,18	89,54	45,39	58,49
	С учетом С-фактора	ADP 1	1,40	0,40	0,68	100,00	43,14	67,04
		ALGS 1	1,93	0,54	0,92	98,02	41,28	66,69
		AGS 1	1,86	0,51	0,86	97,21	41,64	64,32
		AGS 2	1,60	0,20	0,57	88,10	15,29	47,30
		AGS 3	1,24	0,01	0,34	86,23	5,62	26,57
		ADGS 1	2,24	0,77	1,17	97,44	61,93	80,47
		ADGS 3	1,16	0,06	0,36	84,11	17,69	38,20
		ADGS 4	0,88	нет	0,13	47,75	нет	14,29

* – по мощности гумусового горизонта: 1 – среднемощные (20-30 см), 2 – средне типичные (30-40 см), 3 – типичные (40-50 см), 4 – типичные мощные (50-60 см) [10].

На залежах участки земель, занятые среднемощными почвами, характе-

ризуются наличием избыточного смыва на 90,35-100 % общей площади при учете максимального потенциала эрозии. Среднегодовой избыточный смыв для них при этом колеблется в пределах 1,56-2,64 т/га/год (3,20-5,10 т/га/год в апреле и 0,92-1,74 т/га/год в августе). Растительный покров обусловливает снижение избыточного смыва до 0,68-1,17 т/га/год, а количества площадей до 64,32-80,47 %. Снижение величины избыточного смыва под влиянием растительного покрова для этих почв составляет 55,4-56,3 % до 1,40-2,24 т/га/год в апреле и 56,5-59,2 % (0,40-0,77 т/га/год) в августе.

Увеличение мощными гумусовых горизонтов приводит к минимизации площадей земель с избыточным смывом в пределах контуров почв (рис. 1). Так, в пределах контуров типичных и типично мощных почв количество земель с избыточным смывом при учете максимального потенциала эрозии составляет 72,7 и 58,49 % площади, а величина избыточного смыва – 3,25-3,48 и 3,36-3,52 т/га/год (в апреле) и 0,81-0,84 и 0,28-0,34 т/га/год (в августе) соответственно. При учете растительного покрова эти показатели принимаю меньшие значения, 1,16-1,24 и 0,80-0,91 т/га/год в апреле, а в случае с максимальной мощностью гумусового горизонта в наименее эрозионно-опасном месяце – до нуля. Снижение величины избыточного смыва под влиянием растительного покрова для этих почв составляет в среднем 69,5 % в апреле и 96,4 % в августе.

Эрозионная обстановка на почвах пашни имеет и некоторые отличия от залежей, связанные с характером растительности (табл. 2). Здесь также наиболее эрозионно-опасными являются почвы с минимальной мощностью гумусового горизонта (среднемощные), а наибольшую стабильность проявляют типично мощные почвы. В пределах контуров пахотных почв с маломощными гумусовыми горизонтами избыточный смыв отмечается более чем на 98 % площади, а при учете растительного покрова – более чем на 96 % площади. Растительность здесь оказывает меньшее влияние на величину избыточного смыва, чем на залежи, поскольку монодоминантные сообщества пашни не обеспечивают такой высокий почвозащитный эффект. Для среднемощных почв максимальный потенциальный избыточный смыв составляет в среднем 2,73-2,96 т/га/год, растительный покров обеспечивает снижение показателя до 1,66-1,78 т/га/год (40,0 %), для типично мощных 1,16-1,90 и 0,24-0,85 (52,9 %) т/га/год соответственно. Также меньший эффект от растительности сказывается и на количестве земель с избыточным смывом. Например, для типично мощной агро-темно-серой почвы суммарный контур земель с избыточным смывом на залежи составляет 14,29 % площади. На пашне этот показатель составляет 25,61 %. Подобный эффект можно проследить и для других почвенных разностей.

Заключение. Геоинформационное моделирование эрозионного риска для почвенных разностей пахотных и залежных земель для условий подтаежной зоны Западной Сибири показало, что наличие/отсутствие земель с избыточным смывом, его величина и площади контуров земель с избыточным смывом зависят от свойств компонентов почвенного покрова. При снижении

мощности гумусового горизонта отрицательный баланс между скоростью почвообразования и потенциалом эрозии наступает при меньших величинах потенциала эрозии. Это справедливо и для почв с одинаковой расчетной противоэрозионной устойчивостью. Растительность залежей способствует большему снижению величины избыточного смыва и количества земель с избыточным смывом, чем растительность пашни для одних и тех же почвенных разностей. Полученные результаты геоинформационного моделирования хорошо соотносятся с данными наземных наблюдений, представленных в литературе, и потенциально могут быть применены в почвозащитном земледелии.

Библиографический список

1. Ермолаев О.П., Мальцев К.А. Оценка эрозионного риска для почвенного покрова лесных и лесостепных ландшафтов Среднего Поволжья средствами ГИС-технологий // Ученые записки Казанского государственного университета. – 2008. – Том 150, кн. 4. – С. 85-97.
2. Paolo Bazzoffi Soil erosion tolerance and water runoff control: minimum environmental standards // Regional Environmental Change. – 2009. – Vol. 9. – P. 169-179.
3. Пацукевич З.В. Допустимый смыв как индикатор эрозионной устойчивости склоновых земель // Эрозия почв и русловые процессы. – Вып. 11. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – С. 75-82.
4. Мирцхулава Ц.Е. Предельно допустимая интенсивность эрозии // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 2. – С. 32-34.
5. Пацукевич З.В. Допустимый смыв почв и методы его определения. // Вестник МГУ. Сер. 5. География., 1996. – № 2.
6. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses // Agric. Handbook № 537. – United States Department of Agriculture, Washington, D.C., 1978. – 65 p.
7. Савельева Д.А., Каличкин В.К. Внутрисезонный мониторинг водной эрозии почв пашни в подтайге Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 5. – С. 15-21. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10500.
8. Kuo K.T., Sekiyama A., Mihara M. Determining C factor of Universal Soil Loss Equation (USLE) based on remote sensing // IJERT – International Journal of Environmental and Rural Development. – 2016. – Vol. 7. – № 2. – P. 154-161. DOI: 10.32115/ijerd.7.2_154.
9. Заславский М.Н. Эрозиоведение. – М.: Высшая школа, 1983. – 318 с.
10. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Система показателей гумусного состояния почв / В кн.: Методы исследования органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 8.

УДК 631. 4

ЭЛЕМЕНТЫ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ОВОЩЕВОДСТВЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Сакара Н.А., Михеев Ю.Г., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И.
Приморская овощная опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦО,
г. Артем, с. Суражевка, Приморский край, Россия
E-mail: *nsakara@inbox.ru*

Резюме. *Представлены отрицательные воздействия на плодородие почв овощных участков в условиях местного муссонного климата, отражены параметры воздействия рифлёной поверхности при реализации гребне-грядовой технологии возделывания овощных культур, показано изменение свойств почв и положительные стороны реализации этого базового элемента земледелия.*

Ключевые слова: *негативные природные процессы, параметры технологии, улучшение*

свойств почв.
Summary. *The article presents adverse effects on soil fertility of vegetable plots under the conditions of local monsoon climate, reflects parameters of influence of the grooved surface when implementing ridge technology of cultivation of vegetable crops, change of soil properties and positive sides of realization of this basic element of agriculture are shown.*
Key words: *negative natural processes, technology parameters, improvement of soil properties.*

Введение. В известных монографиях по земледелию на Дальнем Востоке [7, 10, 16, 24] с разной степенью подробностей рассматриваются негативные природные процессы, отрицательно влияющие на местную земледельческую практику. На первом месте речь идет о муссонном климате, при котором направление ветра зимой и перенос влаги с евразийского материка в сторону Тихого океана, а во вторую половину лета с океана на материк. Это обуславливает глубокое промерзание почв зимой, медленное оттаивание весной, сухие ветра в весенний и раннелетний отрезок времени. Но самым значимым является вторая часть летнего периода – периода муссонных дождей.

Цель и задачи. Цель данной публикации – сформулировать представление о гребне-грядовой технологии как основном элементе овощеводческого земледелия для условий муссонного климата. Для этого необходимо решить следующие задачи: выявить процессы, разрушающие плодородие пахотных почв, показать каким образом рифление пахотного горизонта снимает отрицательное воздействие, что подчеркивает своевременность и правильность разрабатываемой гребне-грядовой технологии возделывания овощных культур.

Методы исследования. Обобщение с использованием многочисленных публикаций и многотрудного опыта ежегодного выращивания овощей при проведении опытнической работы.

Результат и их обсуждение. Негативные процессы, проявляющихся на пахотных почвах юга Дальнего Востока России, характер их проявления и приемы их нейтрализации представлены ниже:

1. **Переувлажнение почв во второй половине лета** [1, 5, 8, 11, 17, 18, 26, 37, 43, 44, 45]. В период ливневых дождей, вызванных тайфунами, на ровной поверхности пахотный горизонт обводняется до полной влагоемкости, и корневая система растений отмирает. Необходимо осушение устойчивыми кротовинами, перфорируемыми пластмассовыми дренажными трубками в сочетании с гребне-грядовой технологией возделывания культур.
2. **Дефицит влаги весной и летом** [1, 5, 6, 15]. Припосадочные поливы. Орошение мелкодисперсным и внутрипочвенным регулируемым орошением, полив по бороздам из оросителей-сбросов на дальневосточных рисовых системах.
3. **Ливневая эрозия** [21, 22]. Интенсивный смыв пахотного плодородного слоя почвы. Рифление поверхности под углом к общему склону позволяет предотвратить смыв за счет аккумуляции вод в бороздах и их фильтрацию через гребни.
4. **Ирригационная эрозия** [36]. Случается после полива, на который

накладываются интенсивные осадки (до 150 мм в сутки). Строительство автоматизированных систем с мелкодисперсным дождеванием.

5. Паводочная эрозия [3]. Смывы, размывы, погребение посадок, гибель посевов в периоды наводнений. Выбор незатапливаемых участков, строительство польдерных систем.

6. Наводнения [3, 4, 9] Затопление летними паводковыми водами, вымокание, снос посевов. Пойменная (первая- почти ежегодно и не раз затапливаемая), высокопойменная (вторая- затапливаемая 1 раз в 5 лет) и третья террасы (частично затапливаемая 1 раз в 20 лет). Строительство капитальных польдерных систем, защищающих посевы.

7. Коркообразование [8, 19]. Тяжелосуглинистый и легкоглинистый пылевато-иловатый гранулометрический и монтмориллонитовый минералогический состав почв обуславливает образование прочной и устойчивой корки после просыхания по окончании дождей. Разбавление песком, золой золоотвалов ТЭЦ и другие. Обработка почв – культивация с не активными рабочими органами.

8. Переуплотнение [19]. – Работа на переувлажненной почве любой техники приводит к ее переуплотнению. Необходимо регулярное рыхление постоянных мест прохода техники.

9. Дефляция весной и ранним летом [13]. Создание ветрозащитных лесных полос и посев ветрозащитных полевых высокостебельных полос. Внедрение мелкодисперсного и внутрипочвенного регулируемого орошения [38].

10. Малая мощность гумусовых горизонтов целинных и пашенных почв (буроподзолистых (отбеленных), лугово-бурых отбеленных, луговых глееватых, подзолов и пр. [7, 10, 20, 24]. Классическая схема добиться увеличения мощности до «нормальной» (20-24 см) заключается во внесении высоких доз органических удобрений (более 200 т/га), приготовленных на основе торфокомпостов и возделывания злаково-бобовых многолетних трав и с припашкой по 2 см нижележащего малоплодородного слоя. Это растягивается на многие десятилетия ротации севооборотов.

11. Снижение содержании гумуса в пахотном горизонте в результате «естественной» дегумификации [35, 40], то есть под влиянием микробиологических процессов, протекающих в любых условиях, часть гумуса минерализуется. При внесении органических удобрений, наличии в севообороте многолетних трав и сидеральных культур это явление резко замедляется. В многолетнем опыте в Приморской Овощной Опытной станции показано, что введение самостоятельного сдвоенного овсяно-соевого сидерального пара в четырехпольном севообороте обеспечивает баланс гумуса слабоположительным [27-31, 32, 33].

12. Снижение гумуса при внесении некоторых гербицидов [22, 25]. В результате внесения в почву отдельных гербицидов, влияющих на протекание микробиологических процессов в почве, происходит подавление одних групп микробиоценоза и рост численности деструкторов ее органической части.

Вопрос пока слабо изучен.

13. Слабая нитрификационная активность весной из-за глубокого зимнего промерзания и медленного прогревания и протаивания весной [12]. Дробное внесение азотный удобрений.

14. Избыточная естественная кислотность почв [12, 20, 23, 41]. Большая часть почв, даже пойменных, требует известкования по полной гидролитической кислотности [41], так как овощные культуры требовательны к реакции среды.

15. Снижение подвижности и усвояемости подвижных форм фосфора, калия и кальция в период иссушения и железно-марганцевого конкрециеобразования [2, 14, 23, 39]. Активизация подвижности фосфора возможна корнями сои, локальным внесением удобрения, известкованием почв. Активизация калия возможна внесением калийных удобрений [30].

16. Подкисление естественное [2, 23]. При естественных и антропогенных факторах воздействия на пахотный горизонт почв идет их самопроизвольное подкисление. Для снятия этого процесса необходимо периодическое известкование, локальное внесение извести [41].

При гребне-грядовой технологии после рифления ровной поверхности почвы пахотный горизонт имеет следующие параметры при ширине колеи трактора 140 см (1) и 180 см (2), [34, 42]:

		1	2
Глубина борозды гряды	см	20-24	22-26
Ширина борозды гряды	см	60-70	60-70
Ширина гряды	см	65-70	110-120
Ширина гребня по низу	см	70	90
Ширина гребня по верху	см	20-25	35-40
Высота гребня	см	24-25	24-30
Число гребней на гряде	шт.	2	2-3

Изменение свойств этого пахотного слоя почв при рифлении их поверхности выглядит следующим образом (таблица).

Изменение продукционного процесса при гребне-грядовой технологии выглядит следующим образом:

Всхожесть семян	%	> 13-15
Приживаемость рассады	%	> 4-6
Количество сорняков однолетних	%	< 11-38
Оптимальное размещение культур:		
- белокочанной капусты, томата и огурца	см	60 +120
- моркови, столовой свеклы, ранней белокоч. капусты	см	45+45+90
Урожайность	%	>15-57

Таблица – Изменение свойств почв при рифлении ее поверхности

Показатели	Единицы измерения	Величины при применении в овощеводстве
Поверхность поля за счет рифления	разы	> -1,5
Солнечная радиация		
прямая	разы	> -1,5
рассеянная	разы	> -1,5
Мощность культурного пахотного слоя	см	> 23-30 см
Физика: крошение на почвенные агрегаты		
>50 мм	%	< 6-10
1-10 мм	%	> 6-9
Гидрофизика:		
среднесуточное снижение абсолютной влажности почв до 85-90 НВ;	%	>1,4- 1,5
аэрация;	%	> 20
испарение с поверхности;	мм/сут	> 3
полная влагоемкость;	%	> 10
полевая (наименьшая) влагоемкость ;	%	> 10
диапазон активной влаги	%	> 5-6
Теплофизика: теплоемкость температура ранней весной	° С	> 5-10
Агрохимия:		
гумусовый горизонт;	см	>23-25
азот нитратный;	мг/100 г	> 10 -25
азот аммиачный;	мг/100 г	< 5-7
азот нитритный;	мг/100 г	<1-2
фосфор подвижный;	мг/100 г	>2-3
калий подвижный;	мг/100 г	>3-4
активная кислотность, pH водное	pHв	>0,2- 0,5

Обоснованная Приморской овощной опытной станцией комплектность машин при возделывании овощных культур на грядах 180 см и гребнях 90 см при площади посева и посадки овощей до 40-50 га представлена ниже:

МТЗ-82	трактор МТЗ-82 с шириной колеи 180 см
БОН-5,4	бороздорез-профилеобразователь
АПО-5,4	агрегат почвообрабатывающий-посевной
МРП-5,4	рассадопосадочная машина
КФО-5,4-01	культиватор фрезерный
КОР-5,4	культиватор-растениепитатель
ПОМ-630-2	подкормщик-опрыскиватель

Выводы.

1. В условиях муссонного климата и почв тяжелого гранулометрического состава на их плодородие отрицательное влияние оказывает большое количество факторов;

2. Рифление поверхности пахотного слоя снижает результирующее действие этих многих факторов и позволяет повысить урожай овощей.

Библиографический список

1. Авченко В.Ф., Годун Б.К., Дьяков И.П. и др. Система возделывания овощных культур и картофеля в Приморском крае. Методич. рекомендации. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1982. – 112 с.
2. Аксенов А.А., Ильина С.Н., Ознобихин В.И. Содержание различных форм калия при внесении калийных удобрений на известкуемых почвах с низким содержанием обменного калия // Изменение почвенного покрова Дальнего Востока в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации: Тр. / Примор. с.-х. ин-т, Уссурийск: ПСХИ. – 1978. – Вып. 52. – С. 349-355.
3. Амачаев В.П., Балябин В.Ф., Ознобихин В.И. и др. Технико-экономический доклад (ТЭД) о противопаводковых мероприятиях для защиты народнохозяйственных объектов Приморского края от наводнений. Владивосток: Союздальгипрорис, 1993. – 156 с.
4. Балябин В.Ф., Амачаев В.П., Бортин Н.Н. и др. Защита от наводнений Приморского края. /Защита от наводнений населенных пунктов, народнохозяйственных объектов, сельскохозяйственных и других ценных земель в Приморье: Федераль. целев. программа. Владивосток: изд-во Вектор, 1996. – 84 с.
5. Березников К.П., Бажнова Л.Е., Ознобихин В.И. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам. Справочник /Дальний Восток. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Т. 2. Урал, Западная Сибирь, Дальний Восток, Казахстан, Средняя Азия. – 67 с.
6. Березников К.П., Бобрик К.П., Ознобихин В.И. Водообеспеченность сельскохозяйственного производства в Приморском крае // Состояние мелиорации и водного хозяйства на российском Дальнем Востоке: Матер. регион. совещания, посвященное I Общероссийскому съезду мелиораторов: Сб. тр. / Владивосток: ДальНИИГиМ, 2000. – С. 127-148.
7. Блохин В.Д., Моисеенко А.А., Ступин В.М. Научные основы земледелия на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2011. – 216 с.
8. Бортин Н.Н., Ознобихин В.И. Экологическая оценка мелиорации земель на Дальнем Востоке // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке: Сб. науч. тр. Владивосток: ДальНИИГиМ, 2014. – Вып. 18. – С. 34-49.
9. Бортин Н.Н., Лобанов С.А., Ознобихин В.И. и др. Положение по регулированию хозяйственной деятельности на территории Приморья, подверженной наводнениям. Владивосток: РосНИИВХ, 1996. – 32 с.
10. Воложенин А.Г. О системе земледелия в Приморье. Владивосток: ДВ. кн. изд-во, 1971. – 147 с.
11. Гребне-грядовая технология возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке / науч. ред. акад. Г.Т. Казьмина. Хабаровск: кн. изд-во, 1974. – 286 с.
12. Грицун А.Т. Система удобрений // Агрохимическая характеристика почв СССР. Дальний Восток. М.: Наука, 1971. – С. 46-69.
13. Дербенцева А.М. Опасность дефляции почв Приморья // Почвоведение. – 1987. – № 7. – С. 130-137.
14. Жарикова Е.А. Калий в почвах восточной буроземно-лесной области России. Владивосток: Дальнаука, 2006. – 135 с.
15. Жулина Н.П., Корляков А.С., Ознобихин В.И. Технология орошения гребневых посевов суходольных культур по бороздам в рисовом севообороте // Экологические и экономические проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке России: Сб. тр. / ФГУП ДальНИИГиМ. Вып. 14. Владивосток: ДальНИИГиМ, 2001. – С. 43-49.
16. Казьмин Г.Т. Мелиоративная система земледелия – основа грядо – гребневых технологий возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке. Хабаровск: кн.

изд-во, 1990. – 55 с.
17. Канделя М.В., Уланов С.А. Гребне-грядовая технология возделы-вания кукурузы и сои в условиях переувлажнённых почв // Вестник Приамурского гос. университета. – № 4 (37). – 2019. – С. 49 -53.
18. Колосков П.И. Метод гребневой обработки почвы для природных условий муссонного климата умеренного пояса // Тр. НИИ агроклиматилогии. 1959. – № 7. – С. 85-92.
19. Костенков Н. М., Ознобихин В. И., Голов В.И., и др. Агропромышленный комплекс [негативные процессы в почвах] // Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края (Экологическая программа). Владивосток: Дальнаука, 1993. – Ч. 1. (Продолжение). – С. 287-347.
20. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвенные ресурсы Приморского края и рационализация их использования // Вестник ДВО РАН. – № 4-5. –С. 28-36.
21. Мизеров А.В. Эрозия почв Дальнего Востока и острова Сахалина и меры борьбы с ней. М: изд-во АН СССР. 1966. – 151 с.
22. Монастырский О.А., Кузнецова Е.В., Есипенко Л.П. Органическое земледелие и получение экологичных пищевых продуктов в России //Агрохимия, 2019. - №1. – С. 3-4.
23. Неунылов Б.А., Федчун А.А., Рясинская Л.М. К вопросу о поведении кальция при известковании почв // Изменение почвенного покрова Дальнего Востока в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации // Сб. науч. тр. / Примор. с.-х. ин-т. Уссурийск, 1978. – Вып. 52. – С. 124-129.
24. Новак А.Г. Основные вопросы земледелия Дальнего Востока. Хабаровск: кн. изд-во, 1959. – 448 с.
25. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Костенков Н.М. и др. Влияние гербицидов на процессы гумусообразования и микробиологическую активность лугово-бурых отбеленных почв Приморья // Агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 26- 35.
26. Ротарь В.П., Голодный В.Н., Ничепоренко Е.Н., Ознобихин В.И. К изучению влияния некоторых приемов освоения на влажность переувлажненных почв // Агрометеорология. Тр. / Дальневост. н. и. гидрометеорол. ин-та. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. –Вып. 134. – С. 80-83.
27. Сакара Н.А., Жильцов А.Ю. Севообороты в адаптивно-ландшафтных системах земледелия на Дальнем Востоке // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр. / РАСХН, ДВНМЦ, Примор. НИИСХ. Владивосток: Дальнаука, 2005. – С. 142-149.
28. Сакара Н.А. Особенности адаптивно-ландшафтного подхода при территориальной организации овощных агроландшафтов в Приморском крае // Картофель и овощи. – 2006. – № 6. – С.15-17.
29. Сакара Н.А., Иванов И.М. Современные подходы при построении и оценке овощных севооборотов в Приморском крае в рамках концепции экологически и экономически сбалансированного землепользования // Генезис и биология почв на юге Дальнего Востока. К 70-летию со дня рождения Г.И. Иванова. Владивосток: ДВО РАН, 1994. – С. 349-355.
30. Сакара Н.А., Колодкин В.Г., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И., Кольев Н.В. Влияние хлористого калия на урожай и качество продукции в овощных севооборотах на окультуренных почвах юга Приморья // Вестник ДВО РАН, 2018. – №3. – С.27-34.
31. Сакара Н.А., Колодкин В.Г., Тарасова Т.С., Жильцов А.Ю., Кольев Н.В., Нестерова О.В., Ознобихин В.И. Основные итоги и перспективы исследований в овощеводческом земледелии в условиях муссонного климата Приморья // Вестник ДВО РАН. – 2019. – № 3. – С. 64-68.
32. Сакара Н.А., Ознобихин В.И., Тарасова Т.С. Ванюшкина И.А. К определению пригодности сельскохозяйственных земель под овощные плантации по почвенным показателям в Приморском крае // Известия ВНИИО, 2023. – № 1. – С. 16-25.
33. Сакара Н.А., Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф. и др. Основные проблемы Дальнево-

сточного овощеводства // Овощи России. – 2020. – № 6. – С. 3-9.
34. Сидоренко С.П. Технологическое обоснование комплекса машин для возделывания овощных культур в зоне Дальнего Востока. Автореф. дис. …к.с.н. М.: ВНИИО, 1987. 23 с.
35. Синельников Э.П., Слабко Ю. Агрогенезис почв Приморья. М.: Изд-во ГНУ ВНИИА, 2005. – 280 с.
36. Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Пуртова Л.Н., Степанова А.М., Сакара Н.А., и др. Ирригационная эрозия почв в условиях муссонного климата. Владивосток: Изд-во ДВУ, 2010. – 120 с.
37. Степанов А.Н. Осушение земель Дальнего Востока. М.: Колос.1976. – 239 с.
38. Степанов А.Н., Безруков А.Ю., Майстренко М.С. и др. Орошение овощных культур малыми поливными нормами в условиях муссонного климата. Владивосток: ДальНИИГиМ, 1987. – 60 с.
39. Стрельченко Н.Е. Фосфатный режим переувлажняемых почв юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. – 143 с.
40. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв в России и пути его регулирования // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С.3-13
41. Федчун А.А. Известкование кислых почв в Приморском крае: Метод. указания / А.А. Федчун, Ю.И. Слабко, В.И. Ознобихин, А..А. Аксенов, А.А. Фёдоров, Б.К. Годун, В.И. Голов, Л.М. Рясинская, Н.В. Хавкина, Владивосток: ДВНЦ АН СССР (БПИ), 1985. – 56 с.
42. Федяй В.П. Итоги и перспективы исследований по разработке технологий производства овощей в Приморском крае // Аграрный вестник Приморья. – 2018. – №4 (12). – С. 23-27.
43. Черненков А.Д. Гребневой способ возделывания сахарной свёклы в нечерноземой полосе СССР // Достижения в науке и передовой опыт в свекловодстве. М.: Сельхозгиз. – 1957. – С. 50-59.
44. Щупак К.Д. Картофель в условиях избыточного увлажнения почв Еврейской автономной области // Тр. Дальневосточного филила АН СССР им. В.Л. Комарова. Серия растениеводство. – 1952. – Т. 1. – С. 83-100.
45. Якименко В.И., Ознобихин В.И., М.М. Морозов, И.Н. Пиценко Урожайность культур на мелиорируемых землях в экстремальные по переувлажнению годы [после тайфуна Джуди] // Повышение эффективности мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке: итоги и перспективы исследований: Тез. докл. IV зон. науч. конф. г. Уссурийск. Ч. I. Мелиорация земель. Кн. 3. Программирование урожаев на мелиорируемых землях. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 24-31.

УДК 631.58

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И НОРМ УДОБРЕНИЙ*

Свиридов В.И.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *kafdgmu@yandex.ru*

Резюме. *В работе доказывается, что лучшим предшественником ярового ячменя является люпин, прибавка урожайности после которого на всех фонах удобрений превысила 13 %; из-за роста затрат по мере повышения уровней удобренности прибыль увеличивается в меньшей степени, чем стоимость зерна при заметно выраженном преимуществе (до 23 %) варианта размещения ячменя после люпина.*

* *Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме НИР № FGZU-2022-0005 на 2023 г.*

Ключевые слова: *ячмень яровой, севооборот, удобрение, урожайность, рентабельность производства.*

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF GROWING SPRING BARLEY ON PRECURSORS AND FERTILIZER STANDARDS

Sviridov V.I.

Summary. *The paper proves that the best precursor of spring barley is lupin, the increase in yield after which exceeded 13% on all fertilizer backgrounds; due to the increase in costs as the levels of fertilization increase, the profit increases to a lesser extent than the cost of grain with a markedly pronounced advantage (up to 23%) of the option of placing barley after lupin.*
Key words: *spring barley, crop rotation, fertilizer, yield, profitability of production.*

Сдерживающими факторами увеличения производства зерна ячменя в условиях Центрального Черноземья являются размещение этой культуры после случайных предшественников и неоптимальность минерального питания [1-4].

Исследования выполнялись в стационарном опыте, развернутом одновременно в пространстве и времени, что позволило ежегодно получать данные по всем вариантам. Первый фактор в схеме опыта (А) севообороты: *зернопаропропашной* – черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень; *сидеральный* – сидеральный пар (люпин белый в фазе цветения), озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень; *плодосменный* – бобы конские на зерно, озимая пшеница, сахарная свекла, люпин белый на зерно, ячмень. Все схемы чередований изучались на четырех уровнях удобренности (фактор В): 1 – контроль без удобрений, 2 – $N_{30}P_{30}K_{30}$, 3 – $N_{40}P_{40}K_{40}$, 4 – $N_{52}P_{52}K_{52}$ в среднем на 1 га севооборотной площади. Озимая пшеница и сахарная свекла испытывали непосредственное влияние минеральных удобрений, внесенных соответственно под предпосевную культивацию и вспашку, а ячмень – последействие в севообороте. Нетоварная часть урожая всех культур заделывалась в почву.

На абсолютную величину урожайности ячменя решающим образом повлияли погодные условия. Наибольшей она была в благоприятном 2018 г., сравнительно невысокой – в 2016 г. (невысокие предпосевные влагозапасы) и в 2020 г. (засушливая вторая половина вегетации). Лучшим предшественником оказался люпин, прибавка урожайности после которого на всех фонах удобрений в среднем за период исследований превысила 13 % по сравнению с размещением ячменя после кукурузы на силос (таблица 1). В первую очередь это связано с высокой степенью биологизации плодосменного севооборота, насыщенного на 40% зернобобовыми культурами. Зеленое удобрение, заделанное в почву за четыре года до размещения ячменя, не оказало заметного влияния.

Повышение уровня удобренности ежегодно сопровождалось увеличением урожайности ячменя. В среднем за период исследований прибавка уро-

жайности к контролю в наиболее удобренном варианте во всех севооборотах составила 21-23 %, что в основном связано с повышением доз азота.

Таблица 1 – Урожайность ячменя в зависимости от предшественников и уровня удобренности в севооборотах, ц/га

Внесено на 1 га севооборота	Год						Среднее
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
После кукурузы на силос в зернопаропропашном севообороте							
$N_0P_0K_0$	23,6	29,5	36,7	29,7	26,8	27,5	29,0
$N_{30}P_{30}K_{30}$	25,6	30,1	40,1	34,2	28,6	31,4	31,7
$N_{40}P_{40}K_{40}$	29,4	34,6	40,0	33,6	29,6	35,0	33,7
$N_{52}P_{52}K_{52}$	29,7	36,5	44,6	35,0	29,0	36,2	35,2
После кукурузы на силос в сидеральном севообороте							
$N_0P_0K_0$	23,8	29,3	36,4	30,3	27,7	27,9	29,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	25,9	33,2	39,8	34,9	28,4	31,7	32,3
$N_{40}P_{40}K_{40}$	29,0	34,2	39,9	34,1	29,8	34,5	33,6
$N_{52}P_{52}K_{52}$	30,4	37,3	43,9	36,3	29,5	38,6	36,0
После люпина на зерно в плодосменном севообороте							
$N_0P_0K_0$	26,9	33,3	41,5	35,6	26,7	34,5	33,1
$N_{30}P_{30}K_{30}$	29,6	34,7	43,0	40,1	28,7	36,9	35,5
$N_{40}P_{40}K_{40}$	31,3	36,4	47,4	40,5	29,6	39,2	37,4
$N_{52}P_{52}K_{52}$	31,8	42,0	49,8	41,4	33,8	42,4	40,2

Экономическая эффективность возделывания ячменя, рассчитанная на основе отчетов об отраслевых показателях деятельности организаций агропромышленного комплекса Курской области с учетом фактической стоимости использованных в опыте минеральных удобрений, существенно зависела от изучаемых факторов (таблица 2). Стоимость полученного зерна была напрямую связана с величиной урожая. Поэтому в контрастные по урожайности годы отклонения стоимости продукции от средней за шесть лет составили от -15,6-21,0 % до 21,9-26,5 %.

По мере повышения уровня удобренности наряду с ростом урожайности повышалась и стоимость произведенного зерна. В наиболее удобренном варианте во всех севооборотах она была в 1,2 раза выше по сравнению с контролем, а размещение после люпина позволило достигнуть на 11-14 % (в пределах вариантов удобрений) большей стоимости, чем после кукурузы на силос.

Производственные затраты, относимые на себестоимость зерна, возрастали с повышением норм удобрений как за счет стоимости последних, так и за счет дополнительных расходов на уборку возрастающей урожайности. Однако, прибыль при этом увеличивается благодаря большему повышению сопряженной с ростом урожайности стоимости. Относительная разница в прибыли по уровням удобренности колеблется от 0,6 до 6,8 %, а преимущество

по этому показателю варианта с размещением ячменя после люпина в пределах одинаковых фонов удобрений было на 16-23 % большим, чем после кукурузы на силос.

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания ячменя в зависимости от предшественников и удобрений (в среднем за 2016–2021 гг.)

Доза удобрений на 1 га севооборота	Стоимость зерна, тыс. руб./га*	Затраты на выращивание ячменя, тыс. руб./га*	Прибыль, тыс. руб. га	Уровень рентабельности, %
После кукурузы на силос в зернопаропропашном севообороте				
$N_0P_0K_0$	29,4	15,7	13,7	87,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	32,1	17,9	14,2	79,3
$N_{40}P_{40}K_{40}$	34,2	19,2	15,0	78,1
$N_{52}P_{52}K_{52}$	35,7	20,3	15,4	75,9
После кукурузы на силос в сидеральном севообороте				
$N_0P_0K_0$	29,6	15,8	13,8	87,4
$N_{30}P_{30}K_{30}$	32,8	18,2	14,6	80,2
$N_{40}P_{40}K_{40}$	34,1	19,1	15,0	78,5
$N_{52}P_{52}K_{52}$	36,5	20,7	15,8	76,3
После люпина на зерно в плодосменном севообороте				
$N_0P_0K_0$	33,6	16,7	16,9	101,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	36,0	19,0	17,0	89,5
$N_{40}P_{40}K_{40}$	37,9	20,3	17,6	86,7
$N_{52}P_{52}K_{52}$	40,8	22,0	18,8	85,5

*В ценах 2018–2020 гг.

Уровень рентабельности снижается по мере повышения норм удобрений из-за опережающего роста затрат в сравнении с прибавкой прибыли. Самым высоким этот показатель оказался в наиболее биологизированном плодосменном севообороте.

Таким образом, можно заключить, что лучшим предшественником для хорошо откликающегося на последействие удобрений ярового ячменя является люпин белый в плодосменном севообороте; повышение уровня удобренности и степени биологизации в севооборотах положительно отражается на экономической эффективности возделывания ячменя, размещение которого после зернобобовых культур особенно важно в хозяйствах с большой потребностью в зернофураже [5].

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. 3-7.

2. Бабунов А.Б., Бадин А.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя Саншайн, а также вынос элементов питания // Достижения науки и

техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 8. – С. 32-34.
3. Пискарева Л.А., Чевердин А.Ю. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и стимуляторов роста в посеве ярового ячменя (*Hordeum sativum L.*) // Агрохимия. – 2022. – № 1. – С. 21-31.
4. Чулков В.А., Чулкова В.В., Парамонова Е.Г. Влияние сидератов на урожайность ярового ячменя. // Молодежь и наука. – 2020. – № 7. – С. 9.
5. Акименко А.С., Свиридов В.И., Дудкина Т.А., Вавин В.Г. Зерновая продуктивность свекловичных севооборотов в зависимости от степени биологизации в условиях Центрального Черноземья // Земледелие. – 2022. – № 3. – С. 12-18.

УДК 633.71:631.86

ОЗДОРОВЛЕНИЕ НЕСМЕНЯЕМОГО СУБСТРАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ АГРОВЕРМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТАБАКА

Сидорова Н.В.[1], Плотникова Т.В.[1], Егорова Е.В.[2]
[1]ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, г. Краснодар,
E-mail: *agrotobacco@mail.ru*
[2]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», г. Краснодар

Резюме. *Трехкратное применение органического удобрения Агроверм (0,3 мл/м^2) при выращивании табачной рассады на несменяемом субстрате способствует повышению биологической активности смеси, увеличению содержания основных питательных элементов, снижению микопатогенной нагрузки, увеличению выхода качественной стандартной рассады табака на 36-39%, повышению урожайности на 16-20% и улучшению качества табачного сырья.*
Ключевые слова: *табак, рассада, несменяемая питательная смесь, микопатогены, биологическая активность, удобрение Агроверм, урожайность, качество сырья.*
Summary. *Three times the use of organic fertilizer Agroverm (0.3 ml/m^2) when growing tobacco seedlings on a non-replaceable substrate helps to increase the biological activity of the mixture, increase the content of basic nutrients, reduce mycopathogenic load, increase the yield of high-quality standard tobacco seedlings by 36 - 39%, increase yield by 16-20% and improve the quality of raw tobacco.*
Key words: *tobacco, seedlings, non-replaceable nutrient mixture, mycopathogens, biological activity, Agroverm fertilizer, productivity, quality of raw materials.*

Одним из факторов, препятствующим получению качественной стандартной рассады табака является несменяемая питательная смесь рассадника. Продлить срок использования парниковой смеси возможно при помощи применения органических удобрений, которые позволяют восстановить и оздоровить несменяемый питательный субстрат рассадника, снизить микопатогенную нагрузку и оказать положительное влияние на рост и развитие растений. Среди большого многообразия агрохимикатов особый интерес представляют органические удобрения на основе гуминовых составляющих, среди которых хорошие результаты на табаке показало удобрение АгроВерм универсальный. Это жидкое органическое гуминовое биоудобрение на основе вер-

микомпоста, в состав которого входят водорастворимые фракции микроэлементов, органические кислоты и фитогормоны.

Исследования по оздоровлению несменяемого субстрата с помощью удобрения Агроверм проведены на опытно-экспериментальной базе ВНИИТТИ (г. Краснодар) в 2019-2020 гг. Табачную рассаду сортов табака Крупнолистный 9 М и Крупнолистный 11 выращивали в необогреваемых парниках на длительно несменяемой питательной смеси с предварительным созданием фона $N_{35}P_{30}K_{35}$ из расчета 50% от оптимального содержания основных питательных элементов. Такая питательная смесь являлась контролем и фоном. Испытываемое органическое удобрение АгроВерм универсальный вносили трижды в дозе 0,3 мл/м^2 до посева семян (за 3-4 дня) и в период вегетации рассады (через 2 и 4 недели после посева семян) с поливной водой из расчёта 1 л/м^2. Удобрение оценивали по его влиянию на «дыхание субстрата» на его нитрифицирующую способность и активность целлюлозоразрущающих микроорганизмов. Изучали видовой состав микрофлоры смеси. Качество рассады оценивали по биометрическим показателям перед выборкой [1].

Полевой опыт закладывался в соответствии с парниковым опытом. В период вегетации проводили измерение высоты растений, подсчитывали количество недоразвитых и продуктивных растений (имеющих соцветия с побуревшими коробочками и плодоножкой бурого цвета [2]). Площадь листа среднего яруса определяли по таблицам Губенко [3]. Химический состав табачного сырья осуществляли в лаборатории химии и контроля качества института. Для оценки достоверности полученных данных использовали метод статистической обработки результатов по Доспехову [4].

Применение удобрения гуминовой природы АгроВерм универсальный в рассаднике способствует процессу очищения деградированной питательной смеси от патогенных грибов, при этом поражения растений табака рассадными гнилями не отмечалось. При микробиологическом анализе питательной смеси с применением удобрения АгроВерм выявились единичные колонии гриба *Penicillium* spp., в контрольном варианте опыта обнаружены грибы родов *Alternaria* spp. (3,5 тыс. КОЕ/г абсолютной сухой почвы), *Penicillium* spp. (2,5 тыс. КОЕ/г) и *Rhizopus* spp. (1,0 тыс. КОЕ/г).

Органическое удобрение способствовало улучшению агрохимических свойств парниковой смеси за счет обогащения её подвижными питательными элементами. Отмечено увеличение содержания в рассадном субстрате нитратов на 68-74 %, аммиачного азота – на 68-76 %, подвижного фосфора – на 20-31 % и обменного калия – на 56-42 % по сравнению с контрольными показателями (таблица.1).

Испытанное удобрение АгроВерм оказало положительное влияние на биологическую активность почвы. Исследованиями установлено увеличение нитрификационной способности почвы в 3,3 и 1,9 раза в сравнении с контролем, отмечено усиление деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 4,0 и 2,4 раза. Процесс выделения углекислого газа (дыхание почвы) при внесении удобрения активизирует дыхательные свойства питательной

смеси в 1,8-1,9 раза. В результате предотвращается дальнейшая деградация несменяемой деградированной питательной смеси, восстанавливается ее плодородие, что положительно сказывается на росте и развитии рассады и растений в поле и, в конечном итоге, на урожайности табака.

Таблица 1 – Влияние удобрения АгроВерм универсальный на содержание основных питательных элементов в питательной смеси рассадника

Вариант	Содержание мг на 100 г смеси			
	NH_4	NO_3	P_2O_5	K_2O
Сорт табака Крупнолистный 9 М (2019 г.)				
Контроль	1,80	10,10	16,12	14,7
АгроВерм	4,83	27,11	19,29	23,0
Сорт табака Крупнолистный 11 (2020 г.)				
Контроль	2,35	9,12	13,02	15,6
АгроВерм	4,13	15,89	17,06	22,1

Примечание. Опыт заложен на фоне $N_{35}P_{30}K_{35}$ (50% от оптимального содержания подвижных форм азота, фосфора и калия). Отбор образцов проведен через 30 суток после первого внесения удобрения.

Эффективность применения испытанного удобрения в рассаднике подтверждается биометрическими показателями растений. Так, длина обработанных растений увеличилась до точки роста на 95 % и 44 %, до конца вытянутых листьев – на 73 % и 44 %, корневая масса рассады превысила контроль на 37 % и 41 %, а наземная – на 86 % и 58 %. (сорт Крупнолистный 9 М и Крупнолистный 11 соответственно) (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние удобрения АгроВерм универсальный на формирование и выход стандартной рассады табака

Вариант	Длина (см) до		Количество листьев, шт.	Диаметр стебля, мм	Масса (г) 25 сырых		Выход стандартной рассады, шт./м^2
	точки роста	конца вытянутых листьев			стеблей	корней	
Сорт табака Крупнолистный 9 М							
Контроль	8,8	16,1	5	3,9	102,1	5,9	640
АгроВерм	17,2	27,9	5-6	5,0	190,1	8,1	888
Сорт табака Крупнолистный 11							
Контроль	9,0	16,0	5	3,8	95,5	4,9	670
АгроВерм	13,0	23,0	5	4,8	150,9	6,9	914

Выход стандартной рассады к моменту высадки в поле при использовании удобрения составил 888 шт./м^2 (сорт Крупнолистный 9 М) и 914 шт./м^2(сорт Крупнолистный 11), что превысило значение контроля на 39 % и 36 %. Косвенная оценка развития корневой системы (способность корней удерживать питательную смесь после выборки) позволяет установить, что удерживающая способность субстрата увеличивается в 2,2 раза (сорт Крупнолистный 9 М) и 1,9 раза (сорт Крупнолистный 11).

В полевых опытах наблюдения показали, что табачная рассада, обработанная препаратом АгроВерм, лучше приживалась и адаптировалась к внеш-

ним воздействиям и активнее росла. В результате к концу уборки разница по высоте между контрольными и удобренными растениями в парниковый период составила 5 % (сорт Крупнолистный 9 М) и 6 % (сорт Крупнолистный 11) (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние удобрения АгроВерм универсальный на динамику роста растений табака, размеры листьев и урожайность табачного сырья

Вариант	Высота растений, см			Площадь листа среднего яруса, $см^2$	Урожайность, ц/га
	через 45 суток	через 60 суток	в конце уборки		
Сорт табака Крупнолистный 9 М					
Контроль	31	60	192	601	41,9
АгроВерм	35	67	209	695	50,2
$НСР_{05}$					*2,22*
Сорт табака Крупнолистный 11					
Контроль	33	60	190	630	42,4
АгроВерм	37	64	202	748	49,0
$НСР_{05}$					*2,51*

Примечание. Удобрения применяли при выращивании рассады табака.

Применение удобрения в рассадный период привело к увеличению площади листьев на 16 % (сорт Крупнолистный 9 М) и 19 % (сорт Крупнолистный 11). По количеству технических листьев, убранных с одного растения, разница между удобренными и контрольными растениями составила 2-3 листа. Отставание в росте и развитии растений на контрольных делянках отразилось и на количестве недоразвитых растений, их было больше на 10 % и 8 % (таблица 5). Применение удобрения позволило сократить вегетационный полевой период, получить более дружное формирование соцветий и, как следствие, увеличить количество продуктивных семенных растений. Количество растений с побуревшими коробочками к концу уборки составило 43 % (сорт Крупнолистный 9 М) и 45 % (сорт Крупнолистный 11) (на контроле – 23 % и 35 %).

Трехкратное применение удобрения АгроВерм в дозе 0,3 $мл/м^2$ при выращивании табачной рассады сорта Крупнолистный 9 М позволило получить достоверную прибавку и обеспечило повышение урожайности сырья на 8,3 ц/га (20%) по сравнению с контролем ($НСР_{05}$ = 2,22 ц/га). При выращивании рассады сорта Крупнолистный 11 с использованием удобрения обеспечило достоверную прибавку урожая табака 6,6 ц/га (16%) ($НСР_{05}$ = 2,51 ц/га).

Важным показателем на фоне получения высокого урожая является качество табачного сырья. Основными показателями при этом являются белки, никотин и углеводы. Так, никотин определяет уровень крепости табака, углеводы и белки – его вкусовые свойства.

Применение удобрения АгроВерм способствует повышению содержания углеводов в листьях табака. Углеводно-белковое соотношение (число Шмука), общепринятый показатель оценки качества превышает в 2,9 и 1,2 раза контрольные показатели, что говорит об изменении химического состава та-

бачного сырья в лучшую сторону. Хлора в табачных листьях по всем вариантам обнаружено в пределах допустимого – 0,11-0,15 % (не должен превышать 0,4 %), что свидетельствует о нормальной горючести сырья (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние я удобрения АгроВерм на химический состав табачного сырья

Вариант	Содержание, %				Число Шмука
	никотина	углеводов	белков	хлора	
Сорт табака Крупнолистный 9 М					
Контроль	1,1	1,8	6,2	0,15	0,29
АгроВерм	1,1	4,7	5,6	0,13	0,84
Сорт табака Крупнолистный 11					
Контроль	2,6	4,9	5,9	0,13	0,83
АгроВерм	2,3	5,7	5,8	0,11	0,98

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что органическое удобрение АгроВерм универсальный, способствует оздоровлению несменяемого рассадного субстрата при выращивании табака за счет повышения биологической активности, увеличения содержания питательных элементов и снижения патогенной нагрузки. Ростостимулирующее свойство удобрения способствовало увеличению биометрических показателей рассады, выхода растений с единицы площади, роста растений в поле, площади листьев, повышению урожайности и улучшению качества сырья.

Библиографический список

1. Алёхин С.Н., Плотникова Т.В., Саломатин В.А. [и др.]. Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках / ГНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2013. – 27 с.
2. Яковук А.С. Биологические основы культуры табака на семена. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 231 с.
3. Губенко Ф.П. Таблицы площадей табачных листьев (группа третья). Симферополь: Гос. изд-во Крымской АССР, 1936. – 45 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.41:631.445.4:631.34(470.62)

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ К РЕГУЛИРОВАНИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО КУБАНСКОЙ РАВНИНЫ В АГРОЦЕНОЗЕ ЛЮЦЕРНЫ

Слюсарев В.Н., Швец Т.В.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар
E-mail: *vskubsoil@gmail.com*

Резюме. *Установлена степень изменения физико-химических свойств чернозема выщелоченного при возделывании люцерны агрономическими технологиями различной интенсификации в многолетнем полевом опыте.*

Ключевые слова. *Чернозем выщелоченный, агротехнологии, люцерна, физико-химические свойства, динамика, многолетний полевой опыт.*

Summary. *The degree of change in the physico-chemical properties of leached chernozem during the cultivation of alfalfa by agronomic technologies of various intensification in long-term field experience has been established.*
Key words. *Chernozem leached, agricultural technologies, alfalfa, physical and chemical properties, dynamics, many years of field experience.*

Последние десятилетия все большую дискуссию вызывает неоднозначное отношение к плодородию почв. В природных растительных формациях в процессе естественного отбора сформировалось такое равновесие, при котором состав, свойства и режимы почвы соответствуют биологическим особенностям конкретного биоценоза. Поэтому к различным видам растений и их биологическим группам установился свой уровень и характер плодородия. Одна и та же почва может быть плодородна для одних растений и мало плодородна для других. Например, плодородие кислых желтоземов соответствует биологическим особенностям цитрусовых культур и чая, в то же время они малопродуктивны для многих зерновых и пропашных сельскохозяйственных культур. Культурные растения унаследовали приуроченность их диких предков к определенным экологическим условиям. Поэтому оценка плодородия одной и той же почвы под разные культуры может существенно различаться [2, 3, 4].

Кроме этого важного аспекта, плодородие почвы должно рассматриваться как способность не только производить урожай растений, но и обеспечивать воспроизводство самой почвы как среды жизнеобеспечения. Для этого необходимо создавать такие условия в агроценозах, чтобы почва могла реализовывать ее экологические функции и, прежде всего, поддерживать условий среды, от которых зависят рост и развитие растений, урожайность и качество продукции. Это способность поддерживать фитосанитарные условия, противостоять токсикозу, обладать буферной способностью по отношению к минеральным удобрениям, мелиорантам, механическим обработкам, способностью сохранять оптимальные физические свойства при орошении и пр.

Одним из важнейших критериев уровня плодородия почвы является состояние почвенного поглощающего комплекса (ППК), способность его нормально функционировать в условиях агроценоза. Судить об этом можно по физико-химическим свойствам, которые характеризуют состояние ППК. К ним относят емкость катионного обмена (ЕКО), сумму поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями и виды почвенной кислотности и щелочности. Однако, не все свойства одинаково поддаются изменению во времени, в одинаковой степени и с одинаковой скоростью, а значит, и характер их регулируемости имеет разные параметры [3, 4].

Целью наших исследований было проследить за изменением физико-химических свойств чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоглинистого в условиях агроэкологического мониторинга, где в зернотравяно-пропашном 11-польном севообороте возделывали зерновые, пропашные культуры и люцерну с использованием технологий различной интенсификации [1, 5, 6]. Для изучения динамики физико-химических свойств была

выбрана люцерна сорт «Багира», выращиваемая в погодных условиях первой и второй ротации севооборота в выводном клине.

В опыте изучали следующие факторы в трех градациях: А – условный уровень плодородия почвы, В – система удобрений, С – система защиты растений. Основная часть наблюдений, учетов и анализов в исследованиях проводились на вариантах 000, 111, 222 и 333 на фоне основной обработки почвы: безотвальной (D_1), рекомендуемой в сельскохозяйственной зоне (D_2) и отвальной с периодическим глубоким рыхлением (D_3) [1, 5].

Статистическую обработку результатов анализа почвы выполняли по схеме двухфакторного опыта. Пробы почв отбирали с пахотного и подпахотного слоев. Изучались общепринятыми методами следующие физико-химические свойства:

– сумма обменных оснований (общее количество поглощенных основных катионов кальция, магния, натрия, калия, аммония способных к обмену);
– емкость катионного обмена (суммарное количество способных к обмену основных и кислотных катионов);
– степень насыщенности почвы основаниями (отношение суммы обменных оснований к емкости катионного обмена, выраженное в процентах);
– виды почвенной кислотности (активную и гидролитическую) [5, 6].

Сопутствующие агрометеорологические наблюдения показали (метеостанция г. Краснодар), что с 1997 по 2021 годы среднегодовое количество осадков составило 727 мм (+79 мм к многолетней). За этот период среднегодовая температура воздуха составила 12,4°С (+1,6°С к многолетней). По увлажнению близкими к средней многолетней были 2000, 2003, 2007, 2014, 2018 гг., а 2008, 2009, 2010, 2012, 2019, 2020 гг. – наиболее засушливые. Все остальные годы превышали показатель средней многолетней суммы осадков на 7 – 49% [5, 7].

Результаты многолетних исследований показали, что в периоды 1998–2000, 2009–2011 и 2020–2022 гг. показатели суммы обменных оснований на варианте с применением экстенсивной технологии составили, соответственно 38,4; 38,0 и 35,9 мг-экв/100 г почвы, что в среднем за три периода соответствовало 37,4 мг-экв/100 г почвы (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика суммы обменных оснований чернозёма в зависимости от технологий возделывания люцерны, мг-экв на 100 г. почвы

Индекс технологии (АВС) и обработки почвы (D)	1998–2000 гг.	2009–2011 гг.	2020–2022 гг.	Средние за 24 года
Экстенсивная (000)	38,4	38,0	35,9	37,4
Беспестицидная (111)	38,7	38,8	36,4	38,0
Экологически допустимая (222)	40,6	38,7	37,1	39,6
Интенсивная (333)	39,8	39,1	37,7	38,9
Безотвальная (D_1)	39,0	38,7	36,7	38,1
Рекомендуемая (D_2)	40,0	38,4	36,6	38,3
Отвальная (D_3)	39,3	38,3	36,7	38,1
$НСР_{05}$ для АВС	1,2–2,5	1,0–2,4	1,00–2,00	–
$НСР_{05}$ для D	1,0–2,0	0,9–2,1	0,85–1,72	–

С ростом интенсификации агротехнологий установлена тенденция к увеличению суммы обменных оснований. На вариантах с применением интенсивной агротехнологии ее показатели составили, соответственно по периодам наблюдений 39,8; 39,1 и 37,7 (в среднем за три периода 38,9 мг-экв/100 г.). Следовательно, несмотря на высокие уровни органических и минеральных удобрений, предусмотренные интенсивной технологией, значения суммы обменных оснований изменились за 24 года только на 4,0% относительно вариантов с экстенсивными приемами выращивания люцерны. Следует отметить, что скорость изменения данных параметров невелика. По данным В.И. Кирюшина степень изменения сумма обменных оснований может достигать 15-35% и 5-25 % степени насыщенности. Относительная скорость изменения параметров, как показывает опыт, превышает 15 лет [3].

Изучение динамики гидролитической кислотности в зависимости от интенсификации применяемых в опыте агротехнологий выращивания люцерны показал, что в периоды 1998–2000, 2009–2011 и 2020–2022 гг. ее показатели на варианте с применением экстенсивной технологии составили, соответственно 3,05; 3,00 и 2,75 мг-экв/100 г почвы, что в среднем за три периода соответствовало 2,94 мг-экв/100 г (табл. 2).

Следовательно, за 24 года применение интенсивных технологий выращивания люцерны способствовало уменьшению величины гидролитической кислотности на 8,2%. Этот вид потенциальной почвенной кислотности принято относить к свойствам относительно регулируемым.

Таблица 2 – Динамика гидролитической кислотности чернозёма в зависимости от технологий возделывания люцерны, мг-экв на 100 г. почвы

Индекс технологии (АВС) и обработки почвы (D)	1998–2000 гг.	2009–2011 гг.	2020–2022 гг.	Средние за 24 года
Экстенсивная (000)	3,05	3,00	2,75	2,93
Беспестицидная (111)	3,20	2,69	2,55	2,81
Экологически допустимая (222)	3,10	2,62	2,54	2,75
Интенсивная (333)	3,02	2,57	2,49	2,69
Безотвальная (D_1)	2,89	2,71	2,57	2,72
Рекомендуемая (D_2)	3,20	2,82	2,71	2,91
Отвальная (D_3)	3,18	2,62	2,47	2,76
$НСР_{05}$для АВС	0,41–0,32	0,29–0,62	0,26–0,38	–
$НСР_{05}$ для D	0,21–0,32	0,25–0,53	0,20–0,29	–

Активная кислотность, обусловленная содержанием катионов водорода и алюминия, является весьма динамичным показателем (табл. 3).

В периоды 1998–2000, 2009–2011 и 2020–2022 гг. на варианте с применением экстенсивной технологии они составили, соответственно 6,61; 6,71 и 6,63 значений pH, что в среднем за три периода соответствовало pH 6,65. Изменение реакции почвенного раствора составило от исходных значений всего 2,1 %.

Таблица 3 – Динамика активной кислотности чернозёма в зависимости от технологий возделывания люцерны, pH_{H_2O}

Индекс технологии (АВС) и обработки почвы (D)	1998–2000 гг.	2009–2011 гг.	2020–2022 гг.	Средние за 24 года
Экстенсивная (000)	6,61	6,71	6,63	6,65
Беспестицидная (111)	6,56	6,86	6,74	6,72
Экологически допустимая (222)	6,63	6,84	6,81	6,78
Интенсивная (333)	6,68	6,83	6,87	6,79
Безотвальная (D_1)	6,67	6,83	6,75	6,75
Рекомендуемая (D_2)	6,62	6,79	6,79	6,73
Отвальная (D_3)	6,58	6,79	6,79	6,72
$НСР_{05}$ для АВС	0,14–0,17	0,14–0,15	0,16–0,39	–
$НСР_{05}$ для D	0,12–0,14	0,12–0,13	0,12–0,32	–

Таким образом, параметры физико-химических свойств чернозема выщелоченного при увеличении уровня интенсификации технологий выращивания люцерны в 11-польном севообороте отличаются степенью своего изменения.

Наблюдениями 24-летнего периода установлено, что большей степенью изменения отличаются показатели гидролитической кислотности, которые на вариантах с применением интенсивной технологии уменьшались в среднем на 8,2 % по сравнению с вариантами экстенсивной агрономической технологии.

Степень изменения показателей суммы обменных оснований и активной кислотности за этот период составил, соответственно 4,0 и 2,1 %.

Объединение параметров физико-химических свойств чернозема выщелоченного по степени изменчивости позволяет корректировать технологические приемы выращивания полевых культур и прогнозировать уровень плодородия чернозема выщелоченного.

Библиографический список

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. − Краснодар, 1997. – 236 с.
2. Добровольский Г.В. и др. Почвы в биосфере и жизни человека: монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.
3. Почвообразовательные процессы. Коллектив авторов; под ред. М.С. Симаковой, В.Д. Тонконогова. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. – 510 с.
4. Онищенко Л.М. Чернозем выщелоченный западного Предкавказья: некоторые вопросы происхождения и современное состояние / Л.М. Онищенко, В.Н. Слюсарев, Т.В. Швец // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2013. – № 42. – С. 74-80.
5. Слюсарев В. Н. Почвенный поглощающий комплекс чернозема выщелоченного, как показатель функционирования почвенной системы и пути его регулирования / В. Н. Слюсарев, А. В. Бузоверов, В. П. Власенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2013. – № 44. – С. 126–130.
6. Терпелец В.И. Физико-химические свойства чернозёма выщелоченного в агроценозах с различным антропогенным воздействием / В.И. Терпелец, В. Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 12. – С. 110–114.
7. Терпелец В.И. Динамика порового пространства гидрометаморфизованных почв Северо-Западного Кавказа при их сельскохозяйственном использовании / В.И. Терпелец, В.Н.

Слюсарев, В.П. Власенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – № 36. – С. 140–144.

УДК 631.417:631.95

ПОЧВЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Смотрина Ю.А. [1], Лаптева Е.М. [2], Далькэ И.В.[1,2], Захожий И.Г.[2]
[1] ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар
[2]Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: [1]*smotrina-juliya@yandex.ru*, [2]*lapteva@ib.komisc.ru*

Резюме. *Содержание почвенного органического вещества залежи определяется состоянием растительного покрова, типом почвы, ее гранулометрическим составом и другими агрофизическими свойствами, мощности гумусового слоя и дернины, а также закустаренности и видового состава растительных сообществ.*
Ключевые слова: *постагрогенные экосистемы, почвенное плодородие, гумус, борщевик Сосновского.*
Summary. *The soil organic matter content of the deposit is determined by the vegetation status, the type of soil, its granulometric composition and other agrophysical properties, the thickness of the humus layer and the turf, and the snack and species composition of the plant communities.*
Key words: *postagrogenic ecosystems, soil fertility, humus, Sosnovsky's borschavek.*

На рубеже XX-XXI вв. во многих регионах Российской Федерации, в т.ч. в Республике Коми, начался вывод сельскохозяйственных земель из режима агроиспользования и формирование постагрогенных экосистем. Постагрогеная трансформация почв привела к существенным изменениям почвенных параметров, определяемых уровнем окультуренности, продолжительностью сукцессии, стадией и типом растительности, а также особенностями использования до и после перевода в залежное состояние. В подзоне средней тайги на залежных участках при отсутствии ежегодного сенокошения происходила достаточно быстрая смена луговой стадии стадией мелколиственных молодняков, часть залежей заросла борщевиком Сосновского, который препятствует развитию древесных сообществ [1].

Цель работы – оценить влияние сукцессионной смены растительности на содержание и динамику почвенного органического вещества в постагрогенных экосистемах средней тайги.

Для выполнения исследований выбран модельный участок площадью около 1 га, который расположен на территории Радиобиологического комплекса Института биологии Коми НЦ УрО РАН (координаты: 61.645851 с. ш., 50.731263 в. д.). Данный участок 10 лет назад выведен из системы агрорежима и в настоящее время активно зарастает *H. sosnowskyi*. В пределах участка выделены площадки для отбора проб почвы из бывшего пахотного горизонта: (1) центральная часть участка, зарастающая *H. sosnowskyi;* (2) периферическая часть участка, на которой сохранена злаково-разнотравная растительность без внедрения особей *H. sosnowskyi;* (3) участок луга, зарастающий

осиной – *Populus tremula* L.

Образцы почв на каждой площадке отбирали из бывшего пахотного горизонта на глубину 0-20 см с июня по октябрь 2022 гг. в 5-кратной повторности методом конверта. Анализировали смешанные образцы, составленные из 5 индивидуальных, в лаборатории отдела почвоведения ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Содержание органического углерода (Сорг.) в почвах определяли методом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием [2], состав гумуса – методом Тюрина в модификации Плотниковой-Пономаревой [3].

Известно, что зарастание заброшенных земель лесной растительностью приводит к ухудшению гумусового состояния постагрогенных почв на ранних стадиях (до 20 лет) сукцессии [4]. В то же время развите травянистой растительности на залежных участках, создание на них многолетних злаково-разнотравных лугов позволяет сохранить почвенное плодородие. Ранее проведнные нами исследования показали, что масштабное внедрение в постагрогенные экосистемы борщевика Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* Manden. в биоклиматических условиях средней тайги оказывает значимое влияние на сохранение и поддержание плодородия их почв [5]. Преобладание в структуре фитомассы *H. sosnowskyi* надземных (65,3 %) органов над подземными (34,8 %) способствует возврату в почвы постагрогенных экосистем значительного количества быстро минерализуемого органического вещества (Сорг. 7,4 т/га), азота (208 кг/га) и зольных элементов (847 кг/га). Это обусловливает сохранение на высоком уровне содержания в почвах органического углерода, азота, подвижных форм фосфора, калия и обменного кальция по сравнению с аналогичными почвами, занятыми злаково-разнотравными сообществами.

Исследования, проведенные на модельном участке, показали, что в почвах рассмотренного ряда постагрогенных экосистем: молодое осиновое сообщество → злаково-разнотравное сообщество → заросли борщевика Сосновского наблюдается закономерное возрастание содержания гумуса. В почве осинника содержание гумуса в среднем за вегетационный период составило 4,1±1,4 %, на участке злаково-разнотравного луга – 6,8±0,6 %, в зарослях борщевика – 8,4±0,9 %. Полученные данные свидетельствуют об изначально высоком уровне содержания гумуса в почвах модельного участка. Это может быть связано с высоким уровнем окультуренности его почв до перевода пахотного участка в залежь. Для сравнения, в Республике Коми содержание гумуса в почвах пахотных угодий варьирует в зависимости от уровня окультуренности от 1,5-1,8 % (слабоокультуренные почвы) до 3-4 % (высокоокультуренные почвы) [6]. Возрастание содержания гумуса под травянистой растительностью и особенно на участках с зарослями борщевика обусловлено поступлением значительной массы быстро минерализуемого растительного опада и его включением в процессы минерализации и гумификации.

Исследование фракционно-группового состава гумуса в рассмотренном ряду почв показало следующее. На участках со злаково-разнотравным и древесным сообществами величина Сгк/Сфк составила 0.5-0.8, на участке с борщевиком – 1.2-1.5. Это свидетельствует о возрастании в составе гумуса за-

лежных участков, особенно зарастающих мелколиственным молодняком, лабильных, высокоагрессивных компонентов – фульвокислот (Сгк/Сфк в почве мелколиственного молодняка 0.5-0.6, в почве залежного луга – 0.7-0.8). Для этих участков отмечено снижение обогащенности гумуса азотом – в почве мелколиственного молодняка величина отношения C/N ~ 13-15, в почве луга ~ 10-12. Это может быть обусловлено активизацией процессов элювиирования под пологом лесных сообществ [7]. Увеличение доли фульвокислот в составе гумуса на участках со злаково-разнотравной растительностью и осиновым молодняком отражает специфику зонального почвообразовательного процесса [8], внедрение в постагрогенные экосистемы борщевика Сосновского сдвигает процесы гумусообразования в сторону формирования более устойчивого – фульватно-гуматного типа гумуса.

Таким образом, в условиях средней тайги Республики Коми формирующиеся на залежных землях самоподдерживающиеся сообщества борщевика Сосновского выполняют функцию сидератной культуры. Это способствует сохранению и поддержанию высокого уровня плодородия пахотных почв на постагрогенном этапе их трансформации.

Библиографический список

1. Елькина Г.Я. Физико-химическое и биологическое состояние постагрогенных подзолистых почв средней тайги / Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева, И.А. Лиханова, Ю.А. Смотрина, Ю.А. Виноградова, В.А. Ковалева, Е.М. Перминова, Ю.В. Холопов // Почвы – стратегический ресурс России: материалы пленарных докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. – Часть 1. – С. 102-103.
2. Методика измерений № 88-17641-001-2020 (ФР.1.31.2020.38218). Почвы, грунты, почвообразующие породы, донные отложения. Методика измерений массовой доли углерода органических соединений и органического вещества фотометрическим методом (методы Тюрина и Уолкли-Блэка) / Е.В. Ванчикова, Б.М. Кондратёнок, Е.М. Лаптева, Е.В. Шамрикова, С.Н. Кострова, Е.А. Туманова, А.П. Давыдова, Е.И. Лю-Лян-Мин, Т.В. Зонова. ИБ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2020. – 51 с.
3. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука, 1980. – 222 с.
4. Субботина М.Г. Технология повышения почвенного плодородия дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв при выводе пахотных земель под залежь в Среднем Предуралье: рекомендации производству / Субботина М.Г., Михайлова Л.А., Волошин В.А. и др. Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2016. – 28 с.
5. Лаптева Е.М. Влияние инвазии борщевика Сосновского (Heracleum *sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока / Е.М. Лаптева, И.Г. Захожий, И.В. Далькэ, Ю.А. Смотрина, Э.А. Генрих // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 3. – С. 66-73.
6. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.
7. Курганова И.Н. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции / И.Н. Курганова, В.М. Телеснина, В.О. Лопес де Гереню, В.И. Личко, Е.И. Караванова // Почвоведение. – 2021. – № 3. С. 287-303.
8. Елькина Г.Я. Особенности постагрогенной трансформации подзолистых почв средней тайги / Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева, И.А. Лиханова, Ю.В. Холопов, Ю.А. Смотрина, А.В.

Уляшев // Почвы – стратегический ресурс России: материалы пленарных докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. – Часть 2. – С. 157-158.

УДК 631.51.01; 631.311

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Соколов Н.М.[1], Стрельцов С.Б.[1], Худяков В.В., Покусаев П.А.[1]
[1]ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов.
E-mail: *ariser@yandex.ru*

Резюме. *Разработан технологический процесс ресурсосберегающей обработки почвы на склонах, позволяющий повысить их противоэрозионную устойчивость. Проведены исследования нового ресурсосберегающего способа обработки и технического средства, приведены результаты агроэкологических показателей, позволяющие повысить экологическую безопасность за счет сокращения потерь воды на 45,2 % и почвы в 3,6 раза.*
Ключевые слова: *технологический процесс, почвообрабатывающее орудие, противоэрозионный микрорельеф, кулиса, основная обработка почвы.*
Summary. *A technological process of resource-saving tillage on slopes has been developed, which allows to increase their erosion resistance. Studies of a new resource-saving method of processing and technical means have been carried out, the results of agroecological indicators are presented, which make it possible to increase environmental safety by reducing water losses by 45.2% and soil by 3.6 times.*
Key words: *technological process, tillage tool, anti-erosion microrelief, backstage, basic tillage.*

В настоящее время производство полевых культур на склоновых землях базируется на использовании традиционных технологий и технических средств. Сельхозмашины, которые применяются в обычных равнинных условиях, ничем не отличаются от технических средств, используемых в склоновых агроландшафтах [1, 2].

Это приводит к тому, что при обработках почвы верхний слой, под действием рабочих органов орудий, а также силы гравитации и энергии водных потоков постоянно сталкивается вниз по склонам. В таких условиях ежегодные потери почвенных и водных ресурсов зависят от интенсивности рыхления почвы, крутизны и длины склонов, типа почв и интенсивности образуемых водных потоков. Проведенные исследования показывают, что для регулирования процесса эрозии на склонах на поверхности пашни, необходимо создать условия позволяющие снизить кинетическую энергию потоков воды за счет увеличения водопроницаемости верхнего обработанного слоя почвы и его сопротивляемости размыву. Для этого применяют различные приемы обработки почвы: глубокое щелевание, оставление стерни, образование на поверхности пашни водоемкого микрорельефа и другие. Эти мероприятия частично решают проблему на зяблевых обработках, однако их не всегда возможно применить на паровых полях. А как показала практика, именно паровые поля, расположенные на склоновых землях, являются самыми незащищенными в эрозионном плане. Выпадающие ливневые дожди в период, когда поверхность парового поля находится в рыхлом состоянии и не защищена

растительным покровом, причиняют значительный ущерб. По многолетним данным в условиях Поволжья, за летний период, выпадает один-два дождя, со средней интенсивностью 0,15-0,3 мм/мин. Это создает условия, при которых потери воды со стоком могут доходить до 35-50 мм, а потери почвы, на выпукло-вогнутых участках парового поля могут достигать 7-40 т/га. После таких ливней уровень плодородия на склоновых полях снижается до 25-40 % [3, 4, 5].

Для решения данной проблемы в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» разработаны ресурсосберегающий способ обработки почвы на зяби и паровых полях (патент РФ № 2564849) и орудие для его выполнения (патент РФ № 2612211). Разработанный способ обработки почвы обеспечивает перемещение ранее утраченного плодородного слоя со стерней вверх по склону и создание из перемещенной почвенно-стерневой массы на поверхности пашни противоэрозионного микрорельефа. Данный способ обработки проводится следующим образом. Осенью после уборки предшественника, безотвальными рабочими органами орудия, выполняют рыхление почвы на глубину до 16 см, одновременно с этим на обработанной поверхности пашни, из перемещенной вверх по склону почвенно-стерневой смеси, создают противоэрозионный микрорельеф в виде кулис. С целью повышения водопроницаемости под основанием образованных кулис проводят щелевание на глубину 25-27 см. Весной по мере созревания почвы и отрастания сорняков проводят первую обработку пара на глубину 10-12 см. При этом образованные кулисы при летних обработках пара сохраняют на поверхности поля, а при каждой культивации их перемещают вверх по склону на величину, соизмеримую с их шириной, а под основанием кулис постоянно проводят локальное рыхление почвы на глубину 20-22см.

Предлагаемый способ обработки паровых полей и орудие для его выполнения проверялись в полевых условиях на участке после уборки проса с уклоном до $\gamma=8°$. При обработке зяби влажность почвы составляла 15,2 %, твердость – 2,3 Мпа, высота стерневых остатков была равна 23,4 см, масса – 237 г/м^2. Зяблевая мелкая обработка почвы проводилась орудием с дополнительно установленными щелерезами. Глубина обработки почвы плоскорежущими рабочими органами была равна a_1 = 16,4 см, глубина рыхления щелерезами в зоне образования противоэрозионных кулис составляла a_2 = 27,8 см. Параметры образованных кулис были равны ширина – 26,7 см, высота – 18,2 см (рисунок 1).

Первая обработка пара проводилась на глубину a_3 = 10-12 см. Глубина локального рыхления щелерезами под основанием кулис была равна a_2 = 21,0 см. Влажность пахотного слоя при проведении первой культивации составляла: 0-10 см – 16,5%; 10-20 см – 21,5%; 20-30 см – 22,8%. Твердость почвы была равна 1,65 МПа. Образованные противоэрозионные кулисы при первой культивации пара перемещались односторонними лемешно-подрезающими рабочими органами вверх по склону на величину равную 27,2 см. Вторая и последующие летние обработки парового поля выполнялись данным почво-

обрабатывающим орудием. Глубина обработки плоскорежущими лапами уменьшалась до a_3 = 6-8 см, а глубина локального рыхления щелерезами составляла a_2 = 18-20 см. Последняя предпосевная обработка парового поля выполнялась на глубину заделки семян равную a_4 = 6,5 см. Она проводилась культиватором КПС-4 в комплекте с зубовыми боронами БЗТС-1,0. При проведении данной обработки противоэрозионные кулисы разравнивались по обработанной поверхности парового поля рабочими органами культиватора и зубовыми боронами Посев озимой пшеницы проводили поперек склона сеялками СЗП-3,6.

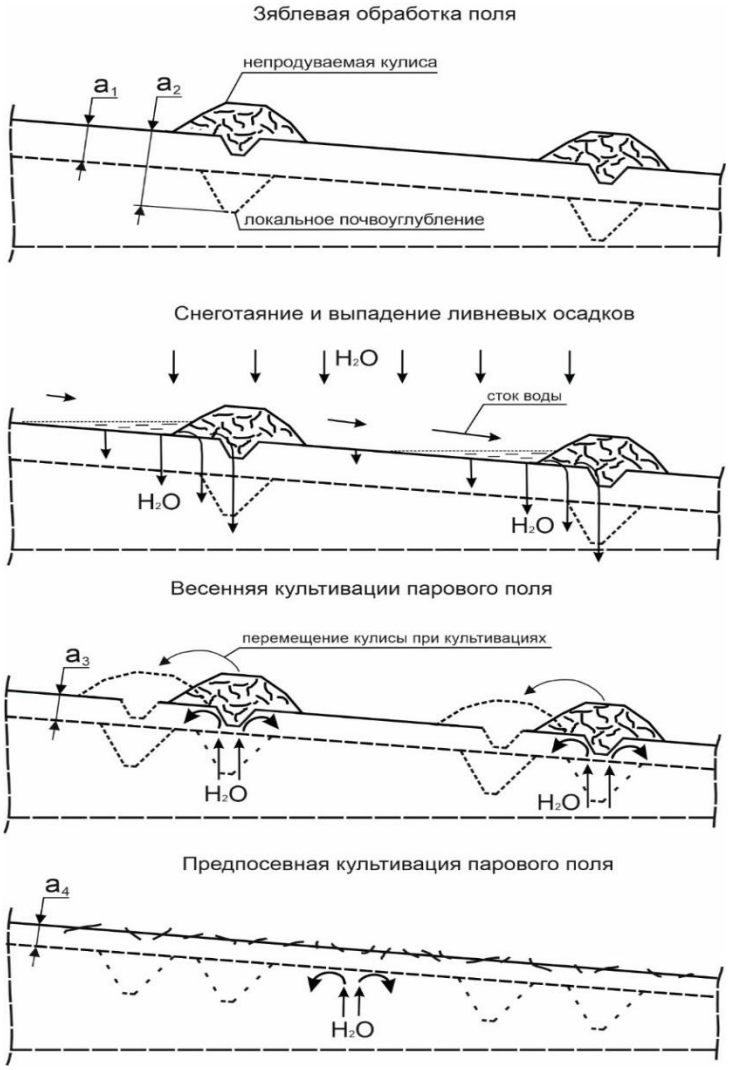


Рисунок 1 – Схема технологического процесса обработки почвы в паровом поле

На контрольном варианте зяблевая обработка проводилась комбинированным агрегатом АПК-3 на глубину 17,2 см. Обработки пара в летние месяцы выполнялись культиватором КПС-4 в комплекте с зубовыми боронами БЗСС-1,0. Посев озимой пшеницы также проводился поперек склона агрегатом состоящим из сеялок СЗП-3,6.

Основным критерием качества обработки почвы являлись потери почвенных и водных ресурсов в паровом поле за весь период от зяблевой обработки до посева озимых.

Анализ полученных результатов, представленных в таблицах 1 и 2 показал, что запасы воды в снеге на обоих вариантах обработки почвы были равнозначными. В период интенсивного снеготаяния поверхностный сток на обоих вариантах обработки был невысокий, при этом потери почвы составили 0,4 т/га на контроле и 0,11 т/га на новом способе.

Таблица 1 – Влияние основной обработки почвы в склоновых агроландшафтах на агроэкологические показатели (весенний период, уклон γ=1-5°, склон южной экспозиции)

Способ обработки.	Высота снега, см.	Сток талых вод, мм.	Коэффициент стока.	Смыв почвы, т/га.	Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм.
Контроль	31,4	3,1	0,038	0,4	128,2
Новый способ обработки.	31,4	1,7	0,021	0,11	130,7

За летний период в районе парового поля в 2022 году до посева озимой пшеницы выпало 7 дождей, из них 1 дождь имел ливневый характер, с интенсивностью 0,19 мм/мин. Количество осадков при этом составило 31,4 мм. Поверхностный сток воды и смыв почвы на паровом поле в контрольном варианте составили 17,8 мм и 2,8 т/га. На варианте, обработанном по предлагаемому способу, потери воды и почвы составили 2,6 мм и 0,09 т/га. В остальных случаях выпадающие дожди имели невысокую интенсивность и не приводили к формированию поверхностного стока воды.

Таблица 2 – Влияние основной обработки почвы в склоновых агроландшафтах на агроэкологические показатели (летний период, уклон γ=1-5°,склон южной экспозиции)

Способ обработки.	Количество осадков, выпадающих в летний период, мм.	Сток ливневых вод, мм.	Коэффициент стока.	Смыв почвы, т/га.	Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм.
Контроль	186,4	17,8	0,095	2,8	133,7
Новый способ обработки.	186,4	2,6	0,014	0,09	147,3

Снижение потерь воды со стоком в предлагаемом способе обработки, за счет формирования на поверхности пашни противоэрозионного микрорельефа, способствовало увеличению количества продуктивной влаги в метровом слое на 13,6 мм.

Проведенные предварительные исследования показали, что повышение влагообеспеченности почвы, сохранение и выравнивание по толщине верхнего плодородного слоя на всей обработанной поверхности поля позволяет увеличить урожайность полевых культур на склоновых землях в Поволжье на 12-25 %.

Выводы: по результатам ряда исследований известные применяемые в производстве способы основной обработки почвы и средства механизации,

используемые на склоновых землях, не отвечают основным агротехническим требованиям в плане защиты почв от водной и технологической эрозии, что приводит к потере воды при снеготаянии и ливневых осадках до 40 мм и почвы до 50 т с гектара на зяби и особенно на паровых полях.

Основные параметры создаваемых противоэрозионных кулис должны находится в пределах: ширина – 230-300 мм; высота – 130-180 мм, глубина локального рыхления почвы щелерезами под основаниями кулис не должна превышать при обработке зяби 250-270 мм, при обработках пара в летний период – 160-200 мм.

Предлагаемый способ обработки почвы в паровом поле за счет создания на обработанной поверхности противоэрозионного микрорельефа, позволяет сократить потери воды на зяби на 44 % и смыв почвы на 57 %. На паровых полях в летний период потери воды снижаются на 15,2 мм и почвы на 2,7 т/га, что в итоге увеличивает запасы продуктивной влаги на 13,6 мм, в сравнении с мелкой обработкой выполняемой агрегатом АКП-3.

Библиографический список

1. Петровец, В. Р. Современные технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, В. С. Сергеев. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 184 с.
2. Корчагин, В.А. Новым технологиям – современные машины / В.А. Корчагин, Г.И. Шаяхметов, О.И. Горенин, М.В. Маврин // Научно-практическое руководство. – Самарский НИИСХ. – Самара, 2007. – 107 с.
3. Есин, А.И. Исследование процесса инфильтрации воды в неоднородной среде / А.И. Есин, Н.М. Соколов / Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 11. – С. 28-30.
4. Соколов, Н.М. Влияние параметров гребне-стерневых кулис на инфильтрацию воды в почву и эрозионный процесс / Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов, В.В. Худяков / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2015. – №12 (Ч. 1). – С. 19-22.
5. Соколов, Н.М. Исследование физико-механических свойств гребнестерневых противоэрозионных кулис / Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2008. – № 9. – С. 31–33.

УДК 911.52

К УЧЕНИЮ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ: ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К ЛАНДШАФТНОМУ ФУНДАМЕНТУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

Старожилов В.Т.
Дальневосточный федеральный университет ИМО, Тихоокеанский международный ландшафтный центр, кафедра почвоведения. Владивосток
E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Резюме. *Работа представляет собой продолжение разработок по учению Старожилова о нооландшафтосфере и парадигме ландшафтопользование. Направлена на научно-практическое её применение при применении ландшафтного фундамента к рациональному использованию почвенных ресурсов и управлении ими. Разработан программно-целевой*

подход. Он включает пять блоков программ, выполнение которых позволяет использовать ландшафты как фундамент рационального использования почвенных ресурсов и управления ими и построение гармонизированных с природой моделей освоения почвенных ресурсов.
***Ключевые слова**: учение, нооландшафтосфера, фундамент, почвы, использование, ресурсы, управление, программно-целевой, подход.*

TO STAROZHILOV'S TEACHING ABOUT THE NOOLANDSCAPTOSPHERE: A PROGRAM-TARGET APPROACH TO THE LANDSCAPE FOUNDATION OF THE USE OF SOIL RESOURCES

Starozhilov V.T.
Far Eastern Federal University IMO, Pacific International Landscape Center, Department of Soil Science. Vladivostok
E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

***Summary.** The work is a continuation of developments on the teachings of Starozhilov about the noolandscaptosphere and the paradigm of landscape use. It is aimed at their scientific and practical application in the preparation of the landscape foundation for the rational use of soil resources and their management. A program-targeted approach has been developed. It includes five blocks of programs, the implementation of which makes it possible to use landscapes as a foundation for the rational use and management of soil resources and the construction of models for the development of soil resources harmonized with nature.*
***Key words**: teaching, noolandscaptosphere, foundation, soils, use, resources, management, program-target approach.*

Введение. Первоначальным объектом внимания при решении задач рационального использования почвенных ресурсов и управления ими является нооландшафтосфера и её составляющие природные тела (ландшафты). Они нами определяются как ландшафтный «фундамент» освоения. В свою очередь выбор ландшафтных параметров опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации, обеспечивающей основы использования почвенных ресурсов ландшафтов территорий определяются важной для развития общества, выделенной нами ранее, особой научно-практической парадигмой «ландшафтопользование». В целом её применение при изучении ландшафтов как фундамента использования почвенных ресурсов показывает, что использование ресурсов определяется не только изучением количественных и качественных данных, но и программно-целевой технологией изучения, то есть формированием плана действий для достижения поставленных целей. Считается наиболее эффективным методом совершенствования системы, определяющей базовые ландшафтные модели основ. При этом подразумевается, что построение моделей представляет собой процесс определения последовательных этапов достижения какой-либо цели на основе использования критериев оптимальности оценки этапов и действий. В Тихоокеанском ландшафтном центре проведены исследования по определению путей изучения почвенных ресурсов с использованием моделей ландшафтного «фундамента», которые определяются определенной последовательностью выполнения действий с применением предлагаемой нами технологии программно-целевого метода.

Она включает следующие программно-целевые блоки моделирования изучения в связи: с ландшафтным «фундаментом», ландшафтной индикацией паспортизированных ландшафтов, ландшафтными узловыми структурами освоения ландшафтного «фундамента», ландшафтным планированием и управлением освоения ландшафтного «фундамента».

Объект исследования: программно-целевой подход парадигмы «ландшафтопользование» к изучению рационального использования почвенных ресурсов и управления ими.

Цель публикации – обосновать в Российской науке необходимость рассматривать и применять новый программно-целевой подход парадигмы «ландшафтопользование» к изучению рационального использования почвенных ресурсов и управления ими. Считать новый программно-целевой подход наиболее эффективным методом совершенствования системы, определяющей базовые ландшафтные модели основ моделей рационального использования почвенных ресурсов и управления ими.

Материалы и методы. Используется значительный материал по ландшафтам, полученный благодаря работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, 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 экономических, градостроительных и др. структур осваиваемых территорий» и «Учение Старожилова о нооландшафтосфере и парадигме «ландшафтопользование» как фундамент практик освоения и экологии планеты Земля».

Общей методологической основой исследований является комплексная основа ландшафтного научно-практического направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Применялись результаты моделирования нового программно-целевого подхода парадигмы «ландшафтопользование» к пространственному развитию территорий, результаты стандартизации консервативных характеристик внутреннего содержания каждого ландшафта, составления их паспорта и материалов по опорному ландшафтному «фундаменту» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Значимым является то, что в основу рассмотрения нового программно-целевого подхода парадигмы «ландшафтопользование» положены направленные на практическую реализацию ландшафтного метода 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.

Использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации в различных областях природопользования [1-4].

Результаты. Специально для практики освоения, включающей практику освоения по ландшафтам нооландшафтосферы, разработан программно-целевой подход с системным характером составляющих его действий, сгруппированных по блокам, который характеризуется единством и обоснованностью содержания всего комплекса намеченных работ, взаимосвязанностью параметров. В подходе выделяются взаимосвязанные между собой блоки.

1. Программно-целевой блок моделирования полимасштабного ландшафтного «фундамента». Первый блок. 2. Программно-целевой блок моделирования базовой полимасштабной ландшафтной индикации паспортизированных ландшафтов. Второй блок. 3. Программно-целевой блок моделирования отраслевой полимасштабной ландшафтной индикации. Третий блок. 4. Программно-целевой блок моделирования полимасштабных ландшафтных узловых структур освоения. Четвертый блок. 5. Программно-целевой блок моделирования ландшафтного планирования и управления освоения ландшафтного «фундамента». Пятый блок.

Первый блок содержит программу действий по изучению ландшафтного строения объекта интереса государства, содержит разработанные и предложенные профессором Валерием Старожиловым стандартизацию и паспортизацию ландшафтов и составление полимасштабных ландшафтных карт. Второй блок – это программа индикации общих для всех отраслей освоения стандартных консервативных показатели индикации, которые могут быть применены многократно в качестве показателей для отраслевой индикации и построения отраслевой модели освоения. Результаты общей консервативной индикации должны фиксироваться на картах индикации и в результате будет получена карта общей индикации. Третий блок это программа продолжает программы действий первого и второго программно-целевых блоков. После получения морфологической картографической основы первого и полученных общих консервативных индикационных показателей второго программно-целевых блоков, на практике при освоении территорий наступает этап изучения отраслевых состояний территорий. Изучение планируется и рекомендуется проводить с применением разрабатываемого в Тихоокеанском ландшафтном центре для Азиатско-Тихоокеанского региона метода ландшафтной индикации. Он включает исследование индикаторов и индикационных связей, отражающих конкретные объекты отраслевой индикации. В этом программно-целевом блоке планируется целенаправленная индикация антропогенной трансформации любой интересной для государства отрасли. Четвертый блок – это программа продолжение действий всех предыдущих блоков. Сложность элементов нооландшафтной сферы определяет и особое отношение к вопросу о значимости объектов исследования, к получаемым материалам внутреннего содержания ее составных частей и векторно-слоевым

ландшафтным структурам, а также их индикации и структурирования с точки зрения выявления наиболее благоприятных или не благоприятных для освоения узловых ландшафтных структур. При этом под ландшафтными узловыми структурами освоения понимаются наиболее благоприятные ландшафтные морфологические структуры с природными характеристиками, отвечающими требованиям общества для ведения экономической, социальной, экологической и др. форм деятельности, необходимой для обеспечения потребностей общества, т. е. они представляют природный фундамент практической (экономической, социальной, экологической и др.) деятельности общества. Однако на сегодняшний день вопросу узловых ландшафтных структур освоения географического пространства внимания не уделяется. При освоении территорий негативно то, что отсутствуют картографические материалы по таким структурам, т. е. структурам, которые по благоприятному внутреннему содержанию могут быть в первую очередь вовлечены в освоение. Отсутствие таких картографических документов, в свою очередь, приводит при освоении территорий к негативным последствиям. Пятый блок выделен после анализа, синтеза и оценки результатов выполненных исследовательских программно-целевых действий после выполнения программных действий всех предыдущих программно-целевых блоков. В них в результате картографирования и паспортизации, индикации и выделения узловых структур освоения сконцентрировались материалы для проведения действий по программно-целевому планированию и управлению рационального использования почвенными ресурсами и управления ими.

Заключение. Констатируется, что в ДВФУ профессором В.Т. Старожиловым с применением авторской парадигмы ландшафтопользование и учения Старожилова о нооландшафтосфере сформулировано, выделено и рекомендуется применять на Дальнем Востоке, в России при рациональном использовании почвенных ресурсов и управления ими программно-целевой подход по пяти программным блокам. При этом установлено, что изучение на практике может быть выполнено обосновано и системно в результате применения последовательно выстроенных программно-целевых действий, направленных на использовании ландшафтного «фундамента».

Библиографический список

1. Старожилов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья/ В сборнике: фосфаты Дальнего Востока. Влдадивосток. 1980. С. 131 – 134.
2. Старожилов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья. / В сборнике: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980. – С. 100-108.
3. Старожилов В.Т., Суржик М. М. Общее ландшафтоведение и использовани ландшафтного подхода в экологическом мониторинге. Уссурийск, 2014.
4. 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.
5. 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.

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. Гидромелиорации и влияние их на водный1 режим и твердый сток водосборов. Березников К. П., Сакара Н. А., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Старожилов В.Т., Степанова А.И., Нестерова О. В., Ознобихин В. И. Монография / Владивосток, 2009.
9. Старожилов В.Т. Особенности химической деградации почв в ландшафтах юга Дальнего Востока. Папынов Е. К., Дербенцева А. М., Майорова Л. П., Трегубова В. Г. Старожилов В.Т. Назаркина А.В., Матвеенко Т. И., Пилипушка Л.Г., Пилипушка В. Н. Монография. 2010.
10. Старожилов В.Т. Оценка влияния отходов переработки оловорудного сырья на окружающую среду. Растанина Н.К., Крупская Л.Т., Нестерова О.В., Назаркина А.В., Морин В.А., Старожилов В.Т., Крупский А.В. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающих по направлению высшего профессионального образования 020700 «Почвоведение» / Владивосток, 2010.

УДК 911.52

УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ ОСНОВА ФУНДАМЕНТА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Старожилов В.Т.
Дальневосточный федеральный университет ИМО, Тихоокеанский международный ландшафтный центр, кафедра почвоведения. Владивосток
E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Резюме. *Работа представляет собой продолжение разработок по учению Старожилова о нооландшафтосфере и парадигме ландшафтопользование. Направлена на научно-практическое их применение при использовании почвенных ресурсов и управлении ими. Формулируется, утверждается и рекомендуется, что ландшафтный «фундамент» представляет собой фундамент рационального использования почвенных ресурсов и управления ими. При этом построение объективных моделей ландшафтного фундамента проводится с использованием оцифрованных векторно-слоевых картографических материалов и паспортизацией ландшафтов.*
Ключевые слова*: учение, нооландшафтосфера, фундамент, почвы, использование, ресурсы, управление*

STAROZHILOV'S TEACHING ABOUT THE NOOLANDSCAPTOSPHERE IS THE FOUNDATION OF THE RATIONAL USE OF SOIL RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT

Starozhilov V.T.
Far Eastern Federal University IMO, Pacific International Landscape Center, Department of Soil Science. Vladivostok
E-mail: *Starozhilov.vt@dvfu.ru*

Summary. *The work is a continuation of developments on the teachings of Starozhilov about the noolandscaptosphere and the paradigm of landscapeuse. It is aimed at their scientific and practical application in the use of soil resources and their management. It is formulated, approved and recommended that the landscape "foundation" is the foundation for the rational use of soil resources and their management. At the same time, the construction of objective models of the landscape foundation should be carried out using digitized vector-layer cartographic materials and certification of landscapes.*
Key words: *teaching, noolandscaptosphere, foundation, soils, use, resources, management*

Введение. Работа представляет собой продолжение исследований ландшафтной школы профессора Старожилова (doi:10.24411/1728-323X-2020-13079;), разработок по выделенной автором нооландшафтосфере, парадигме ландшафтопользование (DOI: 10.18411/trnio-01-2022-18). Сформулирована и предложена модель нооландшафтосферы и применения парадигмы ландшафтопользование как парадигмы основы для построения гармонизированных с ними моделей общего и отраслевого освоения территорий. При этом под парадигмой ландшафтопользование нами понимается создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. Парадигма «ландшафтопользование» рассматривается основой для построения научных и практик-моделей освоения (экологических, сельскохозяйственных, краеведческих, экономических, социальных, градостроительных, биологических, биогеохимических, биоресурсных, минерально-сырьевых и других) и пространственного развития территорий. Под нооландшафтосферой понимается ландшафтный «фундамент» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. Она является фундаментом основой построения гармонизированных с природой комплексных и отраслевых моделей освоения.

Разработанные модели могут быть применены и быть основой не только как фундамент практик в целом освоения планеты Земля, но также представляют собой фундамент практик рационального использования почвенных ресурсов и управления ими при освоении территорий. Именно ландшафт и в целом нооландшафтосфера является первоначальными объектами, фокусом практик использования почвенных ресурсов и управлении ими и использование их зависит от результатов оценки возможностей вовлечения ландшафтов. При этом важно учитывать компоненты природы (ландшафтов) такие как вещественный состав материнских пород почв, тектонику, рельеф, климат, воды, растительность, биоценозы. Именно компоненты природы, например климат, воды и др. определяют прежде всего рациональное использование обществом почвенный ресурс и поэтому при проектировании и управлении

использования почвенного ресурса первым объектом у проектировщиков освоения почвенного ресурса должны быть ландшафтные компоненты, то есть ландшафты.

Однако в России все еще вопросы возможностей рационального использования почвенных ресурсов и управление ими в зависимости от природного (ландшафтного) фундамента все еще изучаются недостаточно и учитывая значимость для планеты Земля почвенных ресурсов настоящее исследование являются актуальными.

Объект исследования – природный фундамент рационального использования почвенных ресурсов и управления ими при освоении территорий.

Цель публикации – с применением авторской парадигмы ландшафтопользование и учения Старожилова о нооландшафтосфере сформулировать , выделить и рекомендовать применять на Дальнем Востоке, в России при использовании почвенных ресурсов и управлении ими при освоении территорий разработанные для Дальнего Востока ландшафты как фундамент практик рационального использования почвенных ресурсов и управлении ими при освоения территорий нооландшафтосферы: урочище, ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, страна;

Это значит, что рациональное использование почвенных ресурсов будет проводится на основе учета комплексных характеристик ландшафтов как природного фундамента и при выборе путей рационального использования почвенных ресурсов будут строится гармонизированные с природой (ландшафтами) модели рационального освоения почвенных ресурсов и управления ими.

Материалы и методы. Используется значительный материал по ландшафтам, полученный благодаря работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, 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 экономических, градостроительных и др. структур осваиваемых территорий» и в целом работ «Ландшафтоведение: стратегия, опыт практик в освоении территорий геосистем континент-мировой океан» (ID: 45641013) и «Учение Старожилова о нооландшафтосфере и парадигме «ландшафтопользование» как фундамент практик освоения и экологии планеты Земля».

Общей методологической основой исследований является комплексная основа ландшафтного научно-практического 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, экологиче-

ски сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

Применялись результаты моделирования нового программно-целевого подхода парадигмы «ландшафтопользование» к пространственному развитию территорий, результаты стандартизации консервативных характеристик внутреннего содержания каждого ландшафта, составления их паспорта и материалов по опорному ландшафтному «фундаменту» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Значимым является то, что в основу рассмотрения рационального использования почвенных ресурсов и управления ими положены направленные на практическую реализацию ландшафтного метода 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. В целом отметим, что получен материал в системе ландшафт, вид, род, подкласс, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, страна ландшафтов. При обосновании применения материалов по таксонам при обосновании ландшафтного фундамента рационального использования почвенных ресурсов и управления ими использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации в различных областях природопользования [1-10].

Применялись результаты исследования стратегии практической реализации ландшафтного подхода в отраслевом освоении. Организация аграрных предприятий для создания продовольственной базы в горно-таёжных ландшафтах.

Результат. Получен фундаментальный результат, заключающийся в том, что для реализации практик рассмотрения возможностей применения для рационального использования почвенных ресурсов ландшафтного фундамента необходимо иметь прежде всего оцифрованную векторно-слоевую морфологическую ландшафтную основу. Такие основы как в целом по поясу, так и по его отдельным регионам получены (Сихотэ-алинской, Сахалинской ландшафтным областям и др.). Для реализации поставленных задач получены, прежде всего, оцифрованные векторно-слоевые морфологические ландшафтные модели (векторно-слоевые ландшафтные карты), которые на цифровом уровне дают знание строения географического пространства рассматриваемого объекта.

Кроме того, получен фундаментальный результат по ландшафтам континентального обрамления Тихого океана в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, страна который использовался в решении вопросов рационального использования почвенных ресурсов геосистемы континент - Мировой океан.

Важно отметить, что именно с появлением отмеченных картографических разномасштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей рационального использования почвенных ресурсов. Такой путь позволяет учесть природные условия и технически и юридически обосновать целесообразность предлагаемого подхода.

Определена технология создания, построения, формулирования моделей природного (ландшафтного) «фундамента» пространственной организации, обеспечивающего достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний по использованию почвенных ресурсов.

Заключение. На сегодняшний день для Востока России в результате применения основ учения Старожилова о нооландшафтосфере определены основы ландшафтного «фундамента» для практической реализации их в проведении ландшафтной адаптации использования почвенных ресурсов и управления ими. Использование моделей ландшафтного «фундамента» в ландшафтной адаптации поможет определить приоритеты и механизмы развития путей рационального использования почвенных ресурсов и управления ими, разработать меры по стимулированию его развития и приоритетные инфраструктурные проекты, необходимые для пространственного развития Востока России.

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 использовани 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. Гидромелиорации и влияние их на водный режим и твердый сток

водосборов. Березников К.П., Сакара Н.А., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Старожилов В.Т., Степанова А.И., Нестерова О.В., Ознобихин В.И. Монография / Владивосток, 2009.
9. Старожилов В.Т. Особенности химической деградации почв в ландшафтах юга Дальнего Востока. Папынов Е.К., Дербенцева А.М., Майорова Л.П., Трегубова В.Г. Старожилов В.Т. Назаркина А.В., Матвеенко Т.И., Пилипушка Л.Г., Пилипушка В.Н. Монография. 2010.
10. Старожилов В.Т. Оценка влияния отходов переработки оловорудного сырья на окружающую среду. Растанина Н.К., Крупская Л.Т., Нестерова О.В., Назаркина А.В., Морин В.А., Старожилов В.Т., Крупский А.В. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающих по направлению высшего профессионального образования 020700 «Почвоведение» / Владивосток, 2010.

УДК 631.445.24

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ БИОЦЕНОЗАМИ

Стахурлова Л.Д.
ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, Воронеж
E-mail: *stakhurlova@rambler.ru*

Резюме: *исследование микроэлементного состава дерново-подзолистых почв показало отсутствие загрязнения металлами-токсикантами – хромом, свинцом, ртутью, никелем. Количество мышьяка не превышало максимально допустимое, равное 10 мг/кг почвы.*
Ключевые слова*: дерново-подзолистые почвы, биоценозы, гумус, кислотность, тяжелые металлы,*
Summary: *the investigation of the microelement composition of soddy-podzolic soils showed the absence of contamination by toxic metals - chromium, lead, mercury, and nickel. The amount of arsenic did not exceed the maximum allowable, equal to 10 mg/kg of soil.*
Key words: *soddy-podzolic soils, biocenoses, humus, acidity, heavy metals,*

Термин «тяжелые металлы» вошел в обиход научных и публицистических дискуссий как символ экологического кризиса. Локальное загрязнение почв обнаружено не только вокруг промышленных предприятий, автодорог, но и агроценозов. Южная подзона таежно-лесной зоны традиционно является основным пахотным фондом Российской Федерации и представляет огромный интерес для почвенно-экологического мониторинга [1]. В этой связи, целью настоящих исследований была оценка дерново-подзолистых почв на содержание металлов-токсикантов в различных биоценозах на примере УО ПЭЦ МГУ «Чашниково» Солнечногорского района Московской области.

Объектами исследования служили дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности и оглеенности на покровных суглинках и глинах, подстилаемых моренными отложениями под хвойным, хвойно-смешанным лесом, сенокосом и пашней. Базовые показатели почвенного плодородия определяли общепринятыми методами, содержание металлов-токсикантов – методом РФА на волновом рентгеновском спектрометре S4 Pioner (Bruker).

В результате длительной распашки, внесения удобрений и мелиорантов профиль дерново-подзолистых почв существенно трансформировался. Важ-

нейшие генетические горизонты (подстилка, гумусовый, частично или полностью элювиальный горизонт) заместились гомогенным пахотным горизонтом. Происходит постепенная нивелировка по ряду свойств пахотных подзолистых, дерново-подзолистых и отчасти серых лесных почв, которая возрастает по мере их окультуривания. Так, в почвах пашни, по сравнению с почвами под лесом более чем в 1,4 раза увеличилось количество гумуса, причем во всем пахотном горизонте до 30 см, далее наблюдается резкое падение его количества. Сумма кальция и магния не превышала 15 ммоль /100 г почвы, что напрямую связано с количеством гумуса и особенностями биоценоза. Реакция среды почвенного раствора изменялась от кислой до слабокислой, Показатели гидролитической кислотности не превышали 8,5 ммоль /100 г почвы, что обуславливало варьирование степени насыщенности основаниями – от 62% до 80% (табл.1).

Таблица 1 – Показатели плодородия дерново-подзолистых почв различных биоценозов

Вариант опыта	Глубина, см	Гумус, %	$pH_{вод.}$	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Нг	Степень насыщенности основаниями, V, %
				ммоль (экв) /100 г		
Хвойно-смешанный лес	6-12	2,59	5,26	13,9	8,5	62,1
	12-22	2,35	5,10	9,6	7,2	57,1
	22-39	1,36	5,27	9,5	5,9	61,7
	39-58	0,47	5,13	10,4	5,2	66,7
Ельник	6-15	2,21	4,62	12,2	7,1	63,2
	15-21	1,71	4,75	11,7	6,5	64,3
	21-31	1,25	4,99	10,9	6,1	64,1
	31-45	0,51	5,03	10,8	5,2	67,5
Сенокос	9-17	2,88	5,55	11,9	5,4	68,8
	17-24	1,57	5,53	10,7	5,4	66,5
	24-36	1,27	5,79	7,5	3,6	67,6
	36-85	0,36	6,12	8,4	2,9	74,3
Пашня	0-30	3,20	5,92	13,5	3,4	79,9
	30-44	1,23	6,48	11,9	2,9	80,4
	44↓	0,78	6,25	8,9	2,8	76,1

В результате почвообразования происходит перераспределение многих микроэлементов в почвенной толще и формирование количественного микроэлементного состава, отражающего генетические особенности каждого почвенного типа. К тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева, имеющих атомную массу свыше 40 а. е. и плотность более 8 г/см^3. Такие элементы как: Mn, Mo, Cu, Zn в незначительных количествах очень важны в системе питания растений, животных и человека. На их основе выпускают и успешно применяют в сельском хозяйстве минеральные удобрения. Ртуть, мышьяк, свинец, хром, кадмий являются «критической группой веществ – индикаторами стресса окружающей среды». При попадании в организм человека они могут

вызывать ряд серьезных заболеваний. Например, хром приводит к раку дыхательных путей, свинец и ртуть – к тяжелой интоксикации, поражению центральной нервной системы, печени, почек, мозга [3]. Критерием санитарно-гигиенического состояния почвы служит предельно допустимая концентрация (ПДК) химического элемента в ней. Как правило, данные ПДК относятся ко всем типам почв [2].

Почвы характеризуются разным фоновым содержанием тяжелых металлов. Оно зависит от типа почв, гранулометрического состава, кислотности, содержания гумуса и других факторов. Так, в условиях естественных биоценозов количество ртути в верхних слоях почвы было крайне низким и изменялось от 0,02 до 0,05 мг/100 г почвы. Такие значения не превышали ПДК и были ниже фоновых. Вниз по профилю идет равномерное снижение содержания токсиканта. Схожая закономерность выявлена и в отношении свинца. Однако, его значения превышают фоновое для данного типа почв, но не превышают ПДК [2] (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание металлов-токсикантов в дерново-подзолистых почвах разных биоценозов, мг/кг

Вариант опыта	Глубина, см	Hg	As	Pb	Cr	Ni
Хвойно-смешанный лес	6-12	0,04	1	20	48	18
	12-22	0,03	3	17	42	19
	22-39	0,02	2	16	41	10
Ельник	6-15	0,02	5	21	43	7
	15-21	0,02	6	20	42	20
	21-31	0,01	3	16	44	18
Сенокос	9-17	0,05	8	17	49	14
	17-24	0,03	5	19	51	18
	24-36	0,02	5	18	52	29
Пашня	0-30	0,12	3	21	48	20
	30-44	0,09	7	19	50	21
	44↓	0,02	2	19	55	23
ПДК, с учетом фона		2,1	2	32	100	85

На содержание и распределение хрома и никеля, по всей видимости, оказывает влияние состав и особенности почвообразующих пород, а также особенности гидрологического режима биоценозов. Не обнаружено четкой закономерности в содержании и распределении этих элементов в ненарушенных экосистемах. Их количество во всех почвенных пробах не превышало ПДК. Фоновое содержание мышьяка для дерново-подзолистых почв – 1,5-2,2 мг/кг, что соответствует и предельно-допустимой концентрации. Так, в почвах под сенокосом содержание мышьяка в верхних слоях превышает ПДК более чем в 3 раза, но, согласно принятым нормативам, не является опасным и характеризуется вторым (низким) уровнем загрязнения мышьяком [2]. Пахотные земли требуют особого внимания со стороны служб почвенного мониторинга. Содержание свинца, хрома и никеля в верхних слоях почвы под посевами картофеля не отличалось от естественных биоценозов (табл. 2). В распределении

мышьяка не выявлено закономерности, в гумусово-аккумулятивном горизонте его количество превышало ПДК в 2 раза, что соответствует низкому уровню загрязнения. Общим для всех элементов является повышение их содержания в иллювиальных горизонтах, что, возможно, связано с особенностями гидрологического режима зоны и утяжелением гранулометрического состава. Иллювиальный горизонт может служить природным геохимическим барьером на пути миграции тяжелых металлов вниз по профилю.

Таким образом, окультуривание дерново-подзолистых почв приводит к трансформации верхних горизонтов и способствует улучшению их свойств. Исследование микроэлементного состава показало отсутствие загрязнения металлами-токсикантами – хромом, свинцом, никелем. Выявлено увеличение предельно-допустимой концентрации по мышьяку, но его количество не превышало максимально допустимое, равное 10 мг/кг почвы. Результаты исследований могут быть использованы службой агроэкологического мониторинга Московской области для прогнозирования состояния плодородия вышеназванных почв и разработки регулирующих мероприятий по их дальнейшему использованию.

Библиографический список

1. Абрукова В.В. Почвенно-агрономическая характеристика АБС «Чашниково». Часть 1 / В.В. Абрукова. – М.: Изд-во МГУ,1986. – 93 с.
2. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях / Под ред. Н.Б. Хитрова. – М.: ГНУ Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. – 176 с.
3. Романов О.В. Сезонная динамика фонового содержания тяжелых металлов в окрестностях Петербурга / О.В. Романов // Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 94-95.

УДК 631.417.1:633.15

УГЛЕРОД В АГРОЭКОСИСТЕМАХ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ

Стулин А.Ф.[1], Стахурлова Л.Д.[2]
[1]Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы, п. Опытной станции ВНИИК
[2]Воронежский государственный университет, Воронеж
E-mail: [1]stulin_af@mail.ru, [2]stakhurlova@rambler.ru

Резюме. *В длительной (более 60 лет монокультуре кукурузы на разных агрохимических фонах, чистом паре и архивном почвенном образце изучено содержание и запасы органического и неорганического углерода по почвенному профилю. Граница аккумуляции молодого углерода от C_4 типа фотосинтеза находится на глубине 80 см.*

Ключевые слова: *углерод, органический, неорганический, фитолиты, монокультура кукурузы, чистый пар, удобрения.*

Summary. *For a long time (more than 60 years) the content and reserves of organic and inorganic carbon according to the soil profile were studied in the maize monoculture on different agrochemical backgrounds, pure steam and archival soil sample. The boundary of the accumulation of young carbon from the C_4 type of photosynthesis is at a depth of 80 cm.*

Key words: *carbon, organic, inorganic, phytoliths, corn monoculture, pure steam, fertilizers.*

В изучении глобального цикла углерода в экосистемах наибольший прогресс достигнут в определении скоростей продукционного процесса в надземной части фитоценозов. Процессы круговорота углерода в почве изучены гораздо слабее, несмотря на то, что основные запасы этого элемента сосредоточены в органическом веществе и карбонатных новообразованиях [1]. Органическое вещество почвы представляет собой огромный резервуар углерода, поэтому даже незначительные изменения его запасов в почве могут оказывать существенное влияние на состав атмосферы. Наиболее динамично органическое вещество изменяется в почвах агроэкосистем. Потеря углерода в пахотных почвах при нерациональном их использовании превращает агроэкосистему в источник парникового газа – диоксида углерода, а повышение продуктивности агроценозов способствует связыванию атмосферного CO_2 и смягчению парникового эффекта.

Длительные опыты с монокультурой кукурузы являются уникальным объектом исследования распределения углерода в профиле агрочернозема методом естественного варьирования обогащения изотопа ^{13}C при смене типа фотосинтеза растительности с C_3 на C_4, то есть при выращивании C_4 кукурузы в монокультуре на почве, на которой ранее произрастали C_3 растения, что позволяет оценить необходимые характеристики круговорота углерода в агроценозах – экосистемах с наиболее динамичным балансом органического вещества почвы [2]. Растения C_3 (цикл фотосинтеза Кальвина) – зерновые, колосовые, технические, корнеклубнеплоды, кормовые травы; C_4 (цикл фотосинтеза Хетч-Слека) – кукуруза, просо, сорго, тростник. Данные исследования не нашли широкого применения в нашей стране из-за преобладания C_3 растительности на ее территории и отсутствии длительных опытов с монокультурой кукурузы, тогда как за рубежом они широко представлены в США – продолжающийся опыт в Иллинойском университете на полях Марроу с 1876 г. [3] и Санборн с 1880 г. [4]. В европейских странах опыт с монокультурой кукурузы закладывали в 1946 г., в Китае – с 1979 г.

Целью данной работы было определить содержание органического и неорганического углерода и фитолитов по почвенному профилю выщелоченного чернозема в монокультуре кукурузы на разных агрохимических фонах и в чистом пару.

Исследования проводились в Воронежском филиале ФГБНУ ВНИИ кукурузы в длительном стационарном опыте № 151 по реестру Геосети опытов с удобрениями. Определение углерода выполнено в лаборатории почвенных циклов азота и углерода в институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН г. Пущино на масс-спектометре «MAT 253» (Thermo Finnigan, Германия) с элементным анализатором «Euro EA» (Eurovector, Италия).

Фитолитные комплексы выделяли из почвы, отобранной послойно, под многолетней монокультурой кукурузы. Для этого навески почвы по 30 г освобождали от карбонатов в 10 %-ной HCl, затем отмучиванием удаляли илистые и тонкопылеватые частицы, и высушенный осадок обрабатывали тя-

желой жидкостью (смесь водных растворов йодистого кадмия и йодистого калия) с плотностью 2,3 г/см^3. Осадок (частицы плотностью > 2,3 г/см^3) отбрасывали, а фракцию с плотностью ≤ 2,3 г/см^3 промывали водой, высушивали и микроскопировали с помощью микроскопа Carl Zeiss HBO 50 (AC) при увеличении в 100 и 400 раз. Просматривали 10 «прокатов» сверху вниз на стекле 24х24 мм.

Почва – чернозем выщелоченный (Chernozems Luvic Pachic), среднемощный, малогумусный, тяжелосуглинистый, на покровной карбонатной глине. На момент закладки стационарного опыта в пахотном слое почвы содержалось: гумуса 5,6 %, общего азота 0,24 %, фосфора 0,15 %, калия 2,0 %; $pH_{вод.}$ 6,6; сумма поглощенных оснований – 38,4 ммоль(+)/100 г почвы, степень насыщенности основаниями превышала 90 %.

Определение углерода органического в черноземе выщелоченном в условиях монокультуры кукурузы на двух агрохимических фонах, черном паре и в архивном образце почвы показало, что наибольшее его содержание было в пахотном и подпахотном горизонтах: 3,12-3,42 % и 3,04-3,21 % соответственно, с дальнейшим его снижением по профилю почвы до 1,50-1,58 % в слое 60-80 см (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание и запасы органического и неорганического углерода (среднее ± STD) в выщелоченном черноземе

Слой, см	$C_{орг}$, %	Запасы $C_{орг}$, т/га	$C_{неорг}$, %	Запасы $C_{неорг}$, т/га
Исходная почва, до закладки опыта				
0-20	3,19±0,05	79,8±1,3	0,021±0,02	0,5±0,1
20-40	3,12±0,10	86,4±2,8	0,012±0,001	0,3±0,1
40-60	2,22±0,07	60,6±1,9	0,020±0,003	0,5±0,1
60-80	1,54±0,10	46,4±3,0	0,030±0,006	0,9±0,2
0-80		273,2±4,7		2,2±0,2
Чистый пар с 1960 г.				
0-20	3,12±0,12	78,0±3,0	0,018±0,005	0,4±0,1
20-40	3,04±0,10	84,2±2,9	0,015±0,004	0,4±0,1
40-60	2,19±0,51	59,8±16,7	0,012±0,002	0,3±0,1
60-80	1,58±0,28	47,6±8,5	0,636±0,017	19,1±0,5
80-100	0,96±0,51	30,9±16,4	1,683±0,060	54,2±1,9
0-80		269,6±19,2		20,2±0,5
Монокультура кукурузы с 1960 г. без удобрений				
0-20	3,37±0,25	82,2±6,1	0,013±0,004	0,3±0,1
20-40	3,16±0,30	87,6±8,3	0,012±0,004	0,3±0,1
40-60	2,21±0,43	60,3±11,8	0,012±0,005	0,3±0,1
60-80	1,50±0,34	45,2±10,4	0,017±0,017	0,5±0,5
80-100	1,02±0,47	33,8±15,0	0,109±0,338	35,2±1,1
0-80		275,3±18,8		1,4±0,6
Монокультура кукурузы с 1960 г. $N_{60}P_{60}K_{60}$ ежегодно				
0-20	3,42±0,22	83,5±5,4	0,011±0,005	0,3±0,1
20-40	3,21±0,30	89,0±8,4	0,013±0,003	0,3±0,1
40-60	2,47±0,53	67,3±14,3	0,012±0,003	0,3±0,1
60-80	1,55±0,48	46,7±14,4	0,043±0,114	0,5±0,5
80-100	0,96±0,38	31,0±12,1	0,159±0,307	51,3±9,9
0-80		286,5±22,7		1,4±0,6

Запасы углерода в черноземе свидетельствуют о высокой устойчивости органического вещества данной почвы. В слое 0-80 см величины запасов углерода в почве в вариантах опыта: исходная до закладки опыта, в чистом пару и на естественном фоне (без удобрений) и в варианте с ежегодным внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ в монокультуре кукурузы сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т $C_{орг}$/га. Незначительные различия запасов почвенного органического вещества по вариантам опыта проявились лишь как тенденция: минимальные запасы углерода в чистом пару, максимальные – в монокультуре кукурузы при ежегодном внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$. Эти различия были сходны как в пахотном 0-20 см слое, так и в более глубоких горизонтах почвы.

Содержание неорганического углерода в виде карбонатов в почве под кукурузой до глубины 80 см было незначительное, запасы его в слое 0-80 см составляли всего лишь 1,4 т $C_{орг}$ на 1 га. В слое 80-100 см наблюдалось неравномерное распределение карбонатов: величина стандартного отклонения превосходила среднее значение содержания $C_{неорг}$ в почве. В отличие от почвы под кукурузой, в чистом пару заметное количество карбонатов отмечено уже на глубине 60 см, что связано с тем, что в длительно парующей почве с 1960 года в отсутствие растений происходит процесс подтягивания литогенных карбонатов.

В почве постоянно накапливаются и консервируются после гниения остатки растительного происхождения. Особую группу растительных микроостатков представляют кремневые образования специфической формы – фитолиты, которые образуются в различных внутриклеточных и внеклеточных структурах растения и после отмирания их попадают в почву, формируя собственные фитолитные комплексы. Фитолиты кукурузы, как и другие культурные растения, хорошо узнаваемы и диагностируемы в почвенных образцах [5-6]. Для оценки глубины проникновения молодого углерода C_4 типа фотосинтеза определяли численность фитолитов кукурузы в профиле выщелоченного чернозема под монокультурой кукурузы (таблица 2).

Таблица 2 – Фитолиты в профиле выщелоченного чернозема под монокультурой кукурузы

Глубина, см	Количество фитолитов	Кукуруза			Сорная флора	Злаки	Другие формы
		Крестообразные формы	Дву- и трилопастные формы	Всего			
0-20	707	7	9	16	29	598	64
20-40	500	1	8	9	26	397	68
40-60	552	5	10	15	32	401	104
60-80	375	2	4	6	19	261	89
80-100	66	0	0	0	0	36	30
1-100	2200	15	31	46	106	1693	355

Численность фитолитов кукурузы составляет очень небольшую долю (более 2 %) от общей численности этих образований в фитолитном комплексе, что связано с тем, что фитолиты кукурузы накапливаются в почвенной

толще лишь в условиях современного почвообразования с начала выращивания кукурузы в монокультуре с 1960 года. Основную часть фитолитного комплекса (77 %) составляют фитолиты злаковых растений, сорная флора (4,8 %). Профильное распределение носит одинаковый характер для всех выделенных групп фитолитного комплекса: постепенное убывание до глубины 60-80 см и резкое, почти на порядок, уменьшение численности в слое 80-100 см, фитолиты разных форм (крестообразные и дву- и трилопастные) и размеров, характерных для растений кукурузы в слое 80-100 см вообще отсутствуют, что указывает на то, что нижняя граница аккумуляции молодого углерода от C_4 типа фотосинтеза находится на глубине 80 см.

Коэффициент гумификации (Кг) или константа разложения органического вещества растительных остатков кукурузы рассчитан как отношение запасов углерода C_4 типа фотосинтеза в слое 0-60 см под монокультурой к количеству углерода, поступившего в почву с корневыми и пожнивными остатками. Среднегодовое поступление корневых (в 0-60 см слое почвы) и пожнивных остатков определяли в предыдущей работе [7]. Величины Кг статистически не различались в удобренном и контрольном вариантах (15 и 17 % в недекальцированной и 13 и 16 % в декальцированной почвах). В длительных полевых опытах с монокультурой кукурузы на территории США и Западной Европы получены такие же величины Кг, причем 47 % вариаций коэффициента гумификации было связано с продолжительностью выращивания кукурузы в монокультуре, что вполне соответствует экспоненциальному закону разложения растительных остатков.

Библиографический список

1. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. – М.: Наука. – 2007. – 315 с.
2. Ларионова А.А., Стулин А.Ф., Занина О.Г., Евдокимов И.В., Бюггер Ф., Шлоттер М. Распределение стабильных изотопов углерода в агрочерноземе при смене растительности с C_3 типом фотосинтеза на монокультуру кукурузы // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 863-874.
3. Daberkow S., Payne J., Schepers J. Comparing continuous corn and corn-soybean cropping systems // Western Economic Forum. Spring. – 2008. – 13 p.
4. Khan S.A, Mulvaney R.L., Ellsworth T.R., Boast C.W. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon seguestration // Journal of Environmental Quality. – 2007. – № 36. – P. – 1821-1832.
5. Piperno D.R. A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria // Amer. Antiq. – 1984. – V. 49. – P. 361-383.
6. Pearsall D.M., Piperno D.R. Antiquity of maize cultivation in ecuador: summary and revaluation of the Evidence // Amer. Antiq. – 1990. – V. 55. – P. 324-337.
7. Стулин А.Ф., Верховцева Н.В. Баланс питательных веществ и накопление корневых и пожнивных остатков в кукурузном агроценозе при длительном применении удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. – 2022. – № 1. – С. 3-9. DOI: 10.26178/A.E.2022.90.75.001.

УДК 632.122.1

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ПАШНИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР

Суринов А.В.
ФГБУ «ЦАС «Белгородский», г. Белгород
E-mail: *Surinoff.2012@yandex.ru*

Резюме. *В работе представлен материал сплошного агрохимического обследования пахотных почв пяти районов, расположенных в лесостепной зоне Белгородской области. По результатам 11 цикла обследования установлено, что к группе низкообеспеченных по содержанию подвижных форм цинка, кобальта, меди, марганца и молибдена относится соответственно 97,8, 98,9, 94,8, 29,7 и 24,3 % обследованных почв.*
Ключевые слова. *Органическое вещество, микроэлементы, мониторинг, чернозем, кислотность почв.*
Summary. *The paper presents the material of a continuous agrochemical survey of arable soils of five districts located in the forest-steppe zone of the Belgorod region. According to the results of the 11th cycle of the survey, 97.8, 98.9, 94.8, 29.7 and 24.3% of the surveyed soils belong to the group of low-maintenance mobile forms of zinc, cobalt, copper, manganese and molybdenum, respectively.*
Key words. *Organic matter, trace elements, monitoring, chernozem, acidity.*

Микроэлементы – это вещества, находящиеся в сухой массе растений в очень низких концентрациях (0,01-0,001 %) [1]. Избыточное или недостаточное содержание микроэлементов в живых организмах провоцирует сбой процесса обмена веществ, вызывает различные заболевания [2]. Микроэлементы являются неотъемлемыми участниками биохимических реакций, входят в состав различных ферментов, гормонов, витаминов. Отечественным ученым В.И. Вернадским впервые была отмечена тесная связь микроэлементов с иными участниками биосферы [3]. Для подвижных форм микроэлементов установлены минимальные пороги содержания их в почве, при которых целесообразно применять микроудобрения. Для многих микроэлементов установлены нормативы предельно-допустимой концентрации (ПДК) подвижных форм в почве. Для кобальта, меди, цинка и марганца ПДК составляют 5, 3, 23 и 140 мг/кг соответственно [4]. Содержание подвижных форм молибдена в почвах не нормируется.

Необходимым условием достижения качественных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур является оптимальное содержание доступных растениям форм микроэлементов в почве. Рациональное использование почвенных ресурсов при ведении сельскохозяйственной деятельности в условиях интенсивного земледелия невозможно без полноценных сведений о состоянии плодородия почв.

В данной работе собраны и проанализированы результаты агрохимического обследования пахотных почв Белгородской области. Аналитические изыскания проводились в аккредитованной лаборатории ФГБУ «ЦАС «Белгородский». Содержание органического вещества определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), значение степени кислотности (pH_{KCl}) – в соответ-

ствии с ГОСТ 26483-85, массовые доли подвижных форм цинка и молибдена – по ГОСТ Р 50686-94, меди и кобальта – по ГОСТ Р 50683-94, марганца – по ГОСТ Р 50685-94.

Исследования затронули территории Прохоровского, Яковлевского, Ивнянского, Губкинского и Борисовского районов, расположенных в лесостепной зоне Белгородской области. Площадь пахотных почв данных районов составляет 331,8 тыс. га, 57,7 % из которых представлены черноземом типичным и 33,6 % – черноземом выщелоченным. Эрозионным процессам подвержено 36,1 % исследуемой пашни, из которых 6,9 % носят характер средне- и сильноэродированных. Территория исследуемых районов расположена в зоне с ГТК=1,1-1,2 [5].

За исследуемый период в пахотные почвы было внесено в среднем 12,8 т/га органических удобрений и 116,5 кг д.в./га минеральных, а также 9,3 т/га мелиоранта.

По данным фонового мониторинга, проводимого на территории участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье», установлено, что целинные черноземы типичные в слое 10-20 см горизонта А характеризуются низким уровнем обеспеченности подвижными формами цинка (0,79 мг/кг) и молибдена (0,08 мг/кг), средним – подвижными формами кобальта (0,2 мг/кг), меди (0,24 мг/кг) и марганца (10,9 мг/кг) [6].

На содержание и подвижность микроэлементов в почве, кроме свойств почвообразующей породы, во многом влияет уровень содержания органического вещества и степень кислотности почвенного раствора [7, 8, 9, 10].

По результатам исследований в 11 цикле установлено увеличение содержания органического вещества на 0,14 % относительно предыдущего цикла, степень кислотности pHkcl повысилась на 0,06 ед. pH, количество кислых почв сократилось на 9,04 %, при этом средне- и сильнокислых – на 5,95 %, содержание подвижных форм меди увеличилось на 0,013 мг/кг, марганца, цинка и кобальта снизилось на 0,94, 0,03 и 0,008 мг/кг соответственно. В рамках проведения 11 цикла сплошного агрохимического обследования впервые определялось содержание подвижных форм молибдена. Средневзвешенная величина данного параметра составила 0,13 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика агрохимических показателей

Показатель		Цикл		Отклонение
		10	11	
Массовая доля органического вещества, %		5,51	5,65	0,14
pHkcl, ед. pH		5,55	5,61	0,06
Доля кислых почв, % от обследованной площади	всего	56,56	47,52	–9,04
	в том числе средне- и сильнокислых	12,77	6,82	–5,95
Массовая доля подвижных форм, мг/кг	меди	0,112	0,125	0,013
	марганца	13,21	12,27	–0,94
	цинка	0,58	0,55	–0,03
	кобальта	0,085	0,077	–0,008
	молибдена	–	0,13	–

Пахотным почвам присуща низкая обеспеченность микроэлементами. По содержанию подвижных форм кобальта (98,9 %), цинка (97,8 %) и меди (94,8 %) обследованные почвы относятся к группе с низким содержанием. По содержанию марганца 29,7 % обследованных почв относится к группе с низким содержанием, 66,9 – со средним и 3,4 – с высоким. По содержанию молибдена 24,3 % обследованных почв относится к группе с низкой, 74,0 % – со средней и 1,7 % – с высокой обеспеченностью (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение почв пашни по содержанию микроэлементов (11 цикл), % от обследованной площади

Элемент	Группа по содержанию		
	низкая	средняя	высокая
Цинк	97,8 (<2 мг/кг)	2,0 (2,1-5 мг/кг)	0,2 (>5 мг/кг)
Марганец	29,7 (<10 мг/кг)	66,9 (10,1-20 мг/кг)	3,4 (>20 мг/кг)
Кобальт	98,9 (<0,15 мг/кг)	1,1 (0,16-0,30 мг/кг)	0,0 (>0,3 мг/кг)
Медь	94,8 (<0,2 мг/кг)	4,8 (0,21-0,5 мг/кг)	0,4 (>0,5 мг/кг)
Молибден	24,3 (<0,1 мг/кг)	74,0 (0,1-0,22 мг/кг)	1,7 (>0,22 мг/кг)

Основной причиной низкой обеспеченности пахотных почв подвижными формами микроэлементов в их относительно не высоком содержании в целинных аналогах и отрицательном балансе в земледелии. Кроме того, благодаря высоким объемам известкования, существенно снизилась доля кислых почв, что привело к уменьшению подвижности марганца, цинка и кобальта. В отличие от вышеперечисленных микроэлементов молибден в щелочных почвах более подвижен, чем в кислых. Это объясняется образованием труднорастворимых соединений при pH<5,5 [1, 7].

Как свидетельствуют работы многих исследователей, низкая обеспеченность пахотных черноземов лесостепной зоны ЦЧР такими микроэлементами, как цинк, медь и кобальт, является типичной для этих почв [11, 12]. В структуре пашни почв с превышением нормативов ПДК изучаемых элементов никогда не выявлялось, поэтому нет опасности загрязнения растениеводческой продукции [13].

Как свидетельствуют исследования, проведенные на территории Белгородской области в 2010-2013 гг., главным источником поступления данных микроэлементов в агроэкосистемы являются органические удобрения. При средней дозе органических удобрений около 4 т/га в почвы поступало 92 % от общего количества меди, 90 % цинка, 93 % молибдена и 73 % кобальта. Величина интенсивности хозяйственного баланса меди составляла 111 %, цинка – 98, молибдена – 77 и кобальта – 24 %. Основные потери микроэлементов происходят в результате смыва почвы [14].

На почвах с дефицитом подвижных форм микроэлементов рекомендуется применять соответствующие микроудобрения. В настоящее время ассортимент микроудобрений достаточно широк. В основном используются комплексные хелатные микроудобрения «Полифид», «Реаком», «Мастер», «ЖУСС». Основные приемы внесения микроудобрений заключаются в обра-

ботке ими посевного материала, а также в качестве листовой подкормки. Вносить в почву микроудобрения не рекомендуется, так как микроэлементы в черноземах быстро теряют подвижность в результате взаимодействия с карбонатами кальция.

Выводы. В 11 цикле агрохимического обследования содержание подвижных форм марганца, цинка и кобальта в исследуемых районах снизилось в сравнении с 10 циклом на 0,094, 0,03 и 0,008 мг/кг соответственно, содержание подвижных форм меди увеличилось на 0,013 мг/кг. По результатам 11 цикла обследования установлено, что к категории низкообеспеченных по содержанию подвижных форм цинка, кобальта, меди, марганца и молибдена относится соответственно 97,8, 98,9, 94,8, 29,7 и 24,3 % обследованных почв.

Библиографический список

1. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 404 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов. 30 изд., испр. М.: Интеграл-Пресс, 2003. – 727 с.
3. Вернадский В. И. К вопросу о химическом составе почв // Почвоведение. – 1913. – №2-3. – С. 1-21.
4. Санитарные правила и нормы: СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.01.2021 г. [Электронный ресурс].
5. Соловиченко В.Д. Эродированные почвы и комплекс противоэрозионных мероприятий / В.Д. Соловиченко, Г.И. Уваров // Белгородский агромир. – 2011. – № 1. – С. 14-16.
6. Лукин С.В. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» / С.В. Лукин, В.Д. Соловиченко // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С. 15-17.
7. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Ковда В.А. Основы учения о почвах: в 5 т. / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – 2 т. – 468 с.
9. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
10. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в чернозёмах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. – 368 с.
11. Лукин С.В., Четверикова Н.С. Мониторинг плодородия пахотных почв лесостепной зоны Центрально-Черноземного района / С.В. Лукин, Н.С. Четверикова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. – № 1. – С. 71-73.
12. Лукин С.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах Белгородской области / С.В. Лукин, Ю.В. Мирошникова, П.М. Авраменко // Агрохимия. – 2002. – № 8. – С. 86-91.
13. Лукин, С. Производство экологически безопасной сельхозпродукции / С. Лукин // АПК: экономика, управление. – 2007. – №5. – С. 27-29.
14. Хижняк Р.М. Экологическая оценка содержания микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo, Cr, Ni) в агроэкосистемах лесостепной зоны юго-западной части ЦЧО. Автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 2016. – 24 с.

УДК 631.459.2:631.6.02

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Сухановский Ю.П.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск
E-mail: *soil-er@kursknet.ru*

Резюме. *Рассморено применение математических моделей для решения задач, связанных с решением проблемы защиты почвы от эрозии.*
Ключевые слова: *Эрозия почвы, стратегия, решение задач, математические модели.*
Summary. *The application of mathematical models for solving problems related to solving the problem of soil protection from erosion is considered.*
Key words: *Soil erosion, strategy, problem solving, mathematical models.*

Под математическим моделированием понимают как разработку математических моделей, описывающих исследуемые процессы, так и их применение, как методов, для решения различного рода задач. Заключительным этапом в разработке модели является её проверка (т.е. оценка достоверности результатов моделирования) и определение условий её применения. Для проверки модели существуют определённые требования, а условия применения определяются условиями проверки (например, почвенными и климатическими условиями). Если модель не проверена и/или не соответствует условиям её применения, то результаты моделирования являются сомнительными.

В 2014 году принят закон о Стратегическом планировании [1]. Основой разработки разных стратегий является «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» [1, ст. 18^1]. Эта Стратегия включает:
описание вызовов, рисков, оценку текущего состояния, основных проблем, тенденций; определение целей и основных задач на долгосрочный период; также *основные направления и приоритеты*. Во исполнение этого Закона в 2016 году была разработана Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» [2]. В Стратегии [2, п. 1] приведено определение «б) *большие вызовы* – объективно требующая реакции со стороны государства совокупность проблем, угроз и возможностей, сложность и масштаб которых таковы, что они не могут быть решены, устранены или реализованы исключительно за счет увеличения ресурсов». К *наиболее значимым большим вызовам* [2, п.15] отнесено «в) возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов,».

По данным ФАО ООН [3, раздел 6.1.3] установлено, что на обрабатываемых почвах скорость эрозии намного превышает скорость почвообразования. То есть, после распашки целины природные возобновляемые почвенные ресурсы человек использует как невозобновляемые ресурсы. Предотвратить эрозию невозможно. Это уже не угроза, а реальность. Согласно Стратегии [2], проблема использования эродируемых почв относится к *наиболее значимым большим вызовам.* Используя *математические модели*, для эродируемых

черноземных почв Центрального Черноземья разработан долгосрочный прогноз [4]. Он привёл к следующим выводам: 1) математическое моделирование подтвердило вывод ФАО уже в количественной форме; 2) при современном земледелии будет продолжаться тенденция сокращения почвенных ресурсов; 3) практически невозможно восстановить эрозионные потери почвы. Для ответа на этот *большой вызов* необходима государственная стратегия рационального использования оставшихся почвенных ресурсов, подверженных эрозии. В Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный на период 2021-2030 годы [5] отсутствует поиск решения проблемы эрозии почвы, как поиск ответа на *большой вызов*.

По экономическим причинам нереально за короткий срок скорость эрозии уменьшить до скорости почвообразования [6]. Разработка стратегии рационального использования эродируемых почв основана на концепции допустимых эрозионных потерь почвы (ДЭПП) [7, 8]. Поскольку процессы эрозии почвы являются случайными, то при обосновании ДЭПП необходимо учитывать вероятность их превышения. Для этого использованы математические модели [9]. Стратегической целью является уменьшение скорости эрозии почвы до скорости почвообразования. Для каждого последующего этапа стратегии значения ДЭПП должны уменьшаться, приближаясь к скорости почвообразования [8]. Для выбора и при проектировании противоэрозионных мер также необходимы математические модели эрозии почвы и её последствий.

Таким образом, математическое моделирование необходимо для разработки стратегии рационального использования оставшихся почвенных ресурсов, подверженных водной эрозии. Стратегия включает решение следующих основных задач: *опиание большого вызова*, *прогнозирование* для разных сценариев долгосрочных последствий, *обоснование* допустимых эрозионных потерь почвы, *выбор* и *проектирование* противоэрозионных мер. Указанные математические модели (в отличие от других существующих моделей) могут быть использованы для условий Центрального Черноземья.

Библиографический список

1. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный Закон РФ № 172-ФЗ от 28 июня 2014 г. http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102354386 (дата обращения 13.03.2023)
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации № 642 от 1.12.2016 г. https://reestr.extech.ru/docs/sntr.pdf (дата обращения 13.03.2023)
3. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. – 2015. – 650 p. URL: http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf (дата обращения 14.03.2023).
4. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Соловьева Ю.А., Санжарова С.И. Оценка трендов эродируемых черноземов пахотных земель Центрального Черноземья // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 19-22.
5. Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный на период (2021 - 2030 годы). Утверждена распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р

6. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд–во Моск. Ун–та, 1993. – 200 с.
7. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород: Константа, 2012. – 456 с.
8. 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.
9. Сухановский Ю.П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы // Почвоведение. – 2013. – №4. – С. 474-481.

УДК 630*116.64: 631.432.2

ВЛИЯНИЕ АГРОЛЕСОЛАДШАФТНОГО КОМПЛЕКСА НА ЗАПАСЫ ВЛАГИ В ПОЧВЕ НА СКЛОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Тарасов С.А.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *sergejtarasov1989@mail.ru*

Резюме. *Показано влияние лесополос в составе почвозащитного агролесоландшафтного комплекса на изменение запасов влаги в почве в условиях 2020-2022 годов в начале вегетации культур и после уборки урожая. Установлено, что в годы с обильными осадками на водосборе с лесополосами, особенно в начале вегетации культур, запасы влаги в почве меньше, чем на водосборе без лесополос. Влагонакопительная роль лесополос в почвенном профиле проявляется при небольшом количестве осадков, и наиболее выражена в период после уборки урожая.*
Ключевые слова: *почвы склонов, агролесоландшафтный комплекс, лесополосы, осадки, запасы влаги в почве.*
Summary*. The influence of forest belts as part of the soil-protective agro-forest-landscape complex on the change in soil moisture reserves in the conditions of 2020-2022 at the beginning of the growing season and after harvesting is shown. It has been established that in years with heavy precipitation in the catchment area with forest belts, especially at the beginning of crop vegetation, the moisture reserves in the soil are less than in the catchment area without forest belts. The moisture-accumulating role of forest belts in the soil profile is manifested with a small amount of precipitation, and is most pronounced in the period after harvesting.*
Key words: *slope soils, agro-forest-landscape complex, forest belts, precipitation, soil moisture reserves*

Влага является одним из факторов жизни растений и в условиях неустойчивого увлажнения, которые характерны для Центрально-Черноземного региона, в отдельные годы ее недостаточные запасы в почве могут лимитировать продуктивность сельскохозяйственных культур. При недостатке влаги в почве снижается эффективность минеральных удобрений в результате снижения доступности для растений элементов минерального питания [1], образуется меньше завязей в результате потери фертильности пыльцы и нарушения процессов оплодотворения, приводящих к череззернице и пустоколосости злаковых культур, снижению их урожайности. С другой стороны, избыток влаги в почве также негативно сказывается на росте и развитии растений, вызывая корневой анаэробиоз сельскохозяйственных культур [2]. Поэтому создание оптимального режима влагообеспеченности почвенного профиля яв-

ляется одной из задач эффективного агроландшафтного земледелия.

Основными источниками, пополняющими запасы почвенной влаги на полях в богарных условиях, являются талые воды, а также дождевые осадки. В свою очередь, на поступление влаги в почвенный профиль и ее расход влияет множество факторов: элементы рельефа, способы обработки почвы, ее плотность сложения и водопроницаемость, биологические особенности возделываемых культур и другие. Особое значение имеет регулирование водного режима пашни на склоновых землях, т.к. элементы рельефа оказывают заметное влияние на перераспределение запасов влаги по почвенному профилю [3]. На склонах регулирование водного режима почв рассматривается также как способ предотвращения водно-эрозионных процессов [4]. В условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения эффективным приемом оптимизации водного режима почв является агролесомелиорация, высадка полезащитных лесополос. Влагозарядковый эффект лесополос для пашни в межполосном пространстве проявляется за счет снегозадержания и снижения стока талых вод на склонах, снижения ветровой нагрузки и физического испарения влаги из почвенного профиля [5]. На полях с лесополосами запасы влаги в метровом слое почвы за счет зимних осадков повышаются на 71-120 мм [6].

В наших исследованиях изучено влияние лесополос как элемента почвозащитного агролесоландшафтного комплекса склоновых почв на изменение запасов в них доступной влаги в метровом слое в начале весенней вегетации и после уборки урожая культур в условиях 2020-2022 годов. Исследования выполнены в стационарном опыте на двух водосборных территориях с ложбинно-балочным рельефом на площади 90,9 га, почвенный покров которых представлен типичными и выщелоченными тяжелосуглинистыми черноземами. В пределах водосборов доля слабо-эродированных почв, расположенных на склонах, составляет 10,4 %, доля эрозионно-опасных почв 67,0 %. Характерной особенностью одного из водосборов, который принят за контроль, является отсутствие элементов противоэрозионной защиты склоновых земель. На другом водосборе как элемент защиты от водной эрозии с 1985 г. произрастают три ряда узких стокорегулирующих тополевых лесополос, размещенных по диагоналям склонов на расстоянии 216 м друг от друга. В центре каждой лесополосы для усиления противоэрозионной эффективности нарезана водоулавливающая канава, ниже лесополосы по склону насыпан водоудерживающий вал. В 2020 г. пашня на водосборных участках использовалась под посевами озимой пшеницы, в 2021 г. возделывали гречиху, и в 2022 г. ячмень.

Характерной особенностью метеорологических условий практически во все годы исследований был пониженный температурный режим в первой половине весенней вегетации культур и повышенный температурный режим в июне и июле. Осадки выпадали во все годы в период вегетации культур неравномерно, но в целом их было больше многолетней нормы. В начале весенней вегетации культур влагообеспеченность посевов была высокой и не лимитировала их рост и развитие. Отличительной особенностью второй половины вегетации озимой пшеницы в условиях 2020 г. (июнь и июль) являлось

то, что в отличие от других лет в этот период осадков выпало заметно больше многолетней нормы. В июне и июле 2021 г. количество осадков было близким к многолетней норме, и лишь в июне 2022 г. осадков выпало заметно меньше многолетней нормы. При оценке условий увлажнения вегетационного периода по гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК) установлено, что в условиях 2020 и 2022 годов он составил 1,32 (влажные), в условиях 2021 года 1,24 (слабо засушливые), при многолетней норме 1,18 (слабо засушливые).

По результатам оценки запасов доступной влаги в слое почвы 0-100 см установлено, что по всем вариантам опыта во все годы они классифицировались как очень хорошие, т.е. были больше 160 мм [7]. Тем не менее, по годам, водосборам и срокам определения показателя проявились и различия. В период весенне-летней вегетации культур в 2011 г. запасы влаги были на 51 мм, и в 2022 г. на 39 мм меньше, в сравнении с 2020 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние агролесоландшафтного комплекса на запасы влаги в метровом слое почвы

Водосбор (фактор А)	Сроки определения показателя (фактор В)	Запасы влаги, мм,			Ср.
		2020 г.	2021 г.	2023 г.	
Без противоэрозионных элементов	Начало вегетации	293	303	307	**301**
	После уборки урожая	299	193	202	**231**
С лесными полосами	Начало вегетации	284	291	297	**291**
	После уборки урожая	305	191	218	**238**
$НСР_{05}$ фактора А		3	3	2	-
$НСР_{05}$ фактора В		3	3	2	-
$НСР_{05}$ для частных различий		4	4	3	-

В 2020 г. обильные осадки были во второй половине вегетации культур. Поэтому в условиях этого года, в отличие от других лет, после уборки урожая запасы влаги в почве в среднем по водосборам оказались на 14 мм больше, чем в начале весенней вегетации культур.

Лесополосы оказывали следующее влияние на запасы влаги в метровом слое почвы в зависимости от условий года и сроков определения показателя. Во все годы в начале весенней вегетации культур на водосборе с лесополосами запасы влаги были существенно меньше, чем на водосборе без противоэрозионных элементов. В 2020 г. на водосборе с лесополосами в начале весенней вегетации культур запасы влаги в метровом слое почвы оказались на 9,0 мм меньше, в 2021 г. – на 12,0 мм, и в 2022 г. – на 10,0 мм, чем запасы влаги в этот же период на водосборе без противоэрозионных элементов. Однако в период после уборки урожая, наоборот, более высокие запасы влаги в почве были на водосборе с почвозащитным агролесоландшафтным комплексом. В среднем за период вегетации культур с 2020 по 2022 гг. на водосборе с лесополосами запасы влаги в почвы были больше на 7,0 мм, в сравнении с водосбором без противоэрозионных элементов. Особенно высокий влагозарядковый эффект лесополос в послеуборочный период проявился в условиях 2022 г., который характеризовался невысоким количеством выпадающих осадков в июне. На этом водосборе, в сравнении с водосбором без лесных по-

лос, запасы влаги после уборки ячменя были больше на 16 мм.

Как правило, после уборки культур запасы влаги в почве меньше, чем в начале их вегетации, что объясняется расходом влаги на транспирацию в процессе формирования урожая [8]. В нашем эксперименте исключением были только условия в 2020 г, когда в предуборочный период выпало большое количество осадков. В условиях этого года после уборки озимой пшеницы на водосборе без противоэрозионных элементов запасы влаги в метровом слое почвы были на 6 мм, и на водосборе с лесополосами на 21 мм больше, в сравнении с началом весенней вегетации культуры. В условиях 2021 г. на водосборе без противоэрозионных элементов запасы влаги в послеуборочный период были меньше, чем в начале вегетации гречихи на 110 мм. Однако на водосборе с лесополосами в послеуборочный период запасы влаги были меньше, чем в начале вегетации культуры на 100 мм. Такая же закономерность, только более выраженная, проявилась и в условиях 2022 г. На водосборе без противоэрозионных элементов запасы влаги в послеуборочный период были меньше, чем в начале вегетации ячменя на 105 мм. Однако на водосборе с лесополосами в послеуборочный период запасы влаги были меньше, чем в начале вегетации культуры, на 79 мм. Т.е. в условиях агролесоландшафтного комплекса на фоне лесополос доступная влага более экономно расходуется на формирование продуктивности культур, чем на водосборе без противоэрозионных элементов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что лесополосы как элемент почвозащитного агролесоландшафтного комплекса выполняют также гидромелиоративную роль на территории водосбора. Они обеспечивают защиту посевов от переувлажнения в случае выпадения обильных осадков, и повышают запасы влаги в почве в периоды, когда мало осадков. На фоне агролесоландшафтного комплекса амплитуда колебаний запасов влаги в начале весенней вегетации культур и после уборки урожая заметно меньше, чем на водосборе без противоэрозионных элементов.

Библиографический список

1. Митрофанов Д.В., Ткачёва Т.А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. – № 4 (64). – С. 84-97.
2. Биология критического периода растений в условиях нарушения влажности почвы: к 100-летию со дня рождения профессора В.В. Аникиева / Г.А. Воробейков, В.Н. Бредихин, В.Н. Лебедев, В.С. Юргина // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2015. – № 173. – С. 109-121.
3. Шорина И.В., Макарычев С.В. Особенности водного режима на склоновых землях и пути его регулирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 9 (191). – С. 48-54.
4. Гаевая Э.А. Мищенко А.Е., Сафонова И.В. Борьба с водной эрозией в севооборотах на склоновых землях // Мелиорация и гидротехника. – 2012. – № 1. – С. 91-100.
5. Чендев Ю.Г., Беспалова Е.С. Оценка роли лесополос в оптимизации почв и ландшафтов: литературный обзор сведений // Региональные геосистемы. – 2019. – Т. 43. – № 2. – С. 124-133.

6. Вольнов В.В., Сухарьков Е.А., Бойко А.В. Влияние лесных полос на увлажнение почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3. – С. 41-44.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
8. Курдюков Ю.Ф., Васильева М.Ю., Пряхина С.И. Влияние весенних запасов продуктивной влаги в почве и осадков на продуктивность зерновых культур в зоне засушливой черноземной степи // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2007. – Т. 7. – № 1. – С. 16-20.

УДК 631.6.02:631.452:631.95

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА УЧАСТКЕ ПОСЛЕ ДЕМОНТАЖА АМБАРА ДЛЯ ГИДРОИСПЫТАНИЙ

Титова В.И.
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», г. Нижний Новгород
E-mail: *titovavi@yandex.ru*

Резюме. *В статье приведены результаты визуальной оценки состояния поверхности земельного участка после демонтажа амбара для гидроиспытаний и агрохимической характеристики серой лесной почвы с целью определения готовности участка к проведению рекультивационных работ.*
Ключевые слова: *почвенные пробы, сухой рассев, показатели плодородия, рекультивация.*

AGROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOIL AND ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF FARMING AT THE SITE AFTER THE DISMANTLING OF THE HYDRO-TEST WAREHOUSE

Summary. *The article presents the results of visual assessment of the surface condition of the land plot after dismantling the warehouse for hydrotesting and agrochemical characteristics of gray forest soil in order to determine the readiness of the plot for recultivation works.*
Key words: *soil samples, dry sieving, productivity, recultivation.*

Введение. Изучению влияния техногенного воздействия на агроландшафт и нормирования антропогенной нагрузки на его компоненты посвящены работы многих ученых-исследователей [1-3]. Основное внимание при этом уделяется оценке состояния почвы, а следствием оценки плодородия является принятие решения о проведении биологической рекультивации нарушенных земель [4] как гаранта обеспечения культурных растений необходимыми условиями и факторами жизни.

Цель исследования состоит в оценке состояния почвы на земельном участке после демонтажа амбара для гидроиспытаний и его готовности к проведению биологического этапа рекультивации.

Материалы и методы. Исследования проведены на участке после демонтажа амбара для гидроиспытаний, который представляет собою котлован площадью около 4 м и глубиной до 2,5 м. Его особенностью является наличие специальной пленки по дну котлована, которая обеспечивает выполнение ра-

бот с соблюдением всех технологических параметров. Отбор проб проведен в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Анализы выполнены с использованием методов, рекомендованных ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Методические указания…, 2003).

Участок расположен в Нижегородской области, в зоне распространения серых лесных почв. Для агрохимического анализа с глубины 0-25 см взяты 3 объединённых почвенных пробы, состоявшие из 5 точечных проб каждая, соответственно №1, №2 и №3. Также был заложен почвенный разрез и с глубины 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 и 80-100 см были отобраны пробы, соответственно №4, №5, №6, №7 и №8.

Результаты и их обсуждение. Профиль почвы в целом был неоднородным, а выделяемые слои состояли из грунтов, сильно отличающихся от граничащих с ними по цвету, плотности и гранулометрическому составу. Преобладающей окраской верхнего корнеобитаемого слоя была бурая и охристо-бурая, что нехарактерно для пахотного горизонта серых лесных почв. В целом слои почвенного профиля от 20 см и ниже можно назвать турбированным горизонтом, который представляет собой неоднородную по окраске и структуре сложенную толщу, состоящую из фрагментов разных горизонтов (морфонов). Исходные горизонты как целостные образования разрушены. Горизонт является результатом техногенных механических воздействий.

При обследовании земельного участка и его визуальном осмотре было установлено, что вся территория очень захламлена во всей массе почвы (рис. 1). Строительный мусор представлен кусками бетона весом от нескольких граммов до десятков килограмм, кусками арматуры, обрывками гидроизоляционной мембраны, щебнем, галькой, остатками пиломатериалов (доска и брус), относящихся, в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (в ред. Приказа МПР РФ от 30.07.2003, № 663) к отходам 4 и 5 классов опасности. Наличие таких включений как с поверхности, так и по глубине почвы исключает любые обработки верхнего корнеобрабатываемого слоя сельскохозяйственными машинами и механизмами, что является составной частью не только сельскохозяйственной деятельности на пахотных почвах, но и проведения биологической рекультивации, являющейся завершающим этапом всех рекультивационных работ.

Учитывая наличие инородных включений в почвенные массы, был проведен сухой рассев образцов почвы для выделения структурных отдельностей разного диаметра на ситах, используемых в обычной практике при определении тонины помола (зернового состава) известковых материалов.

На рисунке 2 в качестве примера показано, как выглядел один из образцов почвы верхнего слоя в 0-25 см после рассева на ситах, а в таблице 1 приведены количественные результаты рассева почвенных образцов, отобранных из слоев почвы при закладке почвенного разреза.

Результаты рассева свидетельствуют, что частиц мелких (менее 0,5 мм),

обладающих коллоидными свойствами, по всей глубине почвенного профиля немного и примерно одинаковое количество, что является косвенным свидетельством некоторого присутствия исходной почвы в грунте, слагающем земельный участок в настоящее время.

Процент частиц почвы крупнее 10 мм с глубиной значительно возрастает – более чем вдвое. При этом фото свидетельствует, что представлены они не только крупными почвенными частицами, но и отчетливо видимыми частицами гравия, кусочками бетона и прочими инородными частицами. Соответственно, количество деятельных частиц почвы (0,5-5,0 мм) с глубиной падает, что косвенно будет свидетельствовать о переуплотнении почвы.

Рисунок 1 – Внешний вид поверхности обследуемого участка

Рисунок 2 – Сита со структурными отдельностями почвенной массы разного размера, 0-25 см

Таблица 1 – Результаты сухого рассева образцов из почвенного профиля для выделения структурных отдельностей разного диаметра

Размер частиц, мм	Содержание частиц по слоям почвы, в % к общей массе					
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Меньше 0,5	0,87	0,13	4,84	4,34	1,63	1,40
0,5 – 5,0	51,43	45,66	42,66	40,65	35,87	19,39
5,0 – 10,0	19,68	31,49	26,73	28,15	22,61	17,15
Больше 10,0	28,02	22,72	25,77	31,20	39,89	62,06

Результаты определения основных агрохимических показателей из образцов почвы, взятых с глубины корнеобитаемого слоя (три объединенных почвенных пробы), а также из проб, взятых послойно из почвенного разреза, приведены в таблице 2. В качестве фона использована проба, отобранная за пределами обследуемого участка.

Основным идентификационным признаком плодородного слоя почв является наличие гумуса, обеспечивающего необходимый уровень почвенного плодородия, оптимальные физические, физико-химические и химические свойства, а также устойчивость к внешним факторам. Визуальное сравнение

отобранных проб позволяет констатировать, что гумус содержится только в фоновой почве, имеющей темно-серый цвет, в то время как остальные пробы представлены в основном минеральными субстратами, цвет которых варьирует от светло-коричневого до темно-бурого. Анализ проб на содержание гумуса подтвердил предположение о значительно более высоком его содержании на фоновом участке, чем в верхнем слое на площади обследованного участка (табл. 2).

Среднее содержание гумуса в почве участка оценивается в 0,34%, что ниже фонового содержания на 82 относительных процента. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 22 июля 2011 г, № 612, снижение значения показателя «содержание органического вещества», которое следует трактовать как «существенное снижение плодородия», составляет 15% и выше. В данном случае это снижение почти в 4 раза превышает пороговое значение.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика почв участка

Образцы почвы	pH_{kcl}	Гумус, %	P_2O_5	K_2O	$H_г$	S
			мг/кг		ммоль/100 г	
Фон	5,40	1,94	35	95	1,12	11,9
Слой почвы участка из-под амбара для гидроиспытаний, 0-25 см						
Образец №1	8,20	0,45	28	126	1,17	4,6
Образец №2	7,90	0,27	23	113	0,97	12,8
Образец №3	7,70	0,29	21	104	0,88	13,2
Почва, среднее	*7,91*	*0,34*	*24*	*114*	*1,01*	*10,2*
Почвенный разрез на участке из-под амбара для гидроиспытаний						
Образец №4	7,80	0,20	24	66	0,78	5,7
Образец №5	7,97	0,47	21	79	0,98	16,0
Образец №6	8,37	0,04	24	48	0,98	6,5
Образец №7	7,95	0,14	28	97	1,07	6,3
Образец №8	7,61	0,38	22	100	0,78	17,3

Наиболее высокий уровень обеспеченности растений биогенными элементами выявлен на фоновом участке, не нарушенном техногенезом.

В верхнем 0-25 сантиметровом слое почв нарушенного участка содержание фосфора значительно меньше, в среднем – на 11 мг/кг или 31%, что позволяет говорить о существенном снижении плодородия почв. Существенным снижением плодородия почв, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 22 июля 2011 г, № 612, считается снижение содержания подвижного фосфора в сравнении с фоном на 15% и выше. При этом концентрация подвижного фосфора в двух пробах (№2 и №3) еще ниже, а снижение обеспеченности почвы подвижным фосфором достигает при этом 40%.

Содержание подвижного калия в почвенных образцах с участка даже в среднем по пробам оказался выше, чем в фоновой почве. Такое возможно, если в почвенных пробах в значительном количестве присутствуют частицы песка, известковых материалов и грунта с глубоких слоев почвы. Последнее уже было отмечено ранее как при визуальном описании поверхности участка, так и при описании почвенного профиля и сухом рассеве почвы на ситах.

Особое внимание необходимо обратить на показатель pH_{KCl}, который у грунтов, отобранных на территории участка, имеет чрезвычайно высокое значение. Причиной этого, безусловно, является присутствие во всей толще почвенной массы с участка большого количества остатков строительного материала, имеющего в обычной среде высокое значение pH. Такое значение реакции среды неблагоприятно для зональной растительности, т.к. диапазон толерантности у сельскохозяйственных растений, произрастающих в нашей зоне, находится в пределах 5,5-7,0 единиц pH.

Фоновый участок при этом характеризуется реакцией, благоприятной для большинства зональных сельскохозяйственных растений. Повышение значения pH в почвенных пробах с обследованного участка на 46% превышает фоновое значение, что также в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 22 июля 2011 г, № 612, позволяет трактовать это как существенное снижение плодородия почв.

Что касается количественных значений основных агрохимических показателей в почве по слоям почвенного профиля, то можно констатировать их высокую вариабельность, не свойственную характеристикам слоев почвы в естественных условиях их залегания. Это также дополнительно свидетельствует о том, что почва на участке демонтажа амбара для гидроиспытаний представляет собою почвенные массы, произвольно перемешанные с большим количеством песка и строительных отходов.

Заключение. Установлено, что почвенные массы земельного участка, деградированного после демонтажа амбара для гидроиспытаний, практически не содержат гумуса (основного компонента и идентификационного признака верхнего плодородного слоя почв), имеют очень низкое содержание подвижного фосфора, высокий уровень щелочности и высокую долю щебня в грунте, что исключает возможность выращивания зональных культурных растений на данной территории. Проведение биологического этапа рекультивации на обследованном участке в силу вышеозначенных причин невозможно – он, прежде всего, подлежит технической рекультивации.

Библиографический список

1. Масютенко, Н.П. К вопросу нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко, Г.М. Брескина, Т.И. Панкова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – Т. 28. – № 10. – С. 14-17.
2. Титова, В.И. К вопросу оценки влияния строительства и ремонта магистральных трубопроводов на почву / В.И. Титова // Почва – национальное богатство. Пути повышения ее плодородия и улучшения экологического состояния: материалы Всеросс. научно-практ. конф. – ФГБОУ ВПО Ижевкая ГСХА. – Ижевск: «Союз Оригинал», 2015. – С. 222-230.
3. Овчинникова, М.Ф. Влияние строительства трассы магистрального трубопровода на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность фитоценозов // Агрохимия. – 2020. – №10. – С. 65-71.
4. Назаренко, Е.Б. Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов / Е.Б. Назаренко, О.В. Гамсахурдия // Лесной вестник. – 2013. – №4 – С.183-187.

УДК 631.452; 631.559.2

ВЛИЯНИЕ КОМПОСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОБОГАЩЕННОГО МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ, НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ И НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА

Трешкин И.А.
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Тверская область, пос. Эммаус
E-mail: *vniimz@list.ru*

Резюме. *В статье рассмотрены вопросы сохранения плодородия почвы. Внесение компоста многоцелевого назначения и его модификаций позволяет поддерживать содержание $C_{орг}$ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на уровне 1,69-1,80%. Приведены результаты влияния исследуемых компостов на продуктивность звена севооборота. В целом за 2 года КМН и его модификации обеспечили прибавку урожайности зерновых в пределах 19,7-25,1%. Мобилизующая способность КМН позволяет повышать урожайность зерновых культур в ряду: КМН – КМН+(Zn+B) – КМН+(Zn+Cu) – КМН+(Zn+Mo).*
Ключевые слова**:** *дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, органическое вещество, плодородие почвы, компост многоцелевого назначения (КМН), микроэлементы*
Summary: *The article discusses the issues of soil fertility preservation. The introduction of multi-purpose compost and its modifications makes it possible to maintain the content of C_{org} in sod-podzolic light loamy soil at the level of 1.69...1.80%. The results of the influence of the studied compost on the productivity of the crop rotation link are presented. In general, for 2 years, the KMN and its modifications provided an increase in grain yield in the range of 19.7...25.1%. The mobilizing ability of the KMN allows to increase the yield of grain crops in the series: KMN – KMN+(Zn+B) – KMN+(Zn+Cu) – KMN+(Zn+Mo).*
Key words: *sod-podzolic light loamy soil, organic matter, soil fertility, multi-purpose compost (KMN), trace elements*

Почва является стратегическим средством производства сельскохозяйственной продукции для продовольственной безопасности страны. На сельскохозяйственных угодьях возделывается вся сельскохозяйственная продукция: продукты питания, кормовые и технические культуры. Увеличение сельскохозяйственного производства в основном достигается путем усиленной эксплуатацией земельных ресурсов, приводящей к истощению почвенного плодородия, и как следствие, к деградации. Прирост урожайности получается за счет использования лучших плодородных земель и выведения из оборота менее продуктивных. Интенсивная минерализация органического вещества, вынос питательных веществ с урожаем, не достаточное внесение органики привело к отрицательному балансу питательных веществ в почвах. За последние 5 лет он достиг порядка 5%. По данным Минсельхоза РФ, деградации подвержено порядка 134 млн. га сельхозугодий. Заброшено или выведено из оборота более 20-40 млн. га. И эта проблема с каждым годом только нарастает, что требует абсолютно нового подхода к поиску стратегий и методов по-

вышения почвенного плодородия [3, 4].

Гумус – это основа почвенного плодородия. Он участвует в формировании органического вещества почвы и содержит до 90% почвенного азота. Гумусовые вещества оказывают важнейшее влияние на пищевой режим, физико-механические и биологические свойства почвы. Бездефицитный баланс гумуса в пахотных дерново-подзолистых почвах достигается ежегодным внесением органических удобрений в пределах 8-10 т/га, тогда как фактически вносится менее 0,5 т/га. [1]. В условиях интенсификации производства аграрии используют преимущественно только минеральные удобрения, при этом пополнение гумуса происходит исключительно за счет притока биомассы с пожнивно-корневыми остатками. При этом органическое вещество накапливается в виде трудно минерализуемых форм гумусовых кислот, что приводит к нарушению почвенных процессов и режимов, а также к снижению почвенного плодородия [2].

Пашни Тверской области представлены в основном дерново-подзолистыми (до 60%) малопродуктивными почвами с содержанием гумуса менее 2% [5]. Согласно многолетним наблюдениям агрохимцентра «Тверской» оптимальным содержанием гумуса для дерново-подзолистых почв Тверской области является 2,0-2,5%, которое обеспечивает возможность получать стабильные и полноценные урожаи сельскохозяйственных растений [6].

Важнейшим направлением аграрной науки является разработка методов трансформации и модификации существующих органических удобрений в биосредства, способствующие повышению почвенного плодородия. Они характеризуются высоким содержание полезной микрофлоры, которая совместно с почвенным микробоценозом активизирует ключевые процессы формирования почвенного плодородия – минерализацию и гумификацию. Симбиоз микробоценоза почвы и микросреды биоудобрений активно участвует в процессах накопления элементов минерального питания и делает их наиболее доступными для растений [1, 7].

Целью исследований было изучить влияние компоста многоцелевого назначения, обогащенного микроэлементами, на содержание органического вещества в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и на продуктивность звена севооборота.

Микрополевой эксперимент был заложен в 2021 году на опытном агрополигоне Губино (ВНИИМЗ), на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, по представленной ниже схеме: 1. Без удобрений – контроль; 2. Компост многоцелевого назначения (КМН); 3. $N_{40}P_{150}K_{90}$; 4. КМН + комплекс микроэлементов (Zn + Mo); 5. КМН + комплекс микроэлементов (Zn + Cu); 6. КМН + комплекс микроэлементов (Zn + B).

Органические удобрения вносились весной сплошным методом под культивацию перед посевом первой культуры звена севооборота. Во второй год изучалось последействие органических компостов. Первой культурой севооборота была яровая пшеница сорта «Злата», в год последействия высевался овес сорта «Яков». Агротехника возделывания зерновых традиционная для

Тверской области.

Размер опытной делянки 10 м^2. Повторность участков четырехкратная, рендомизированная. В опыте использовался КМН в дозе 10 т/га и эквивалентные ему по содержанию питательных элементов минеральные удобрения. Компост многоцелевого назначения (КМН) получен по технологии ускоренной аэробной ферментации органического сырья (ТУ 9841-003-00668732-2011 «Компост многоцелевого назначения (КМН)»).

Вместе с КМН в почву поступило $N_{общ}$ – 10,1 кг, фосфора (P_2O_5) – 10,2 кг и калия (K_2O) – 10,0 кг. КМН содержит $C_{орг}$ – 138,5 кг. Соотношение C:N составляет 14:1. Удобрение имело слабощелочную реакцию (pH 8,1).

Среди постоянно протекающих почвенных процессов можно выделить следующие: поступление и накопление органического вещества, гумификация и минерализация. От разновидности и активности микроорганизмов почвы зависит судьба органических удобрений – они или разлагаются, или гумифицируются.

Органическое вещество почвы как функциональная часть агроэкосистемы посредствам сорбционно-буферных свойств формирует режим поведения элементов питания, поступающих в почву в составе органических и минеральных удобрений. На более гумусированных почах действие удобрений слабо выражено, оно пролонгировано за счет уменьшения потерь элементов минерального питания из-за миграционных процессов при промывном режиме.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве полученные нами данные (рис. 1) свидетельствуют, что в первый год действия удобрений максимальное количество $C_{орг}$ зафиксировано в вариантах с КМН+Zn+B и традиционным КМН (2,02-2,15%, прибавка к контролю составила 18,8-22,9%). Также заметное увеличение обеспечил вариант с КМН, обогащенный микрокомплексом Zn+Cu (1,81, соответственно прибавка составила 6,5%). В тоже время на варианте с КМН, обогащенном Zn+Mo, количество органического вещества было таким же как на контроле и выше, чем варианте с NPK.

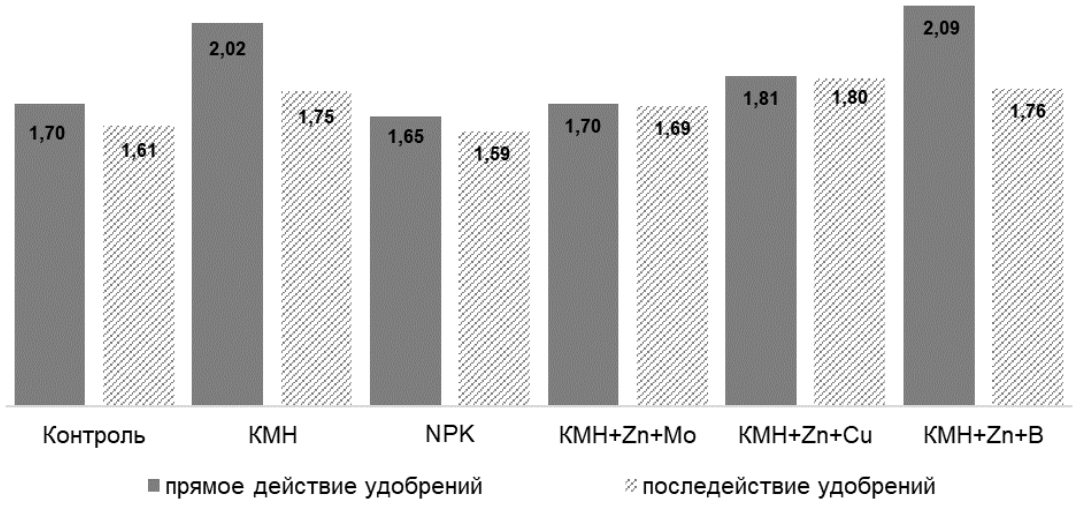


Рисунок 1 – Влияние модифицированного КМН на содержание $C_{орг}$ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % на сухую массу.

В год последействия удобрений почти равнозначное содержание $C_{орг}$ наблюдалось во всех вариантах с КМН (1,69-1,80%, прибавка к контролю составила 5,0-11,8%). А на варианте с минеральными удобрениями содержание $C_{орг}$ было ниже контрольного значения, минерализация составила 1,3%.

Исходя из того, что перед закладкой опыта на данном поле был произведен уравнительный посев горчицы как сидерата, исходное содержание $C_{орг}$ (2,02%) выше, чем на испытуемых вариантах. За счет пролонгированного действия КМН на протяжение двух лет исследований наиболее стабильные результаты получены на варианте с КМН, обеспечивающем максимальную сохранность органического вещества.

Обогащение КМН микроэлементами цинк, медь и бор способствовали лучшей сохранности органического вещества в почве. Минеральные удобрения способствовали получению высоких урожаев возделываемых культур. Однако масса пожнивных остатков не позволяла значительно увеличить содержание органического вещества в перегнойном слое из-за их минерализации, которая преобладает над гумификацией в процессе возделывания сельскохозяйственных культур.

Не смотря на засушливое лето 2021 года и засуху во время налива зерна в 2022 году, КМН и его модифицированные варианты обеспечили прибавку урожайности зерновых культур (рис. 2). В первый год прибавка урожайности пшеницы составила 12,2-22,7 %. В год последействия удобрений прибавка урожая от применения КМН и его модификаций составила от 22,2 до 29,6 %. При этом как в первый, так и во второй год модифицированные варианты обеспечивали большую прибавку урожайности по сравнению с традиционным КМН.

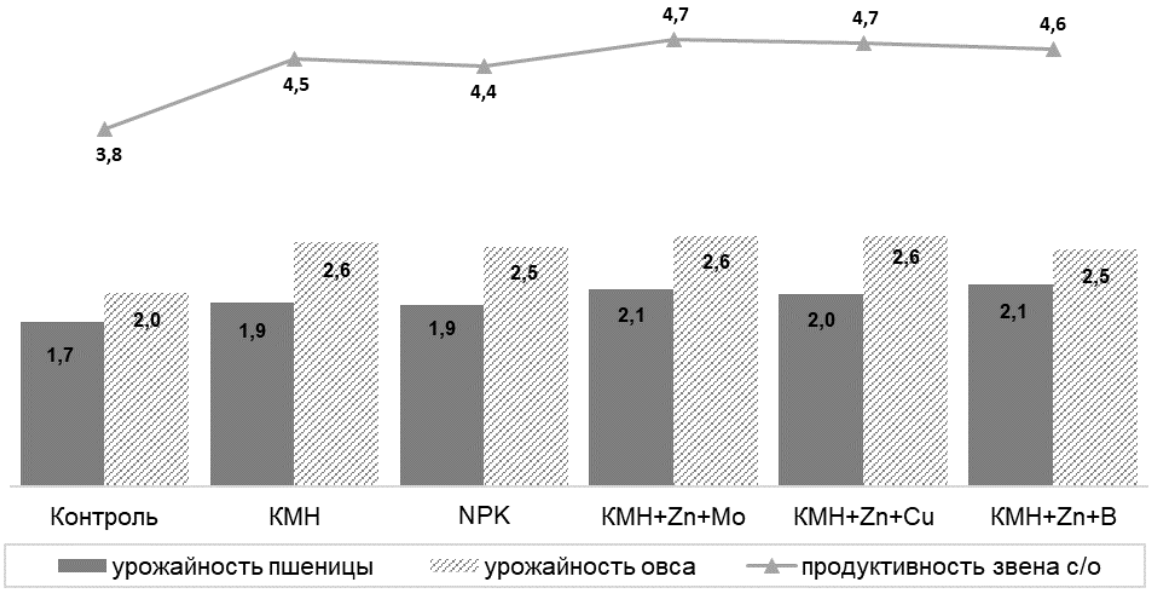


Рисунок 2 – Влияние модифицированного КМН на продуктивность звена севооборота (т зерн. ед./га)

В целом за 2 года модифицированные варианты КМН обеспечили прибавку урожайности в районе 22,4-25,1 %, что выше прибавки от внесения

традиционного КМН на 13,7-27,4 % и NPK на 27,3-42,6 %.

Способность КМН к мобилизации элементов питания и переводу их из недоступных форм в более доступные для растений обеспечила лучшие показатели по прибавке урожайности зерновых культур, обеспечивая их увеличение в ряду: КМН – КМН+Zn+B – КМН+Zn+Cu – КМН+Zn+Mo.

Библиографический список

1. Бобров Д.А. Агроэкологическое состояние почвенного покрова Тверской области. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2019. – С. 6-8.
2. Зиньковский В.Н., Зинковская Т.С. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приемов и средств биологической мелиорации: монография. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – 268 с.
3. Новиков С.А. Эффективные приёмы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне // С.А. Новиков, В.А. Шевченко, А.М. Соловьёв, И.П. Фирсов, И.Н. Гаспарян. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 44 с.
4. Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Васильева Е.А., Фомичева Н.В. Инновационная технология для решения проблем агроэкологии // Региональная экология. – № 6 (41). – 2015. – С. 32-40.
5. Фирсов С.А. Состояние плодородия почв Тверской области. // Агрохимический вестник. – № 5. – 2011. – С. 30-32.
6. Хайдуков К.П., Гонтарь В.В., Трубина А.Е. Влияние длительного применения различных систем удобрения на гумусное состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. // Плодородие. – 2012. – № 3. – С 260-264.
7. Шевченко В.А., Соловьев А.М. Динамика содержания органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников // Плодородие. – № 6. – 2019. – С. 6-10.

УДК 631/635; 502/504; 911

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Трофимов И.А.[1,2], Трофимова Л.С.[1], Яковлева Е.П.[1]

[1]ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Лобня

[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт естествознания, Тамбов

E-mail: [1]*viktrofi@mail.ru*, [2]*viktrofi@mail.ru*

Резюме. *Дальний Восток занимает 36% территории России. Здесь не обеспечивается устойчивость сельского хозяйства, более 80% территории относится к районам Крайнего Севера. Характерны неустранимые природные факторы, разбалансированность сельского хозяйства, рискованность растениеводства и земледелия, перспективность устойчивого развития животноводства.*

Ключевые слова: *пашня, сенокосы, пастбища, оленьи пастбища, сбалансированность.*

Summary. *The Far East occupies 36% of the territory of Russia. The sustainability of agriculture is not ensured here, more than 80% of the territory belongs to the regions of the Far North. Irremediable natural factors, the imbalance of agriculture, the riskiness of crop production and agriculture, the prospects for sustainable development of animal husbandry are characteristic.*

Key words: *arable land, hayfields, pastures, deer pastures, balance.*

Введение. Дальний Восток занимает 36% территории России. Обширность территории, её значительная региональная, ландшафтная и экологическая дифференциация, богатство и разнообразие природно-климатических ресурсов являются нашими важнейшими стратегическими преимуществами.

Изучение пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей является необходимой основой развития рационального природопользования с целью создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, которое является одним из важнейших национальных приоритетов развития России.

Результаты и обсуждение. 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 устойчивого сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

Рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы определяются природно-климатическими условиями региона, коротким вегетационным периодом сельскохозяйственных растений и развитием эрозионных процессов, которые усиливаются в результате сельскохозяйственной деятельности. Более 80% территории Дальнего Востока относится к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям. В макрорегионе не обеспечивается продовольственная безопасность, устойчивость сельского хозяйства и конкурентоспособность на внешних рынках, что создает угрозу национальной безопасности. Уровень сельскохозяйственной освоенности дальневосточных земель невысокий [1, 2].

Характерна рискованность земледелия. С другой стороны, богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы, в том числе, кормовые, являются перспективными для устойчивого развития животноводства [3].

Животноводство воспроизводит ресурсы органических удобрений, необходимых для получения стабильно высоких урожаев в растениеводстве Дальнего Востока, где пахотные земли имеют низкое плодородие.

В структуре земельных угодий Дальневосточного природно-экономического района преобладают леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, на их долю приходится 56% площади района. Болота занимают 7%, под водой находится 3%, менее 0,2% в сумме занимают земли застройки, под дорогами и нарушенные, 32% приходится на прочие земли, по данным на 01.01.2022 [4].

Сельскохозяйственные угодья расположены преимущественно на равнинных территориях в южной части Дальневосточного природно-экономического района и занимают 8017,8 тыс. га, или 1,3% общей площади

макрорегиона. Из них пашня – 0,45%, сенокосы – 0,36%, пастбища – 0,41%.

Анализ состояния земель Дальнего Востока дает представление о значительном развитии на сельскохозяйственных угодьях негативных процессов. Наибольшее значение из них имеет наличие больших площадей кислых почв (66 %), переувлажненность (22%) и заболоченность (23%).

Площадь оленьих пастбищ Дальнего Востока в 23 раза больше площади сельскохозяйственных угодий и составляет 184,2 млн га, или 30% общей площади макрорегиона.

Выявлены следующие закономерности: разбалансированность сельского хозяйства (земледелия, растениеводства, животноводства); разбалансированность структуры посевных площадей (значительное преобладание экономически привлекательных культур); нарушение севооборотов, переход к севооборотам с короткой ротацией и даже монокультуре.

Для сельского хозяйства Дальнего Востока характерно широкое распространение возделывания ограниченного числа видов растений, генетически однотипных сортов и гибридов.

На значительной части территории отмечаются деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дефляции, дегумификации и др.

Реализация основных агроэкологических принципов предполагает «климатически нейтральное», «регенеративное» сельское хозяйство, где: 1) обеспечивается воспроизводство плодородия почв; 2) максимально используются ресурсы органического вещества, включая отходы животноводства; 3) полностью исключена деградация и все виды эрозии почв [5].

Сохранение ценных сельскохозяйственных земель и 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.

Заключение. 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, их богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы, в том числе кормовые, являются перспективными для устойчивого развития животноводства.

Перспективно сбалансированное развитие агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов, земледелия и растениеводства, животноводства и кормопроизводства, наиболее адаптированных к условиям Дальнего Востока.

Решение проблемы устойчивого развития сельского хозяйства должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ре-

сурсов, биологических и экологических факторов региона.

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 07.01.2023).
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. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году. М.: Росреестр, 2022. – 206 с.
5. Хомяков Д.М. Агроэкологические аспекты использования агрохимикатов и почвенных ресурсов в сельском хозяйстве россии / Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 40-летию со дня основания лаборатории агропочвоведения ВНИИЗиЗПЭ. г. Курск, 27-29 апреля 2022 г. Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2022. – С. 277-281.

УДК 631/635; 502/504; 911

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Трофимова Л.С. [1], Трофимов И.А. [1,2]

[1]ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня

E-mail: *viktrofi@mail.ru*, [2]*viktrofi@mail.ru*

[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Институт естествознания, Тамбов

Резюме. *Решение актуальных вопросов устойчивого сбалансированного развития сельского хозяйства, наиболее адаптированного к условиям Дальнего Востока, должно базироваться на изучении пространственного распределения региональных, ландшафтных, экологических закономерностей и максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов региона.*

Ключевые слова: *растениеводство, земледелие, кормопроизводство, сбалансированность.*

Summary. *The solution of topical issues of sustainable balanced development of agriculture, most adapted to the conditions of the Far East, should be based on the study of the spatial distribution of regional, landscape, environmental patterns and the maximum use of natural and climatic resources, biological and environmental factors of the region.*

Key words: *crop production, agriculture, fodder production, balance.*

Введение. Основные площади сельскохозяйственных угодий, растениеводства и земледения Дальнего Востока расположены на юге Амурской области, Еврейской автономной области, Приморского и Хабаровского краев.

По данным ДальНИИСХ, естественные потенциальные возможности остаточно-пойменных почв Дальнего Востока таковы, что без внесения удобрений они могут сформировать урожай: зерновых 13-17 ц/га, сои – 7-10 ц/га, картофеля – 70-110 ц/га, лугово-бурые почвы, соответственно 9-11, 5-6, 60-70

ц/га, а бурые лесные почвы 4-6, 3-4, 30-40 ц/га. По данным ВНИИ сои, в Амурской области сбор продукции сои с 1 га пашни лугово-черноземовидных почв достигает 8,5 ц/га, с колебаниями от 14,3 до 5,1 [1].

Результаты и обсуждение. По данным научных учреждений Дальнего Востока и проведённого нами агроландшафтно-экологического районирования сельское хозяйство на Дальнем Востоке развивается в условиях рискованного земледелия. Преобладающая часть территории региона (более 80%) находится в зоне многолетней и вечной мерзлоты, где выращивание зерновых в открытом грунте невозможно или резко ограничено. Пахотные почвы Дальнего Востока характеризуются относительно низким естественным плодородием и для получения хороших урожаев требуют внесения высоких доз минеральных и органических удобрений, а также проведения агротехнических приемов для снижения кислотности и отрицательного воздействия переувлажнения [1, 2, 3].

Рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы определяются природно-климатическими условиями региона, коротким вегетационным периодом сельскохозяйственных растений и развитием эрозионных процессов, которые усиливаются в результате сельскохозяйственной деятельности.

На Дальнем Востоке не обеспечивается продовольственная безопасность, устойчивость сельского хозяйства и конкурентоспособность на внешних рынках, что создает угрозу национальной безопасности. Уровень сельскохозяйственной освоенности дальневосточных земель невысокий – сельскохозяйственные угодья занимают лишь 1,3% площади региона, в том числе, пашня – 0,45% [1, 4, 5].

В настоящее время рыночных отношений в структуре посевных площадей увеличился процент более доходных культур, таких как соя, доля которой в структуре посевных площадей Дальнего Востока составила 67% в 2021 г. против 22% в 1996 г, а в Еврейской автономной области соя занимает 92% площади всех посевных площадей. В 15 раз с 1996 по 2021 гг. увеличилась площадь посевов кукурузы на зерно в Приморском крае, достигнув 68% от площади зерновых в данном регионе. В то же время доля многолетних трав, способствующих повышению плодородия почв, в структуре посевных площадей Дальневосточного ПЭР снизилась с 24% в 1997 г. до 6% в 2021 г. [6].

Неустойчивость растениеводства, низкая урожайность зерновых, сои и других культур связывается с чем-то одним. Прежде всего, с нехваткой или малым количеством минеральных удобрений. Вклад удобрений в урожай действительно очень высок. Но разве только это является причиной? По мнению Д.Н. Прянишникова «Недостаток знаний нельзя заменить избытком удобрений».

Основные причины неустойчивости растениеводства и земледелия Дальнего Востока связаны со многими причинами.

1. Природно-климатические условия региона, прежде всего, определяют рискованность земледелия, растениеводства и неурожайные годы.

2. Удалённость и труднодоступность региона, слабое развитие сельских территорий, дорог, вопросы логистики существенно снижают эффективность растениеводства и земледелия.

3. Агроэкологии и рациональному природопользованию в земледелии и растениеводстве не уделяется внимания.

4. В результате деградируют агроландшафты, развиваются негативные процессы, снижается и без того невысокое плодородие почв.

5. Структура посевных площадей и севообороты в регионе определяются не долгосрочной стратегией, а коньюктурными решениями, даже вопреки здравому смыслу.

6. Крайне мало используются научные разработки и рекомендации науки. Несоблюдение севооборотов ведёт к ухудшению фитосанитарного состояния посевов и снижению плодородия почв. С одной стороны, рискованность растениеводства и земледелия, с другой стороны, перспективность многолетних кормовых трав для средообразования, почвозащитного земледелия, кормопроизводства и животноводства.

7. Также недостаточна и изученность территории для создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства.

8. Приоритеты развития сельского хозяйства расходятся со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, ориентированной на учет взаимодействия человека и природы, создание природоподобных технологий.

9. Кадровые вопросы, мотивация кадров, их заинтересованность в результатах труда.

Заключение. Установлено, что большая часть территории Дальнего Востока является рискованной для развития растениеводства и земледелия из-за неустранимых природных факторов, которые усиливаются в результате нерациональной сельскохозяйственной деятельности.

Решение актуальных вопросов устойчивого сбалансированного развития сельского хозяйства, наиболее адаптированного к условиям Дальнего Востока, должно базироваться на изучении пространственного распределения региональных, ландшафтных, экологических закономерностей и максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов региона.

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 07.01.2023).

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. 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.
5. 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.
6. Посевные площади сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] // Единая межведомственная информационно – статистическая система (ЕМИСС). URL: https://fedstat.ru/indicator/31328 (дата обращения: 15.01.2023).

УДК 631.431.1:631.434.12:631.433.1

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Турусов В.И., Балюнова Е.А., Сальников Р.В., Черенков Б.В.
ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр
им. В.В. Докучаева»,
E-mail: niish1c@mail.ru

Резюме. *Представлены результаты длительных исследований по влиянию предшественников озимой пшеницы на физические свойства почвы в севооборотах юго-востока ЦЧЗ. Включение в их структуру бобовых и небобовых культур – фитомелиорантов и почвоулучшителей способствовало оптимизации физических свойств почвы под последующей культурой – озимой пшеницей, снижению плотности, увеличению степени аэрации и общей пористости.*
Ключевые слова: *севооборот, предшественники, почва, плотность сложения, пористость, аэрация.*
Summary. *The results of long-term research on the influence of the precursors of winter wheat on the physical properties of the soil in the rotations of the southeast of the CDC are presented. The incorporation of legumes and non-forest crops such as phytomeliorants and soil conditioners in their structure contributed to the optimization of the physical properties of the soil under the following crop – winter wheat, reduced density, increased aeration and overall porosity.*
Key words: *crop rotation, precursors, soil, build density, porosity, aeration.*

С массой надземных органов сельскохозяйственных культур, их корневых систем и с особенностями распределения по профилю почвы, с их агротехнологиями связано влияние отдельных культур и севооборотов на физические свойства почвы, показатели строения и сложения корнеобитаемого слоя. В настоящее время при ускоренной интенсификации земледелия, с увеличением антропогенной нагрузки на почвенный покров, все острее встает проблема физической деградации, а в связи с этим актуализируются вопросы, связанные с разработкой приемов сохранения и восстановления плодородия почвы [1].

Физические свойства обрабатываемых горизонтов почвы – это сложение пахотного горизонта и водно-воздушный режим, которые являются одними из основных факторов жизни сельскохозяйственных растений. Соотношение воды и воздуха в почве зависит от объема и характера имеющихся пор. Соотношение объемов твердой фазы почвы, капиллярной и некапиллярной скважности определяет состояние водного, воздушного и пищевого режимов. Изменить его, хотя бы на определенный промежуток времени, возможно как

проведением механической обработки почвы, так и на основе биологических особенностей возделываемых культур в севообороте [2]. Севооборот с научно обоснованным подбором предшественников является важнейшим средством восстановления и повышения плодородия почвы. В севообороте каждая культура требует особых почвенных условий: строения пахотного и корнеобитаемого слоя, плотности, скважности, аэрации, запасов продуктивной влаги и др. В полной мере это касается и озимой пшеницы.

Важной и значимой характеристикой физических свойств почвы является плотность ее сложения. Одной из главных проблем, которые есть в земледелии, является то, что почва, как и любое другое физическое тело, подвергается уплотнению под давлением ходовых систем сельскохозяйственных машин. При переуплотнении почвы может теряться до 30 % урожая сельскохозяйственных культур [3]. После того как фактор давления прекращает свое действие, почва стремится восстановить свое прежнее состояние. Процесс саморазрыхления почвенной массы зависит от ее генетических особенностей, складывающихся метеорологических условий и от состава и наличия произрастающих растений [4, 5]. В большинстве случаев достигнуть оптимальной плотности она не успевает.

Наши исследования, проведенные в условиях Каменной Степи в 2014-2022 годах, показали, что в изучаемых севооборотах значения плотности сложения верхней части корнеобитаемого слоя, не выходили за пределы оптимальных значений. В основном они варьировали в пределах от 0,96 по эспарцету на сидерат до 1,09 г/см^3 по черному пару, используемым в качестве предшественников озимой пшеницы (рис. 1).

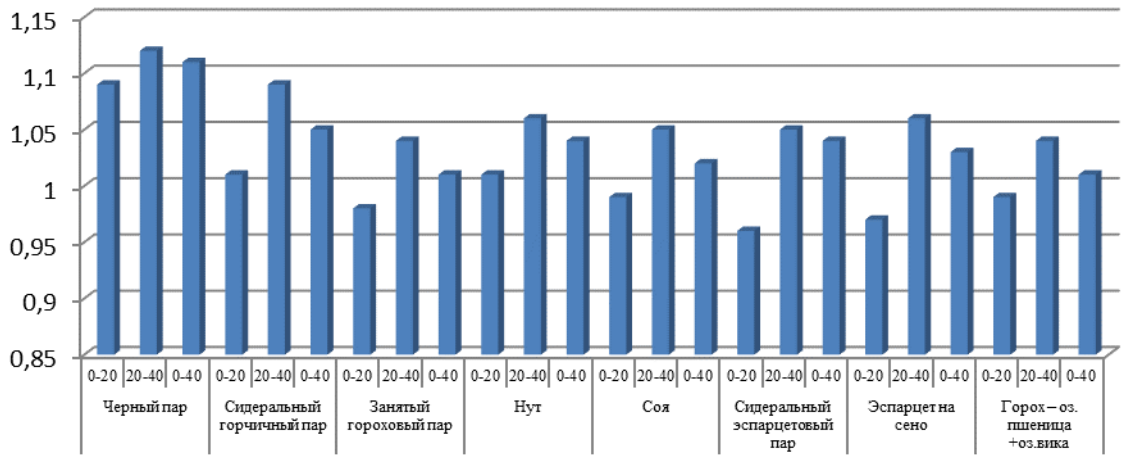


Рисунок 1 – Плотность почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников, г/см^3 (2014-2022 гг.)

Полученные данные свидетельствуют о постепенном увеличении плотности почвы с глубиной. В слое 20-40 см плотность сложения почвы изменялась в диапазоне от 1,04 (занятый пар горох и бинарный посев: озимая пшеница + озимая вика), и была практически оптимальной, что связано с разуплотняющим действием корневых систем растений, где происходило

уплотнение почвы во время парования, до 1,12 г/см^3 (черный пар). Значительное снижение объемной массы почвы в посевах озимой пшеницы происходило на варианте с сидеральным эспарцетовым паром, особенно в верхнем 0-20 см слое почвы, где разница с черным паром доходила до 11,9 %.

Изучение плотности почвы всего слоя 0-40 см по вариантам опыта также показывало, что максимальные ее значения имели место в почве черного пара – 1,11 г/см^3, а минимальное значение отмечались в почве занятого пара с горохом и в бинарном посеве – 1,01 г/см^3. В общем, средняя плотность на вариантах предшественников была ниже, чем на контроле, от 5,4 до 9,0 %, что может быть связано с ее самоуплотнением в более нижних горизонтах.

Улучшение сложения почвы напрямую влияет на накопление и соотношение воды и воздуха в почве. От величины плотности сложения почвы зависит общая пористость. Общая пористость – величина динамичная и способна существенно изменяться в зависимости от состояния почвы. Значительное воздействие на нее оказывает характер чередования сельскохозяйственных культур в севообороте и механическая обработка.

Анализ полученных нами экспериментальных данных по всем предшественникам озимой пшеницы свидетельствует о снижении общей пористости почв от верхних горизонтов к нижним. Объясняется это большим содержанием гумуса и лучшей структурой верхних горизонтов, активным разуплотняющим воздействием на верхние слои почвы корней растений, а также меньшим давлением вышележащих слоев [6].

Учитывая однородный гранулометрический состав почвенного покрова опытного участка, общая пористость черноземных почв в нашем случае имела незначительные различия в зависимости от предшественников и характеризовалась как отличная, изменяясь в пределах от 57,05 до 63,9 %, что свойственно для хорошо окультуренного пахотного слоя (рис. 2).

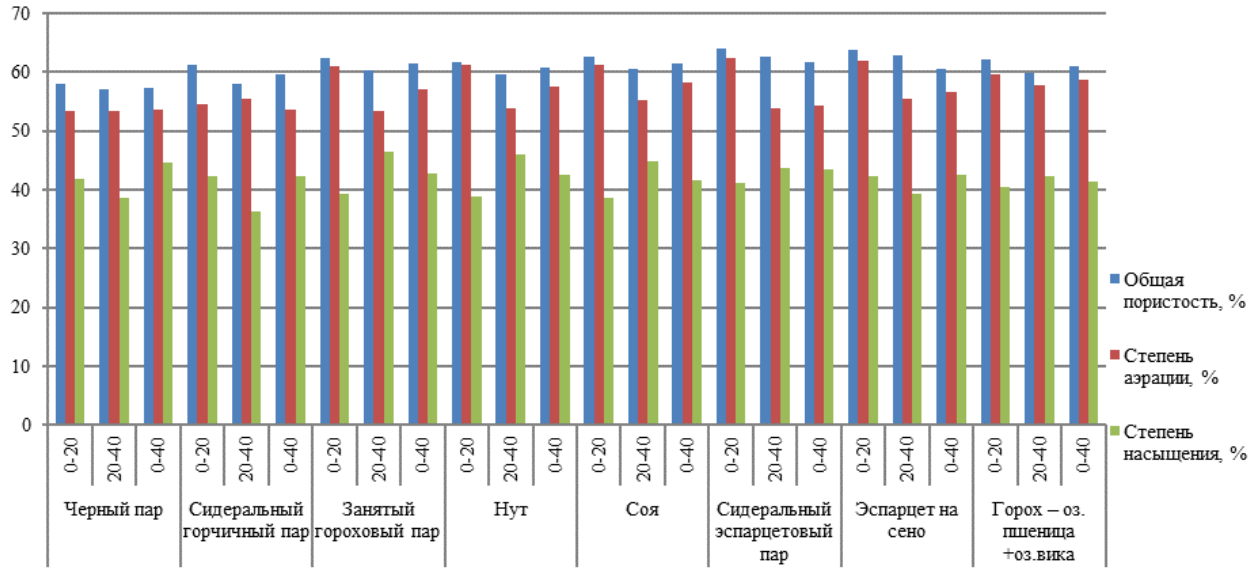


Рисунок 2 – Строение пахотного слоя почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников (2014-2022 гг.)

Следует отметить, что максимальные значения показателей общей пористости наблюдались на вариантах с многолетними травами независимо от вида пользования. По озимой пшенице, размещаемой по эспарцету различного вида пользования, наблюдалось увеличение пористости (по всему профилю почвы) на 9,2 % в верхнем пахотном горизонте и на 6,7 % в нижележащем по сравнению с черным паром, благодаря оставлению после себя большого количества корневых остатков.

Для оценки зависимости общей пористости от плотности сложения почвы был произведен корреляционный анализ, который подтверждал сильную обратную корреляционную зависимость этих двух показателей r = – 0,92. Полученная корреляционная зависимость говорит о том, что с увеличением плотности почвы, уменьшается общая пористость.

В ряду других, большую информативность имеют данные по пористости аэрации при влагонасыщении, равном наименьшей влагоемкости. При величинах < 15 % от объема почвы наступают критические значения пористости аэрации [7].

Благоприятные условия аэрации отмечались по всем изучаемым вариантам. На долю пор, занятых воздухом, в верхнем 0-20 см слое приходилось от 53,3 до 62,3 % от объема почвы, что позволяет изученные почвы отнести к почвам с очень высокой пористостью аэрации. Наименьшее количество пор, заполненных воздухом, отмечалось в посевах озимой пшеницы, идущей после черного пара – 53,3 %, видимо, это связано с повышенной плотностью почвы на этом варианте в сравнении с другими предшественниками. По остальным предшественникам степень аэрации была выше на16,9 % в верхнем 0-20 см слое и на 9,5 % в 0-40 см слое. При этом разница показателей степени аэрации после черного пара по отношению к остальным предшественникам сглаживалась, что может объясняться самоуплотнением почвы и скудными осадками в этот период.

Более высокая степень насыщения в слое почвы 0-40 см отмечена в посевах озимой пшеницы после черного пара (44,6 %), что свидетельствует о большем накоплении влаги по пару, чем по другим предшественникам, по которым степень насыщенности почвы была ниже от 2,7 до 7,2 %.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что использование однолетних бобовых и сидеральных культур, эспарцета разного вида пользования в качестве предшественников оптимизирует физическое состояние почвы под озимой пшеницей благодаря воздействию корневых систем растений и поступлению в почву остаточной биомассы с низким соотношением C:N. Наиболее отчетливо различия по плотности, общей пористости и степени аэрации по этим вариантам по сравнению с черным паром отмечены в слое почвы 0-20 см. Степень насыщения слоя почвы 0-40 см была выше по черному пару на 3,0-7,2%, чем по другим предшественникам.

Библиографический список

1. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

2. Ревут И.Б. Структура и плотность почвы – основные параметры кондиционирующие почвенные условия жизни растений / И.Б. Ревут, М.А. Соколовская, А.М. Васильев // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. – М.: Гидрометеоиздат, 1971. – 256 с.
3. Кравченко В.И. Некоторые вопросы прогнозирования уплотнения почв машинами / В.И. Кравченко // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. Влияние сельскохозяйственной техники на почву. – М., 1981. – С. 10-13.
4. Ревут И.Б. Плотность почвы и ее плодородие / И.Б. Ревут, В.Г. Лебедева, И.А. Абрамов // Сб. труд. по агрономической физике. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – Вып.10. – С. 154-165.
5. Ревут И.Б. Физика почв/ И.Б. Ревут // – Л.: Колос, 1972. – 368 с.
6. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение / В.Г. Мамонтов, Н.П. Попов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатьев. – М.: Колос, 2006. – 456 с.
7. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. – М., ИЛ, 1955. – 623 с.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕМНОГУМУСОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ[8]

Тюгай З., Иванов А.В., Шваров А.П., Никифорова А.С.
Факультет почвоведения МГУ, Москва
E-mail: *zemfira53@yandex.ru, anton.soil@mail.ru, ashvarov@mail.ru, akefir@rambler.ru*

Резюме. *Проведены исследования физических и физико-химических свойств темногумусовых почв юго-востока Костромской области. Гранулометрический состав почв – тяжелый суглинок. Верхний гумусово-аккумулятивный горизонт характеризуется высоким содержанием органического вещества и высоким содержанием водопрочных агрегатов.*
Ключевые слова: *органо-аккумулятивные почвы, отложения триаса, гранулометрический состав, оглеение, водопрочные агрегаты*
Summary. *Studies of physical and physico-chemical properties of dark humus soils of southeast Kostroma region were conducted. The granulometric composition of soils is heavy clay loam. The upper humus-accumulative horizon is characterized by a high organic content and a high content of water aggregates.*
Key words: *organo-accumulative soils, Triassic deposits, granulometric composition, glare, water-bearing aggregates.*

Основными компонентами почвенного покрова Костромской области являются альфегумусовые почвы, образующие доминирующий фон. Они представлены подзолами и дерново-подзолистыми почвами, сформированными на флювиогляциальных отложениях под пологом хвойных, преимущественно сосновых лесов на относительно выровненных дренированных участках. С другой стороны, меньшую часть территории (15-20 %) занимают органо-аккумулятивные почвы, приуроченные к выходу на поверхность тяжелых по гранулометрическому составу пород. Они представлены темногумусовыми и серогумусовыми, чаще постагрогенными почвами на выровненных, относи-

[8] Работа выполнена по теме НИР: Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления (№ 121040800146-3)

тельно приподнятых дренированных поверхностях, а также темногумусовыми и перегйнойно-гумусовыми разностями, приуроченными к широким выположенным, линейно вытянутым понижениям. Особенно широко распространенны органо-аккумулятивные почвы на северо-востоке Костромской области, охватывающей территорию Ветлужско-Унженского междуречья, прилегающую к Северным Увалам – главному водоразделу Русской равнины, который разделяет бассейны Волги и Северной Двины. Здесь органоакккумулятивные почвы образуют контрастные комбинации по типу мозаик с доминирующими по площади альфегумусовысми почвами. Это обстоятельство связано с длительной и сложной историей формирования рельефа и состава почвообразующих пород на территории Северных Увалов и прилегающей к ней с юга части междуречья (северо-восток Костромской области). Северные Увалы представляют собой так называемую наложенную, или возрожденную морфоструктуру [4, 5, 6]. История ее образования включает в себя неоднократные циклы поднятия и денудации, что способствовало выходу на поверхность древних отложений, главным образом триасового возраста [5, 6, 8]. Смещение водораздельной линии Увалов в широтном направлении, происходившее неоднократно в ходе их формирования, оказало влияние и на характер почвообразующих пород прилегающей с юга части Ветлужско-Унженского междуречья. Последнее представляет собой полого наклоненную поверхность, покрытую флювиогляциальными отложениями краевой части днепропетровского оледенения. Незначительная мощность этих отложений и эрозионные процессы создали предпосылки для близкого подстилания и даже выхода на поверхность тяжелых по гранулометрическому составу древних отложений триаса, юры и мела [5, 6, 8]. На этой территории под пологом полновозрастных ельников в автоморфных позициях нами описан профиль темногумусовой органо-аккумулятивной почвы, сформированной на тяжелых по гранулометрическому составу отложениях триаса.

Изучению физических и физико-химических свойств этих органоаккумулятивных почв и посвящена настоящая работа.

Объекты и методы исследования. Объектом изучения послужил разрез темногумусовой органо-аккумулятивной почвы, с системой горизонтов O-AU-C-Cg. (табл. 1) Разрез заложен в Пыщугском районе в 2-х км к югу от с. Талицы и в 600 м на восток от шоссе Пыщуг-Никольское.

Разрез приурочен к плоской водораздельной части увалистого повышения на пологом склоне Северных Увалов. Растительность представлена ельником разнотравным в возрасте около 100 лет с единичной примесью березы, сосны и обильным подростом ели высотой до 10 м. В напочвенном покрове доминируют земляника, костяника, копытень, хвощ лесной, зеленые мхи. Для исследования свойств почв мы применили как традиционные методы исследования физических свойств почв, так и современные [1, 3, 9]

Таблица 1 – Морфология разреза

Горизонт	Мощность, см	Описание
О	0-10	Влажный; окраска темно-серая; рыхлая; густо пронизана корнями
AU	10-(23-25)	Влажный; окраска черно-бурый, с буроватыми пятнами; густо пронизан корнями; структура – мелко комковато-зернистая непрочная; включения углистых частиц; много растительных остатков; переход четкий по цвету и плотности
С1	24-50	Влажный; бурый; плотный; средний суглинок; структура призматическая; переход по окраске и сложению
С2	50-70	Влажный; кирпично-красный, с белесыми Включениями; плотный; тяжелый суглинок; структура призматическая; переход заметный по цвету; граница ровная
Cg	70-100	Влажный; неоднородный по окраске: палевый с крапления-ми кирпично-красного цвета; очень плотный, бесструктурный тяжелосуглинистый; липкий

Результаты и их обсуждение. В таблице 2 представлены результаты полевых исследований физических свойств исследованной почвы. Обращает на себя внимание высокая полевая влажность верхнего гумусо-аккумулятивного горизонта: 52,6-94,5 % и низкая величина плотности (<0,4 г/см^3). И в этом же горизонте отмечается провальная фильтрация. Такие характеристики физических свойств связаны с высоким содержанием органического вещества (>15 %). Исследования, проведенные ранее [7] показали аномально высокое содержание органического вещества в этих темногумусовых почвах, не свойственное поверхностным горизонтам автоморфных зональных почв; абсолютное преобладание в составе легких денсиметрических фракций почв не полностью гумуфицированного опада. В таблице 3 представлены данные гранулометрического анализа. Согласно классификации Н.А. Качинского исследованная почва относится к суглинку тяжелому (фракция <0.01 мм составляет 50-73 %), а в нижнем горизонте Cg – глина легкая.

Таблица 2 – Физические свойства темногумусовой глееватой почвы

Горизонт глубина, см	Влажность полевая, %	Плотность почвы г/см^3	Впитывание (фильтрация) см/мин	Плотность твердой фазы г/см^3	Порозность общая в %
AU 0-10	94.5	0.24	Провальная		
AU 10-20	52.6	0.4	провальная	2,65	88
AU 20-30	16.3	1.1	3,1		
C1 30-40	17.9	1.31	не опр.	2,49	52
C1 40-50	18.5	1.33	не опр.		
C2 50-60	20.1	1.33	0,7		
C2 60-70	24.5	1.34	не опр.	2,65	51
Cg 70-80	27.1	1.35	0,5		
Cg 80-90	28.2	1.35	не опр.	2,37	45
Cg 90-100	28.2	1.35	не опр.		

Исследования формирования лесных подстилок на богатых триасовых отложениях, проведенные, Л.Г. Богатыревым и др. [2] показали, что в этих

Таблица 3 – Гранулометрический состав темногумусовой почвы глееватой тяжелосуглинистой почвы (пипет метод по Качинскому)

Горизонт, Глубина, см	Размер частиц (мм) и их содержание (%)						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
AU 10-20	0,82	12,38	36,67	17,06	28,01	5,07	50,14
C1 30-40	3,86	6,01	27,65	18,38	36,4	7,7	62,48
C2 50-60	3,13	6,81	29,29	18,57	34,31	7,89	60,77
Cg70-80	0,53	3,15	23,36	20,51	43,88	8,57	72,96
Cg 80-90	0,63	4,88	27,77	19,54	40,1	7,08	66,72
Cg90-100	0,15	4,54	32,72	19,86	36,79	5,94	62,59

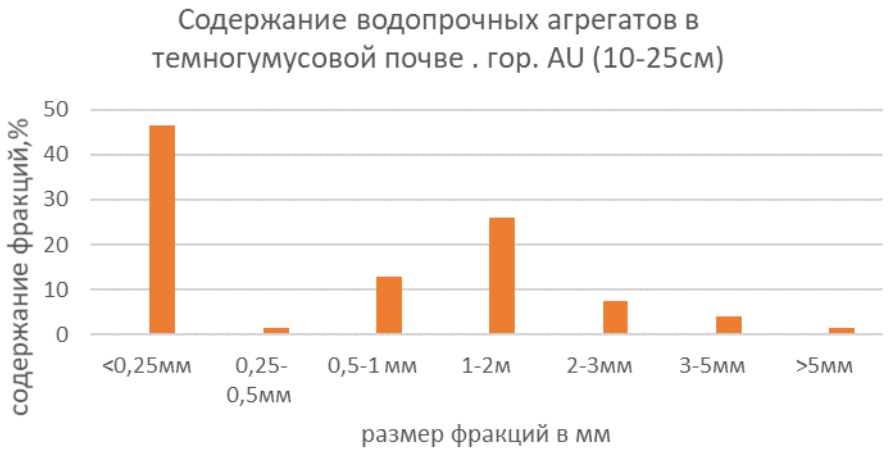


Рисунок 1 – Содержание водопрочных агрегатов в темногумусовой почве. гор. AU (10-25см)

условиях органическое вещество формируется по гуматному типу с преобладанием формирования гидрофобных фракций. Это хорошо коррелирует с интенсивной переработкой опада в современных условиях. По-видимому, формирование темногумусовой почвы с черноземовидным гор. AU мощностью до 30 см при содержании углерода органического вещества более 15 % не соответствует наблюдаемым современным условиям почвообразования. Признаки оглеения, отмечаемые в профиле почвы можно расценивать как реликтовые или обусловленные застоем влаги в ранневесенний период из-за тяжелого гранулометрического состава почвообразующей породы – элювии триасового возраста. Вопрос этот остается дискуссионным и требует дополнительного исследования.

Высокое содержание углерода (11-18 %), значения pH водной вытяжки в гор. AU – 6,8, в гор. C и Cg – 7,54; сумма поглощенных оснований в гор. AU – 49, в гор. C и Cg – 35 мг-экв/100г почвы, при низкой гидролитической кислотности (в гор. AU – 6.53, гор. C и Cg – .0.90 и 0,73 мг/экв) обеспечивают очень высокую степень насыщенности основаниями. Все это обусловливает высокую агрегированность частиц. На рис. 1 представлены данные по содержанию водопрочных агрегатов в гор. AU. В отличие от зональных подзолистых и дерново-подзолистых почв в темногумусовой почве содержатся водо-

прочные агрегаты всех размеров начиная с фракции >5 мм.

Заключение. Полученные данные восполняют пробел в характеристике почв Костромской области. Вопросы генезиса профиля темногумусовых почв требуют дальнейшего исследования.

Библиографический список

1. Аринушкина Е.В. руководство по химическому анализу почв. М.: Из-во Московского университета, 1970. – 488 с.
2. Богатырев Л.Г., Иванов А.В., Матышак Г.В., Степанов А.А. Особенности формирования органопрофиля темно-гумусовых лесных почв Северо-Востока Костромской области. // Лесоведение. – 2006. – №3. – С. 8-14
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. – 399 с.
4. Иванов А.В., Лоцманова Н.А., Савченко А.В. Особенности почвенного покрова Ветлужско-Унженского междуречья (Северо-Восток Костромской области). // Вестник Моск. Ун-та. Сер 17 почвоведение. – 2014. – № 1. – С. 9-13
5. Кобозев Н.С., Хабаков А.В. Происхождение Северных увалов // зап. Росс. Минер. Об-ва., 1931. – 2 сер. – Ч. 16. – вып. 1. – С. 20-25.
6. Спиридонов А.И. Геоморфология европейской части СССР. – М.: Высшая школа, 1978. – 335 с.
7. Травникова Л.С., Иванов А.В. Особенности состава органического вещества темногумусовых лесных почв Северо-Востока Костромской области // Вестник Моск. Ун-та, сер 17 почвоведение, 2014. – № 2. – С. 24-28.
8. Чижикова Н.П., Иванов А.В., Кучмар Н.М. Минералогия почв на отложениях триасового возраста // Бюл.почв. ин-та им. В.В. Докуаева. – Вып. 65. – М, 2010. – С. 23-35
9. Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Тюгай З.Н., Бутылкина М.А., Шеин Е.В., Дембовецкий А.В. Практикум по физике твердой фазы почв. Учебное пособие. Рабочая тетрадь. М. Буки Веди, 2022. – 132 с.

УДК 631.874:631.452

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕНОГО УДОБРЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Хайруллин Х.Х., Хайруллин Р.Х.
Фермерское хозяйство КФХ «Ирек», Москва
E-mail: *hammyat1949@mail.ru*

Резюме: *В статье рассмотрено влияние используемой в качестве зеленого удобрения горчицы белой на изменение плодородия дерново-подзолистой почвы, а также урожайность и качество зерновых культур в Московской области.*

Ключевые слова: *зеленое удобрение, горчица белая, плодородие, дерново-подзолистая почва, зерновые культуры, урожайность и качество зерна.*

Summary: *The article deals with the influence of green fertilizer in the form of white mustard on changes in soil fertility, as well as the yield and quality of grain crops under conditions of soddy-podzolic soils of the Moscow region.*

Key words: *green manure, white mustard, fertility, soddy-podzolic soil, grain crops, grain yield and quality.*

Превращение органического вещества в почве, с одной стороны, сопровождается распадом органических веществ до более простых соединений и

частично до продуктов полной минерализации, а, с другой, одновременно с распадом происходит синтез высокомолекулярных, специфической природы перегнойных веществ, то есть идет процесс гумусообразования. Биологическая природа плодородия почвы определяется взаимодействием её с живыми организмами**,** растениями и микроорганизмами, которые играют неоценимую роль в воспроизводстве плодородия почвы. Кроме того, зеленое удобрение, поступающее в почву в виде зеленой массы вместе с растительными остатками, является важным фактором формирования почвенной биоты и служит для неё источником энергии, а также важным источником пополнения запаса гумуса в почве [1].

Многолетнее изучение автором применения зеленого удобрения в сидеральном пару и в пятипольном севообороте, посев его в разные сроки, а также заделка его в почву на разные глубины в первой ротации севооборота дали возможность сохранить баланс гумуса и питательных веществ для нормального роста и развития, а также обеспечили прибавку урожая и повышение качества озимых и яровых зерновых культур. Это объясняется тем, что зеленое удобрение, воздействуя на почву, уже с первых дней её вегетации своими надземными и подземными частями использует углекислоту, кислород, а также почвенный воздух, влагу, питательные вещества, содержащиеся в почвенном растворе, взаимодействует с почвой, вовлекает в биологический круговорот труднодоступные для культурных растений формы питательных веществ, в том числе и из подпахотных слоев дерново-подзолистой почвы. При заделке зеленого удобрения горчицы белой и последующем её разложении одновременно идут сложнейшие биологические и биохимические процессы распада и синтеза органических веществ с мобилизацией азота, фосфора и калия [2, 3].

Использование горчицы белой в качестве пожнивного сидерата и в занятом пару позволяет повышать плодородие дерново-подзолистой почвы за счет повышенной его удобрительной ценности.

Из таблицы 1 видно, что за 1 ротацию севооборота при заделке горчицы белой в почву образовалось 158 т/га биомассы, в том числе, азота – 0,650 т/га, фосфора – 0,231 и калия – 0,396 т/га.

Таблица 1 – Влияние сидерата горчицы белой на продуктивность сельскохозяйственных культур и количество в них питательных веществ (2013-2017 года ротации)

Культуры севооборота, год*	Продуктивность культур, т/га			Количество питательных веществ, т/га				C:N
	Надземная часть	Подземная часть	Всего	C	N	P	K	
Горчица белая, 2013 г.	76	17	93	4,6	0,4	0,14	0,24	12:1
Яровая пшеница + ПГ, 2014 г.	20	5	25	1,3	0,1	0,035	0,06	13:1
Яровой ячмень + ПГ, 2016 г.	17	5	22	1,1	0,08	0,031	0,053	13:1
Овес + ПГ, 2017 г.	14	4	18	0,9	0,07	0,025	0,043	13:1

* – в 2015 году возделывался картофель сорта Удача.

Также заделка горчицы белой в течение всей ротации севооборота (2013-2017 гг.) обеспечила положительный баланс поступления азота, фосфора и калия, отчуждаемых с полученными урожаями зерновых (табл. 2).

Таблица 2 – Вынос питательных веществ с урожаем зерновых культур за одну ротацию (2014-2017 года ротации)

Культуры севооборота, года*	Основная продукция, кг/га			Побочная продукция, кг/га			Общая сумма, кг/га		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Яровая пшеница + ПГ (2014 г.)	88	30	22	35	12	60	123	42	82
Яровой ячмень + ПГ (2016 г.)	87	32	29	41	13	76	128	45	105
Овес + ПГ (2017 г.)	72	27	19	30	14	78	102	42	105
Итого	273	99	111	124	53	234	397	242	356

* – в 2015 году возделывался картофель сорта Удача.

Этот новый способ использования зеленого удобрения имеет прямое отношение к повышению урожайности зерновых культур в таблице 3. По показателям, приведенным в таблице 3, видно, что урожайность яровой пшеницы сорта Злата заметно повышается при глубокой заделке сидерата. Если на контроле её урожайность составляла 3,5 т/га, то при глубокой заделке – 4,3 т/га, то есть давала прибавку на 23 %. Кроме того, в условиях засушливого 2014 г. глубокая заделка (0-25 см) сидератов обеспечила самую высокую урожайность яровой пшеницы. Это объясняется тем, что зеленое удобрение в виде горчицы белой способствовало накоплению влаги в почве, активизировало биоту в глубоких слоях почвы, снижало плотность, способствовало мобилизации аммиачного и нитратного азота, а также подвижного фосфора и обменного калия [2, 3].

Таблица 3 – Влияние зеленого удобрения на урожайность яровых зерновых культур в полевом севообороте (т/га)

Глубина заделки, см	Яровая пшеница, сорт Злата		Яровой ячмень, сорт Владимир		Овес, сорт Яков	
	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Контроль 0-20 см	3.5	–	3,4	–	3,3	–
$N_{40}P_{40}K_{40}$ 0-20 см	3,7	0,2	4,4	1,0	3,6	0,3
Сидерат 0-10 см	3,9	0,4	3,7	0,3	3,3	–
Сидерат 0-20 см	4,0	0,4	4,4	1,0	3,4	0,1
Сидерат 0-25 см	4.3	0,8	5,7	2,3	5,3	2.0
$НСР_{05}$	0,24	–	0,30	–	0,19	–

Отмечено положительное влияние заделки зеленого удобрения на качество зерна зерновых культур (белка, крахмала, клейковины), в некоторых вариантах отмечена тенденция к их увеличению (таблица 4).

Таблица 4 – Качество зерна яровых зерновых культур

Вариант	Яровая пшеница			Яровой ячмень			Овес	
Глубина заделки, см	Белок, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Белок, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Белок, %	Крахмал, %
Контроль 0-20 см	13	27	59	13	27	59	16	41
$N_{40}P_{40}K_{40}$ 0-20 см	13	27	60	13	25	59	18	42
Сидерат 0-10 см	13	25	59	13	25	59	16	42
Сидерат 0-20 см	14	28	59	14	29	60	17	44
Сидерат 0-25 см	14	29	69	14	29	60	19	44

Из выше сказанного можно сделать следующие выводы. Применение на дерново-подзолистой почве зеленого удобрения, в виде горчицы белой, разнообразные его способы и формы способствует: повышению урожайности яровых зерновых культур, накоплению в них питательных веществ, сохранению и воспроизводству плодородия почвы; положительно влияют на баланс элементов питания, способствуют снижению затрат на применение минеральных удобрений.

Результаты многолетних исследований, выполненных автором, подтверждают эффективность использования различных форм и способов применения зеленых удобрений в качестве чистого или пожнивного сидерата в севообороте, с целью получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, что позволяет рекомендовать данную технологию в условиях реализации государственной программы «Органическое и экологически чистое земледелие» [2, 3].

Библиографический список

1. Кант, Гюнтер. Зеленое удобрение / Гюнтер Кант; Перевод с нем. Б.Д. Кирюшина. – Москва: Колос, 1982. – 128 с.

2. Хайруллин Х.Х. Инновационный подход в применении сидеральной культуры горчицы белой как важный элемент сохранения и воспроизводства плодородия дерново-подзолистой почвы // Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова В.Н. Выпуск 21. Краснодар: Издательство: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 202-207.

3. Патент 2758264 Российская Федерация, МПК A01C 21/00, A01G7/00. Влияние глубины заделки и сроков посева сидерата горчицы белой на воспроизводство плодородия почвы и на

урожайность зерновых культур: №2019133617: заявл. 23.10.19: опубл. 27.10.21 / Хайруллин Х.Х.; заявитель и патентообладатель Хайруллин Хаммят Халилович (RU). – 11 с.: ил.

УДК 631.453: 631.427.12

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ, КАК КРИТЕРИЙ ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Хлюпина С.В.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск
E-mail: *sveta46agro@yandex.ru*

Резюме. *Определена целлюлозразрушающая активность почвы в вариантах опыта. Установлено, что гербициды оказывают существенное отрицательное воздействие на биологическую активность почвы, снижая её до 1,4 раза в сравнении с вариантом без их применения.*
Ключевые слова: *целлюлозразрушающая активность почв, последействие гербицидов, действующее вещество, севооборот, сельскохозяйственныекультуры.*
Summary. *The cellulose-destroying activity of the soil in the variants of the experiment was determined. It has been established that herbicides have a significant negative effect on the biological activity of the soil, reducing it to 1.4 times in comparison with the option without their use.*
Key words: *cellulose-destroying activity of soils, herbicide aftereffect, active substance, crop rotation, agricultural crops.*

В настоящее время, широко используя гербициды, аграрии на практике столкнулись со значимой экологической проблемой, проявляющейся в их фитотоксичности по отношению к защищаемым и следующим в ротации культурам севооборота. Последействие применяемых средств защиты растений зависит от их способности сохранять биологическую активность при длительном нахождении в почве.

Интенсивность минерализации и гумификации растительных остатков в значительной степени определяется активностью микроорганизмов, разрушающих целлюлозу – основной компонент растительных тканей. Важность процесса разрушения клетчатки состоит не только в том, что она является источником энергии (углеродное питание) для целлюлозоразрушающих микроорганизмов, но и в том, что промежуточные продукты ее распада (сахара, органические кислоты и т.д.) способствуют усилению деятельности других физиологических групп микроорганизмов [1].

Превращение и разложение большинства гербицидов также тесно связано с микробиологической активностью почвы. Чем лучше условия для развития почвенных микроорганизмов, тем интенсивнее микробиологическая детоксикация гербицидов.

Поэтому нами в качестве критерия оценки последействия применяемых гербицидов взята биологическая активность почвы. Сам метод относится к аппликационным, в них учитывают изменение веса заложенных в естественную почву целлюлозных материалов [2].

Цель исследований – определить целлюлозразрушающую активность почвы в зависимости от применяемых средств защиты растений в

севооборотах.

Варианты опыта по изучению целлюлозразрушающей активности почвы приведены в таблице.

Таблица – Схема опыта по изучению целлюлозразрушающей активности почвы в севооборотах

Вариант опыта	Образцы почвы под культуру, 2022 г.	Предшественник, 2021 г.	Гербицид по предшественнику	Действующее вещество [3]
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

Льняные полотна заложены в естественную почву в период сева культур на опытах ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район, с. Панино). 1 вариант– почва черного пара блока бессменных посевов культур многофакторного полевого опыта, где в течение без малого четырех десятков лет не проводились обработки средствами защиты растений. Почва вариантов 2 и 3 – делянки опыта по разработке эффективных сочетаний биологических и антропогенных средств повышения продуктивности пашни. Почва вариантов 4 и 5 зернопаропропашного севооборота научно-производственного опыта.

В проводимых исследованиях по предшественникам в 2021 году на этих вариантах применяли гербициды, как против двудольных, так и против злаковых сорняков. По своей химической природе и спектру действия применяемые препараты в севооборотах культур неоднозначны [3]. 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. 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.

Результаты по разложению целлюлозы льняного полотна в пахотном слое почвы в течение 30 дней после закладки полос с начала вегетации культуры представлены на рисунке.

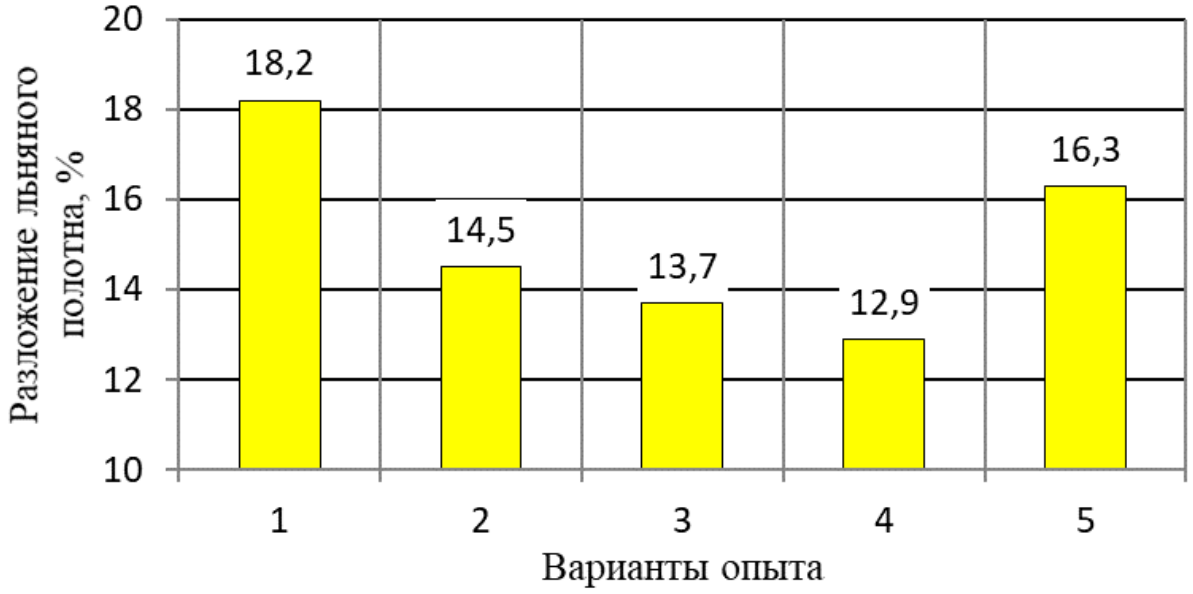


Рисунок – Целлюлозразрушающая активность почвы в вариантах опыта

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.

Биологическая активность почвы увеличивается в последовательности вариантов 3–5, где в 2022 году возделывали ячмень после гречихи в зернопаропропашном севообороте, достигая своего максимума на варианте 1. Разложение полотна на 30-й день исследований здесь составило 18,21%.

Существенное влияние на детоксикацию гербицидов оказывают влажность и температура почвы, с повышением которых возрастает испарение многих препаратов с поверхности почвенных частиц и их гидролиз.

За период разложения льняных полотен в почве сумма выпавших осадков значительно варьировала. Так, если при закладке она превышала в 1,9 раза среднемноголетние значения, то с третьей декады периода наблюдений сумма осадков сократилась в 3 раза по сравнению со среднемноголетними ее значениями. Сумма эффективных температур за изучаемый период соответствовала норме, максимально приближаясь к среднемноголетним значениям.

По результатам исследований, установлена корреляционная связь между скоростью разложения льняного полотна и метеоусловиями периода его закладки (с осадками умеренная прямая $r = 0,65$; с суммой эффективных температур умеренная обратная $r = -0,58$) [4]. Увеличение температуры и снижение почвенных запасов влаги влечет уменьшение деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, и, соответственно, понижение процессов детоксикации гербицидов.

Также в качестве одного из критериев оценки последействия применяемых гербицидов в почвенные образцы по схеме опыта нами были высеяны тест-растения. [5, 6]. В качестве биоиндикаторов были взяты горчица белая и

ячмень яровой, как самые универсальные и наглядные.

На основе проведенного сравнительного анализа развития растений-индикаторов с интенсивностью разрушения целлюлозы, нами просматривается прямая связь полученных результатов между собой.

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 микробиологической активности целлюлоз разрушающих 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.

Определение целлюлозразрушающей активности почвы и биотестирование могут применяться при интегральной оценке совокупного последействия применяемых гербицидов и их влияния на уровень экологических последствий для окружающей среды при интенсификации производства зерновых культур.

Таким образом, актуальным направлением углубленной адаптации является его проектирование в неразрывной связи с системой химической защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, что позволит исключить возможные противоречия между плодосменом и применяемыми гербицидами с продолжительным последействием.

Библиографический список

1. Коржов С.И., Верзилин В.В., Трофимова Т.А. Биологическая активность черноземов – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – 307 с.
2. Хазиев Ф.Х. Методы почвенойэнзиологии – М.: Наука, 2005. – 252 с.
3. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды. – М., 2021. – 816 с.
4. Применение методов математической статистики в почвоведении, мелиорации и сельском хозяйстве. Методические указания. – Москва-Новочеркасск: МГУ, 1980. – 57 с.
5. Моторин А.С., Малышкин Н.Г. Изучение экотоксичности остаточных количеств гербицидов в почве биологическими методами // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 11. – С. 99-102.
6. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве – М.: Печатный Город, 2009. – 252 с.

УДК 631.4

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ[9]

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

Резюме. *Рассмотрен ряд аспектов, связанных с использоанием мониторинга и оценки состояния почв земель сельскохозяйственного назначения при реализации стратегии развития АПК РФ до 2030 года и в связи с вступлением в силу Федерального закона от 30.12.2021 № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».*
Ключевые слова: *мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, почва, плодородие, информационные ресурсы.*
Summary. *A number of aspects related to the use of monitoring and assessment of the state of soils of agricultural lands in the implementation of the strategy for the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation until 2030 and in connection with the entry into force of Federal Law No. 475-FZ dated 30.12.2021 "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation".*
Key words: *monitoring of agricultural lands, soil, fertility, information resource.*

Введение. Федеральный закон от 30.12.2021 № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 475-ФЗ разработан во исполнение указания Президента РФ от 14.05.2020 № Пр-817 в целях установления правовых основ осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Закон призван был устранить недостатки действующего законодательства в части своевременного выявления изменения состояния земель сельскохозяйственного назначения, их оценки, обеспечения государственного земельного надзора, информированности правообладателей земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, органов государственной власти и местного самоуправления о состоянии земель.

Информация, полученная при осуществлении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, подлежит внесению в государственный реестр (далее – Реестр), ведение которого осуществляется Минсельхозом РФ посредством Системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, созданной и функционирующей в соответствии со ст. 17 Федерального закона от 29.12.2006 № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства».

Порядок ведения Реестра, состав информации, содержащейся в нем, а

9 Благодарности. Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

также порядок ее предоставления (в том числе внесения изменений в имеющиеся сведения) устанавливается Правительством РФ.

Результаты и обсуждение. Реестр является необходимым источником информации для проведения мероприятий по земельному надзору, а также государственным информационным ресурсом, содержащим подтвержденные в ходе его проведения сведения о фактическом использовании земельного участка из земель сельскохозяйственного назначения.

Государственный мониторинг земель в отношении земель сельскохозяйственного назначения является подсистемой единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), где осуществляются поиск, получение (сбор), хранение, обработка (обобщение, систематизация) и анализ информации о состоянии земель сельскохозяйственного назначения.

В Федеральный закон от 16.07.1998 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» были внесены следующие изменения:

1. К полномочиям органов государственной власти РФ в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения относятся разработка, утверждение и реализация государственных программ, содержащих мероприятия в области обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, контроль за выполнением таких программ, а также осуществление государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и ведение государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения.

2. К полномочиям органов государственной власти субъектов РФ в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения относятся разработка и принятие их законов и иных нормативных правовых актов, контроль за их соблюдением, а также сбор, обобщение и предоставление сведений в указанный Реестр.

3. Собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы имеют право (ст.7, абз. 4) представлять в федеральное государственное бюджетное учреждение, указанное в ст. 15 настоящего Федерального закона, сведения об использовании и состоянии земель сельскохозяйственного назначения, в том числе о результатах почвенных, геоботанических и других обследований, проведенных в соответствии с абз. 3 настоящей статьи, и получать в установленном порядке из Рееестра сведения об их земельных участках.

4. Обеспечение плодородия земель сельскохозяйственного назначения осуществляется по следующим основным направлениям, включая осуществление государственного мониторинга, в том числе государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

5. Государственный учет показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения проводится в целях формирования полной

и достоверной информации о нем, динамике его изменения, а также включения в Реестр сведений об их состоянии.

6. Реестр представляет собой государственный информационный ресурс, содержащий свод достоверных систематизированных сведений о состоянии земель сельскохозяйственного назначения, об их использовании и набор иных сведений. Основой является информация, полученная в ходе мониторинга земель, при государственном учете показателей состояния плодородия, а также иные сведения о землях, полученные, в том числе, посредством единой системы межведомственного электронного взаимодействия.

Картографической основой Реестра является единая электронная картографическая основа, создаваемая и обновляемая в соответствии с законодательством о геодезии и картографии, на которой воспроизводятся границы сельскохозяйственных угодий и иных земель сельскохозяйственного назначения. В Реестр в качестве дополнительных включаются предоставляемые в порядке межведомственного информационного взаимодействия сведения о собственниках земельных участков, землепользователях, землевладельцах и об арендаторах земельных участков, обладателях сервитутов, публичных сервитутов, о земельных участках и расположенных на них зданиях, сооружениях, содержащиеся в Едином государственном реестре недвижимости (далее – ЕГРН).

Сведения из Реестра предоставляются собственникам земельных участков, землепользователям, землевладельцам и арендаторам земельных участков по их запросам в виде паспорта земельного участка из состава земель сельскохозяйственного назначения бесплатно.

Порядок ведения Реестра, включая представление сведений для внесения в него, их состав, порядок направления запросов, в том числе посредством единой системы межведомственного электронного взаимодействия при ведении государственного реестра, устанавливаются Правительством РФ.

Постановлением Правительства от 11.05.2022 № 848а к полномочиям Минсельхоза отнесены 5.2.211. – утверждение форма паспорта земельного участка из состава земель сельскохозяйственного назначения, форматы предоставления сведений из государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения и форма направления запроса о предоставлении сведений из указанного реестра и 5.6.13. – ведение государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения.

7. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии и об их использовании и осуществляется федеральным органом исполнительной власти с участием органов государственной власти субъектов РФ. Основные направления агрохимического обслуживания включают осуществление государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, в том числе государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Государственная программа «Национальная система пространственных данных» утверждена постановлением Правительства от 01.12.2021 № 2148, а 30.12.2021 принят Федеральный закон «О публично-правовой компании "Роскадастр"» № 448-ФЗ: Госкомпания уполномочена вести Единый государственный реестр объектов недвижимости (ЕГРН), предоставлять в режиме одного окна услуги для пользователей пространственно-картографических данных

Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН), была уже введена в эксплуатацию Приказом Минсельхоза РФ от 02.04.2018 № 130 в соответствии с постановлением Правительства РФ от 06.07.2015 № 676 «О требованиях к порядку создания, развития, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации государственных информационных систем и дальнейшего и дальнейшего хранения содержащейся в их базах данных информации».

Целью было создания базы данных об этих объектах, включая точные географические координаты, размеры, состояние и фактическое использование угодий. Развитие ЕФИС ЗСН предполагает широкое применение технологий дистанционного зондирования подстилающей поверхности (далее – ДЗП) для сбора информации о посевах сельскохозяйственных культур (создание сервисов для мониторинга посевов пшеницы, подсолнечника, кукурузы). Сейчас создается специальный сервис для оценки площадей распашки, сева и уборки, определения границ владений разных собственников.

Новая редакция Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года была утверждена Распоряжением Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р и вступила в силу. Некоторые целевые показатели, которые должны быть достигнуты в процессе ее реализации имеют два значения – по «базовому» и «целевому» варианту в зависимости от объемов финансирования мероприятий имеющихся государственных программ.

Стратегией на долгосрочную перспективу в качестве основных приоритетов государственной поддержки эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения определены: землеустройство, в том числе создание и (или) расширение информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения; развитие мелиоративного комплекса.

В Стратегии есть обращение к целями и задачам Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 14.05.2021 № 731 (ред. от 02.11.2022, далее – Госпрограмма) – получение достоверных и актуальных сведений о количественных характеристиках и границах земель сельскохозяйственного назначения в отношении 100 % таких участков, включая количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных угодий, вовлекаемых в обо-

рот. Ревизии подлежат данные за период 1984–2022 годов. В свою очередь, к концу 2030 года предполагается введение в оборот таких земель площадью не менее 5,1 или 13,2 млн га в зависимости объема выделения средств из федерального бюджета.

Заключение. Отсутствие нормативных правовых актов Правительства РФ и Минсельхоза РФ, регулирующих порядок ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения, включая порядок представления сведений для внесения в него и т.д. создает трудности в осуществлении полномочий органами государственной власти субъектов РФ в указанной сфере.

Согласование проекта Приказа Минсельхоза РФ «Об утверждении формы паспорта земельного участка из состава земель сельскохозяйственного назначения, форматов предоставления сведений из государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения и формы направления запроса о предоставлении сведений из указанного реестра» затруднено.

Почвы, их характеристики и плодородие должны быть в числе обязательных критериев. Для реализации рассмотренных выше правовых норм, необходимо устранить имеющийся пробел, а именно: ввести в российское право полноценное, научно-обоснованное и легальное (юридически значимое), общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устоявшееся, неконтекстное определение почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства.

Для сельскохозяйственного производства должна производиться классификация и группировка именно почв, а не земель. Плодородие – свойство, присущее только почвам. Это требует принципиально новой методологии и наборов методик исследования, основанных на получении, накоплении, проверке и алгоритмах использования массивов цифровых геопространственных данных о состоянии почвенного покрова, учитывающее что земля – понятие территориально обобщенное.

При разработке соответствующих нормативно-правовых актов есть необходимость исключить требования представления хозяйствующими субъектами сведений, содержащихся в ЕГРН и других реестрах или имеющихся в распоряжении государственных органов, в соответствии с постановлениями Правительства от 21.09.2020 № 1509 и от 9.10.2021 № 1722.

Проблемой создания адекватного рабатающего и востребованного инструментария является, в частности, наличие технологий ДЗП с результатами признанными судами, а также организация системы информационного взаимодействия на уровне различных федеральных органов исполнительной власти.

УДК 57.044; 631.46

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЗНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ФОРМАМИ СЕРЕБРА НА ОБИЛИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *AZOTOBAKTER* [10]

Цепина Н.И., Колесников С.И.
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: *cepinanatalia@yandex.ru*

Резюме. В работе приведены экспериментальные данные по влиянию разных химических форм серебра на обилие бактерий рода *Azotobacter* чернозема обыкновенного. Степень снижения обилия бактерий рода *Azotobacter* зависела от дозы серебра в почве.
Ключевые слова*: оксид, сульфид; нитрат, наночастицы, загрязнение почв, чернозем обыкновенный, биологическая активность.*
Summary. *The paper presents experimental data on the influence of different chemical forms of silver on the abundance of bacteria of the genus Azotobacter of ordinary chernozem. The degree of reduction in bacterial abundance of the genus Azotobacter depended on the dose of silver in the soil.*
Key words: *oxide, sulfide, nitrate, nanoparticles, soil contamination, ordinary chernozem, biological activity.*

За последние годы всё чаще источником загрязнения окружающей среды становятся различные химические соединения серебра. По результатам обзора экотоксикологических исследований было показано, что серебро оказывает негативное влияние на представителей почвенной биоты. Обилие бактерий рода *Azotobacter* – традиционный индикатор загрязнения почвы тяжелыми металлами, используют его и при загрязнении серебром.

Цель исследования – оценить влияние разных химических форм серебра на обилие бактерий рода *Azotobacter*.

В качестве объекта исследования выбран чернозем обыкновенный. Загрязнение моделировали в лабораторных условиях. Дозы были рассчитаны исходя из фоновых концентраций серебра. Поскольку предельно допустимая концентрация (ПДК) серебра не установлена, его содержание можно выразить в виде условно допустимой концентрации (УДК), что для большинства тяжелых металлов составляет около трех-четырех фоновых концентраций в почве. Фоновое содержание серебра в черноземе обыкновенном составляет 0,303 мг/кг. Соответственно, УДК приняли равной 1 мг/кг. Серебро вносили в почву в количестве 1,5, 3, 15, 30, 150 и 300 фоновых концентраций (0,5, 1, 5, 10, 50 и 100 мг/кг соответственно). В данном исследовании оценено влияние разных химических форм серебра на обилие бактерий рода *Azotobacter* через 30 суток после загрязнения чернозема обыкновенного. Обилие бактерий рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби.

На степень снижения биологических показателей оказывает влияние концентрация серебра в почве. Доза 100 мг/кг нитрата серебра вызвала сни-

10 Исследование выполнено при государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (грант Президента РФ МК-1168.2022.5).

жение обилия бактерий рода *Azotobacter* чернозема обыкновенного на 13 % от контроля. Оксид, сульфид и наночастицы серебра не вызвали достоверного снижения показателя даже при высокой дозе.

УДК 631.244.2

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ

Чевердин А.Ю., Пискарева Л.А., Чевердина Г.В.
Воронежский ФАНЦ им. В.В.Докучаева, Каменная степь
E-mail: *cheverdin@bk.ru*

Резюме. *Проведены исследования по изучению изменения активности фотосинтеза в листьях растения гибрида кукурузы Кросби. Установлена взаимосвязь между применением удобрений, агропрепаратов и концентрацией хлорофиллов. Отмечен существенный вклад исследуемых факторов в процесс фотосинтеза.*
Ключевые слова*: кукуруза, удобрения, хлорофилл, агропрепараты, гибриды.*
Summary. *Studies have been carried out to study changes in the activity of photosynthesis in the leaves of a Crosby corn hybrid plant. The relationship between the use of fertilizers, agricultural preparations and the concentration of chlorophyll has been established. A significant contribution of the studied factors to the process of photosynthesis was noted.*
Key words: *corn, fertilizers, chlorophyll, agricultural preparations, hybrids.*

Введение. Получение высоких урожаев растений возможно только при высокой интенсивности фотосинтеза, что позволяет в большой степени накапливать сухое вещество [4].

Удобрения содержащие микроэлементы позволяют растениям с большой интенсивностью поглощать солнечную энергию, накапливать сухое вещество. Наибольшая продуктивность получена при некорневой подкормке растений удобрением Полидон Бор [3]. Минеральные удобрения за счет стимуляции ростовых процессов, способствуют повышению интенсивности фотосинтеза в агроценозе [2].

Исследованиями, проведенными на базе Пензенского ГАУ установлено, что фолиарная обработка растений кукурузы Цитовитом повышала ассимиляцию углерода растениями до 13,7 %. Также на фоне минерального удобрения при некорневой обработке препаратом Гумат+7 гибридов кукурузы повышается фотосинтетический потенциал растений до 9 % [1].

В связи с этим исследования по содержанию хлорофилла в листовой поверхности кукурузы в условиях центрального Черноземья зоны представляют существенный научный интерес.

Методика исследований. Исследования проведены в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» (2022 г.). Почвенный покров опытного участка – чернозем сегрегационный, среднемощный, среднегумусный.

Объект исследований – кукуруза на зерно. Гибрид – Кросби. Предшественник – пар. Площадь посевной делянки – 44,52 м^2, учетной – 14,84 м^2. Повторность – 3-х кратная. Опыт трехфакторный: фактор первого порядка – уровни удобренности (без удобрений, $N_{30}P_{30}K_{30,}$ $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$), фактор

второго порядка – гибриды кукурузы (Кросби, Жаклин, Докучаевский 210, Докучаевский 220, Докучаевский 230, Золотой початок 227 МВ), фактор третьего порядка – агропрепараты (без обработки, Лингогумат, ЗСС, Аквадон Микро, Полидон Амино). Уборка выполнялась вручную при достижении полной спелости культуры. Некорневая обработка посевов проводилась в фазу 3-5 и 6-7 листьев. Образцы для определения содержания хлорофилла отбирались в фазу выбрасывания метелки. Содержание хлорофиллов определяли в верхних листьях методом экстракции 96 % этанолом на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (ЭКРОС).

Результаты исследований. Результаты проведенных исследований по изучению динамики накопления хлорофилла в листьях кукурузы показали разноплановый характер влияния изучаемых факторов (минеральных удобрений и агропрепаратов) на его содержание и качественный состав. Активность фотосинтеза главным образом определяется содержанием и концентрацией хлорофилла *a*. На варианте с естественным фоном удобренности, биопрепараты не оказывали положительного влияния на содержание хлорофилла *a*.

Таблица 1 – Содержание хлорофилла в листьях растений кукурузы в фазу выбрасывания метелки. 2022г.

Фон удобренности	Вариант опыта	хлорофилл мг/г а.с.в			a:b
		A	B	a+b	
Без удобрений	Контроль	4.1	1.1	5.2	3.7
	Лингогумат	3.5	1.1	4.6	3.2
	ЗСС(ЗСБ)	3.3	1.1	4.4	2.8
	Аквадон-Микро	2.3	0.9	3.2	2.6
	ПолидонАмино	2.8	0.7	3.5	4.0
среднее		3.2	1.0	4.2	3.3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Контроль	2.7	0.7	3.4	3.9
	Лингогумат	4.0	0.8	4.8	5.0
	ЗСС(ЗСБ)	2.9	0.8	3.7	3.6
	Аквадон-Микро	3.7	1.1	4.8	3.4
	ПолидонАмино	4.0	0.8	4.8	5.0
среднее		3.5	0.8	4.3	4.2

Наоборот, отмечено некоторое снижение по отношению к контролю зеленого пигмента под действием агрохимикатов. Если на контроле концентрация хлорофилла*a* составила 4,1 мг/г, то на вариантах с стимуляторами роста было несколько ниже и варьировало в пределах 2,3-3,5 мг/г.

Применение только минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ не оказывало положительного влияния на содержание хлорофилла *a*. В дополнение к минеральным удобрениям, обработка растений биопрепаратами увеличивала содержание хлорофилла *a*. Двухкратное опрыскивание растений кукурузы позволило значительно повысить концентрацию хлорофилла до 3,7-4,0 мг/г (на контроле 2,7 мг/г). Наибольшую эффективность показали Аквадон Микро, Лингогумат, Полидон Амино. Препарат ЗСС был менее эффективным, значение содержания пигмента *a* было близким к контрольному варианту.

Хлорофил *b*–это вспомогательный пигмент, но является не менее важной

составляющей процесса фотосинтеза. По содержанию данного вида хлорофилла на безудобренном фоне также не отмечено столь заметного положительного влияния агропрепаратов. На удобренном фоне концентрация хлорофилла b была подвержена действию препаратов и варьировала в пределах 0,8-1,1 мг/г а.с.в (на контроле 0,7 мг/г а.с.в).

Показатель отношения хлорофиллов *a* к *b* характеризует активность процесса фотосинтеза, что определяет поглощение двуокиси углерода листьями растений.

От значения данного соотношения зависит интенсивность процесса фотосинтеза и соответственно количество производимой сухой биомассы.

Обработка вегетирующих растений стимуляторами роста в некоторых вариантах оказывала положительное влияние на соотношение хлорофиллов. Данные тенденции по некоторым агропрепаратам выявлены не зависимо от уровня удобрений. Так на варианте с естественным уровнем плодородия наиболее высокое соотношение хлорофиллов отмечено под влиянием Полидон Амино, и составляет 4,0 мг/г а.с.в. (на контроле 3,7 мг/г а.с.в.). А на варианте с внесение удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ агропрепараты Лингогумат и Полидон Амино способствовали повышению отношения хлорофиллов a к b до 5 мг/г а.с.в. Также стоит отметить, что комплексное минеральное удобрение в чистом виде увеличивало значения данного показателя на 0,2 мг/г а.с.в.

Выводы. В результате проведенных исследований по изучению активности фотосинтеза в листьях растений кукурузы отмечена положительная динамика при комплексном использовании агропрепаратов и минеральных удобрений. Удобрения в чистом виде также способны к увеличению содержания хлорофилла, но в меньшей степени. Наиболее эффективными биопрепаратами являлись Лингогумат и Полидон Амино.

Библиографический список

1. Гаврюшина И.В. Влияние комплексных удобрений на фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза растений кукурузы / И.В. Гаврюшина, С.А. Семина // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 28-29 марта 2018 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 26-29.
2. Кшникаткина, А.Н. Роль минеральных удобрений в формировании параметров фотосинтеза костреца безостого / А.Н. Кшникаткина, А.Н. Долженко // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 26-27 марта 2015 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 90-94.
3. Семина, С.А. Влияние микроэлементных удобрений на показатели фотосинтеза и продуктивность сахарной свеклы / С.А. Семина, Е.В. Жеряков, Е.В. Жерякова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 24-25 октября 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 165-168.
4. Эргашева, Э.А. Опыт изучения влияния интенсивности процесса фотосинтеза на продуктивность средневолокнистого хлопчатника / Э.А. Эргашева // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2019. – Т. 51. – № 4. – С. 37-40.

УДК 631.412

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ВРЕЗУЛЬТАТЕ АГРОГЕНЕЗА

Чевердин Ю.И.
Воронежский Федеральный аграрный научный центр, Каменная Степь
E-mail: *cheverdin62@mail.ru*

Резюме. *Дана оценка современного состояния физико-химических показателей плодородия черноземов. Объекты исследований – залежь 1882 г, лесная полоса 1903 года посадки, пашни различного срока использования. Охарактеризовано пространственное изменение изученных свойств почв. Отмечены изменения содержания обменных катионов, реакции среды в зависимости от характера использования угодий.*
Ключевые слова: *чернозем, залежь, лесная полоса, кислотность, обменный кальций, обменный магний.*
Summary. *The assessment of the current state of physico-chemical indicators of fertility of chernozems is given. The objects of research are a deposit of 1882, a forest strip of 1903 planting, arable land of various use periods. The spatial variation of the studied soil properties is characterized. Changes in the content of exchange cations and the reaction of the medium depending on the nature of the use of land are noted.*
Key words*: chernozem, fallow, forest strip, arable land, acidity, exchange calcium and magnesium.*

Введение. Физико-химические показатели относятся к основным показателям плодородия, определяющим в конечном счете продуктивность с.-х. угодий и трансформацию свойств почв [1, 2, 3]. Изменение кислотности черноземов во многом определяется составом обменно-поглощенных оснований. Обогащение почв обменными формами кальция стабилизирует плодородие и снижает кислотность [4].

Цель исследований – изучить особенности современного состояния физико-химических показателей плодородия черноземов различного использования.

Методика исследований. Исследования проведены в Воронежском ФАНЦ. Объекты исследований: залежь косимая 1882 г, широкая лесная полоса №40 посадка 1903 г, пашни со сроком использования 32 и 62 года.

Отбор проб по регулярной сетке опробования с шагом 25х25 м.

Результаты исследований. Нами проведена оценка физико-химических показателей черноземов под различными угодьями Каменной Степи. Кислотность залежных почв в верхнем слое почвы (0-20 см) была близка к нейтральной. Актуальная кислотность в среднем равнялась pHвод = 7,22±0,05, потенциальная несколько ниже – pHсол = 6,85±0,05. Близкие значения характерны для всего гумусово-аккумулятивного горизонта. Отмечено незначительное варьирование в ту или иную сторону. В нижележащих карбонатных почвенных горизонтах прослеживается смещение кислотности почвы в щелочную сторону. В горизонте 70-100 см pHвод=8,00±0,04, pHсол на уровне 7,33±0,02. Близкие показатели отмечены для всех почвенных слоев до глубины 200 см.

Древесная растительность служит мощным фактором, изменяющим

свойства черноземов. Под широкой старовозрастной лесной полосой № 40 за счет продуктов листового опада кислотность смещается в кислую сторону. В слое почвы 0-20 см актуальная кислотность равнялась pHвод = 6,74±0,07, потенциальная pHсол = 6,26±0,07. Смещение реакции среды в кислую сторону под лесополосой по сравнению с залежью косимой отмечается для верхнего полуметрового слоя. В нижележащих горизонтах показатели были близки.

Распашка степных почв приводила к изменению кислотности черноземных почв. Отмечено существенное смещение реакции среды обрабатываемых пахотных почв в нейтральную и щелочную сторону. Эта закономерность характерна для всей гумусовой толщи. Причем эти изменения прямо пропорциональны сроку использования. На момент проведения исследований длительность использования составляла 32 и 62 года. На более молодой пашне pH водной вытяжки в пахотном горизонте почвы (0-20 см) равнялся 7,42±0,06, на пашне с большим сроком эксплуатации – 7,65±0,04. Эти показатели на 0,20 и 0,43 выше почв естественных угодий. В слое почвы 30-50 см показатели актуальной кислотности равнялись в пашнях соответственно 7,50±0,10 и 7,60±0,08, на залежи – 7,23±0,09. В карбонатно-аккумулятивных горизонтах почвы реакция среды черноземов была близка и не определялась характером использования угодий. Так, например, в слое 120-150 см на залежи актуальная кислотность равнялась 8,26±0,02, на пашне 1992 года – 8,29±0,03, на пашне 1952 – 8,31±0,01.

Потенциальная кислотность при распашке целинных черноземных почв также имела слабовыраженное свойство смещаться в нейтральную и щелочную сторону. На залежи косимой в слое почвы 0-20 см значения pHсол равнялись 6,85±0,05, на пашне 1952 года повышались до 6,89±0,05 и на пашне 1952 года до 6,98±0,04. Такая закономерность была характерна для изменения потенциальной кислотности по всему почвенному профилю.

Показатель гидролитической кислотности имел такую же особенность изменения. Максимально высокие значение отмечены в почвах лесной полосы в 0-20 см гумусовом горизонте – 2,96±0,16 ммоль (экв)/100 г. почвы. На залежи косимой и на пашнях различного срока использования гидролитическая кислотность была существенно ниже. В черноземе естественных угодий равнялась 1,60±0,15 ммоль (экв)/100 г, на пашне 1992 г – 1,64±0,28 ммоль (экв)/100 г, на пашне 1952 г – 1,27±0,16 ммоль (экв)/100 г. В нижележащем почвенном горизонте 30-50 см показатель Нг под лесной полосой и залежью был близок – 1,99±0,18 и 2,04±0,27 ммоль (экв)/100 г. На пашне отмечается снижение кислотности с увеличением срока использования. На молодой пашне (1992 г) 1,47±0,26 ммоль (экв)/100 г и на старой (1952 г) – 1,23±0,17 ммоль (экв)/100 г. Такая же закономерность для всех угодий прослеживается и в нижележащих почвенных горизонтах.

К важным показателям плодородия, определяющим многие свойства почв относится содержание обменно-поглощенных катионов. Распределение состава обменных катионов имело свои особенности в зависимости от характера антропогенного воздействия. В верхнем слое чернозема (0-20 см) содер-

жание обменного кальция в почвах залежи и пашен было близким. Но все же в результате агрогенного воздействия отмечена тенденция его снижения. В черноземе естественных угодий в среднем количество Са равнялось 35,59±0,60, пашне 1992 г – 34,16±0,56 и на пашне 1952 г – 35,01±0,44 ммоль (экв)/100 г. Под лесной полосой вследствие влияния кислых продуктов разложения листового опада отмечено уменьшение содержания обменного кальция на 4,25 ммоль (экв)/100 г по сравнению с залежью косимой.

На рисунке наглядно представлено пространственное варьирование содержания Са в слое почвы 0-20 см. На нем отчетливо выделяются зоны с пониженным содержание кальция под лесной полосой. Зоны с высоким его количеством – в черноземах залежных почв. В нижележащих почвенных горизонтах сохраняется такой же характер изменения количества Са под рассматриваемыми угодьями.

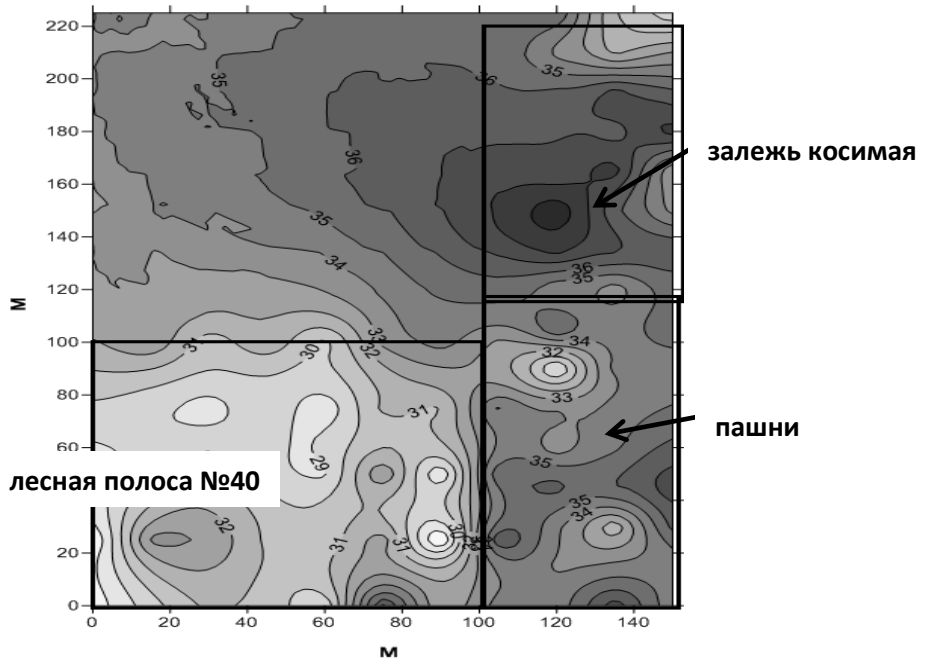


Рисунок – Пространственное распределение обменного кальция в слое 0-20 см, ммоль (экв)/100 г. (по осям У и Х расстояние в метрах).

Вторым важным компонентом состава обменно-поглощенных катионов является магний. Наибольшее его количество характерно для почв старовозрастной лесной полосы. В верхнем слое (0-20 см) содержание магния равнялось 9,07±0,30 ммоль (экв)/100г. На втором месте почвы залежи косимой – 8,33±0,43ммоль (экв). В черноземах разновозрастных пашен количество обменного магния отмечено на уровне 7,04±0,47 (пашня 1992 г) – 6,59±0,56 (пашня 1952 г) ммоль (экв). В нижележащих почвенных горизонтах содержание магния постепенно увеличивается, достигая максимальных показателей на глубине 170-200 см. При этом самые высокие значения характерны для почв лесных ценозов.

Таким образом, показакны особенности формирования актуальной и потенциальной кислотности, состава обменных оснований черноземов различного характера использования.

Библиографический список
1. Гуреева Е.В., Гвоздева В.А., Овсяннокова М.В., Маркова В.Е. Вклад извести и минеральных удобрений в формирование урожайности сои (на примере Рязанской области) // Орошаемое земледелие. – 2022. – № 1 (36) – С. 29-32. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-1-8.
2. Подколзин А.Р., Степанцова Л.В. Физико-химические особенности комплекса рочв замкнутых западин Петровского района Тамбовской области // Наука и образование. – 2022. –Т.5. – №2. – С.82.
3. Дериглазова Г.М. Влияние кислотности почвы на урожайность агроландшафтов ЦЧЗ // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. Курск, 2021. Издательство: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр». – С.116-119.
4. Панкова Т.И., Масютенко Н.П. Оценка связи физико-химических свойств чернозема типичного с показателями его плодородия на пашне // Вестник Курской государственной с-х академии. – 2016. – №9. – С. 103-108.

УДК 631.8

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ЧЕРНОЗЕМА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ УЗКОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ

Чевердин Ю.И.
Воронежский Федеральный аграрный научный центр, Каменная Степь
E-mail: *cheverdin62@mail.ru*

Резюме. *Проведены исследования засоленности почвенного профиля черноземов под узкой лесной полосой. Ее ширина 12-15 м. Установлено увеличение активности иона натрия под древесной растительностью. По отношению к широким лесным полосам засоленность выражена в меньших величинах.*
Ключевые слова: *чернозем, лесная полоса, пашня, засоленность, натрий.*
Summary. *Studies of the salinity of the soil profile of chernozems under a narrow forest strip have been carried out. Its width is 12-15 m. An increase in the activity of sodium ion under woody vegetation was found. In relation to wide forest strips, salinity is expressed in smaller quantities.*
Key words*: chernozem, forest strip, arable land, salinity, sodium.*

Введение. Агролесомелиоративный комплекс относится к основным факторам регулирования почвенного плодородия и повышения продуктивности современных агроландшафтов [1, 2, 3].

Лесные полосы оказывают благоприятное влияние на характеристику и свойства почв, на состояние произрастающих сельскохозяйственных культур. При этом состав растительности оказывает заметное влияние на засоленность почв [4, 5]. В то же время агролесомелиоративные приемы способствуют рассолению верхних горизонтов солонцов за счет большего снегонакопления [6]. В связи с этим весьма актуальной проблемой является изучение изменения солевых характеристик почв под влиянием искусственных лесных насаждений.

Цель исследований – изучить особенности влияния узкой лесной полосы

на засоленность почв.

Методика. Исследования проведены в Каменной Степи (Воронежский ФАНЦ). В качестве объекта исследований служила полезащитная однорядная лесная полоса № 226 1963 года посадки. Направление юг-север. Состав древостоя 10Д. Длина – 866 м, ширина основного древостоя при посадке составляла 2,5 м. В настоящее время из-за зарастания опушек кленом, терном и другими кустарниками ширина находится в пределах 12-15 м. Отбор проб до глубины 200 см по регулярной сетке опробования с шагом 25х25 м. Всего заложено 15 буровых скважин. Для контроля взяты пахотные поля, прилегающие к лесной полосе с запада и востока. Определение содержания натрия проводили в почвенной пасте ион-селективным методом на иономере И-160.

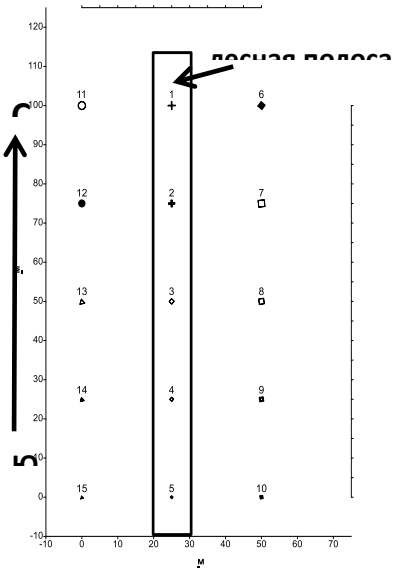


Рисунок – Схема отбора почвенных проб

Результаты исследований. Искусственные лесные насаждения и сформированные на их основе современные лесокультурные ландшафты служат мощным фактором, изменившим направленность и течение почвенных процессов в степной зоне России. В настоящее время нами проводятся большие комплексные исследования трансформации характеристик и свойств черноземов в условиях длительно функционирующего агролесомелиоративного комплекса. К одним из основных показателей почвенного плодородия относится солевые характеристики, качественный состав водной вытяжки. Проведенными нами исследованиями установлено формирование глубокозасоленных почвенных горизонтов под старовозрастными широкими лесными полосами Каменной Степи [7]. В настоящем кратком сообщении нами приведена оценка изменения содержания натрия под узкой однорядной дубовой лесной полосой. Необходимо выяснить, как изменяется засоленность почв в изменившихся гидрологических условиях под воздействием древесных культур. Для сравнения рассмотрена засоленность участков пахотных черноземов прилегающих непосредственно к лесной полосе.

Оценка засоленности по величине натрия в черноземных почвах под узкой однорядной лесной полосой в принципе подтвердили выявленные нами

закономерности изменения солевого профиля, отмеченные нами для широких старовозрастных лесополос (118 лет). Несмотря на то, что возраст анализируемой лесной полосы составляет 58 лет, засоленность чернозема увеличивается по отношению к прилегающим пахотным угодьям. Наиболее существенные различия начинают отмечаться в карбонатно-аккумулятивном горизонте с глубины 70 см. В этом слое почвы чернозема лесной полосы содержание натрия отмечено в среднем на уровне 2,12±0,37 ммоль/л (см. табл.). По существующей градации этот горизонт соответствует слабой степени засоленности. В нижележащих горизонтах почвы засоленность постепенно увеличивается и на глубине 100-120 см величина натрия составляет 3,64±0,72, в слое 120-150 см – 5,88±0,52 ммоль/л (средняя степень засоленности). В горизонтах почвы 150-170 и 170-200 см достигает градации очень сильно засоленных почв – 11,35±0,82 и 19,32±1,83 ммоль/л. В широких старовозрастных лесных полосах в количественном выражении засоленность достигает больших значений – до 70 ммоль/л [7].

На прилегающих к западной и восточной опушке лесной полосы пахотные участки существенным образом отличались по характеру формирования солевого профиля. Верхние горизонты почвы до глубины 100 см остаются формально незасоленными. Количество натрия на поле, примыкающем с западной части лесополосы варьировало в интервале 0,37±0,02-0,78±0,05 ммоль/л. На черноземе с восточной опушки величина натрия изменялась от 0,60±0,10 до 1,25±0,22 ммоль/л. В карбонатных горизонтах ниже 100 см почвенная толща испытывала влияние слабоминерализованных грунтовых вод. Засоленность черноземов повышалась до величин слабо- и средзасоленной градации – 1,15±0,12 – 3,64±0,47 ммоль/л.

Таблица – Содержание натрия в почвенном профиле, ммоль/л

Слой почвы, см	Лесная полоса	Паровое поле с западной части	Поле под ячменем с восточной опушки
0-20	0,81±0,12	0,37±0,02	0,60±0,10
20-30	0,64±0,11	0,52±0,09	0,70±0,13
30-50	0,69±0,09	0,55±0,02	0,67±0,07
50-70	0,74±0,06	0,61±0,03	1,22±0,14
70-100	2,12±0,37	0,78±0,05	1,25±0,22
100-120	3,64±0,72	1,15±0,12	1,84±0,26
120-150	5,88±0,52	1,78±0,28	2,60±0,34
150-170	11,35±0,82	2,34±0,39	3,09±0,40
170-200	19,32±1,83	2,63±0,47	3,64±0,47

Лесные полосы оказывают существенное влияние на характер распределения и формирования снежного покрова. Как правило, в широких лесных полосах твердые осадки зимнего периода концентрируются на опушечной части. В узких лесных полосах, в которой проведены наши наблюдения, макси-

мальный запас снежного покрова концентрируется непосредственно под древостоем. При этом более благоприятные физические свойства черноземов складываются непосредственно в зоне влияния лесных насаждений. В связи с этим в средней части узких лесных полос влагозапасы отмечаются на более высоком уровне. С началом весенней вегетации древесных культур с возникновением разности потенциалов давления различных по увлажненности участков происходит горизонтально-боковое перемещение влаги и солей в корневую зону древесных культур.

Заключение. Проведенные исследования засоленности черноземов под влиянием узких лесных полос выявили закономерное увеличении концентрации натрия в почвенном профиле. Отмечено формирование засоленных почвенных горизонтов на глубине 100 см и более. По степени засоления почвы изменяются от средне- до сильнозасоленных.

Библиографический список

1. Чекаев Н.П., Кузнецов А.Ю. Влагосберегающая роль стокорегулирующих лесных полос в структуре агролесоландшафтов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 4(16). – С. 109-118. DOI: 10.21685/ 2307-9150-2016-4-10.

2. 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.

3. Agroforestry: Enhancing resiliency in U.S. agricultural landscapes under changing conditions [Electronic resource] / Ed.: M. M. Schoeneberger, G. Bentrup, T. Patel-Weynand; U. S. Department of Agriculture; Forest Service. Washington, DC, 2017. – 213 p. URL: https:www.fs.fed.us/research/publications/gtr/gtr_wo96.pdf (date of access: 17.03.2021). DOI: 10.2737/WO-GTR-96a.

4. Морта Б.Э., Патрина А.С., Николаева Д.В. Свойства почв под различными типами растительности в Торейской котловине // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: Материалы II Международной научно-практической конференции.2020. – Керчь, 27-30 мая 2020 г. – Изд-во: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типографии «Ариал» (Симферополь). – С.153-156.

5. Конюшкова М.В., Нухимовская Ю.Д., Гасанова З.У., Степанова Н.Ю. Вариабельность засоленности почв и фиторазнообразия разновозрастных участков Приморской равнины Прикаспия // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26. – №4 (85). – С. 66-75.

6. Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Контобойцева А.А. Изменение свойств солонцов Приергенинской равнины Калмыкии в условиях лесомелиорации в результате длительного антропогенного воздействия // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2012. – № 69. – С.87-101.

7. Cheverdin Yu.I., and Cheverdin A.Yu. Modern Salt Accumulation in Chernozems under Old Forest Shelter Belts in the Kamennaya Steppe // Russian Agricultural Sciences, 2022, Vol. 48, Suppl. 1, pp. S50–S59. © Allerton Press, Inc., 2022.Russian Text © The Author(s), 2022. published in Agrokhimiya, 2022, – №. 2, – pp. 65-75. DOI: 10.3103/S1068367422070084.

УДК 631.95(478.9)

ДЕГРАДАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МОЛДОВЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ И ПРОБЛЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ

Чербарь В.В.
Института почвоведения, агрохимии и охраны почв «Н.Димо», Кишинев
E-mail: *cerbari@bk.ru*

Резюме. *Исследования влияние природных и антропогенных факторов на развитие и эволюцию почв Молдовы показало, что в разные исторические периоды процессы деградации почв развивались неодинаково. Для улучшения физических свойств и гумусового состояния деградированного пахотного слоя почв предложено внести в его надземную массу вики.*
Ключевые слова: *деградация почв, почвенный покров, плодородие черноземов, исторические этапы, факторы почвообразования, деградация.*
Summary. *Studies of the influence of natural and anthropogenic factors on the development and evolution of soils in Moldova showed that in different historical periods, the soil degradation processes did not develop alone. To improve the physical properties and humus state of the degraded arable layer of soils, it is proposed to introduce dry above-ground mass of vetch into them.*
Key words: *soil degradation, soil cover, fertility of chernozem, historical stages, soil formation factors, soil degradation.*

Современные климатические условия Молдовы, согласно оценки И.А. Крупеникова [7] соответствуют формированию черноземов. Тем не менее, даже в средний голоцен, почти половина территории Молдовы была покрыта лиственными лесами. Естественно, что под широколиственной лесной растительностью сформировались не черноземы, а серые лесные почвы в северной части и бурые лесные почвы в центральной части Молдовы, где климат более теплый и контрастный.

На юге Молдовы доминировала степная растительность и почвенный покров был сформирован только черноземами. Однако, в результате наступления леса на степь в период так называемого «малого ледникового периода», ксерофитное травянисто-кустарниковое редколесье появилось и здесь на возвышенностях в XIII–XIX веках [5]. Но под этими травянисто-кустарниковыми лесами, в условиях семи аридного климата, направление почвообразовательного процесса не потерпело изменение, черноземы стали только более мощными и более гумусированными. Они были названы ксеролесными черноземами [7].

Земледелие на территории Молдовы, южных частей Украины и Румынии появилось раньше, чем в Египте, в период так называемой культуры земледельцев Кукутень – Триполи (5500-2750 гг. до рождения Христа). Народы, сменившие эту культуру до 260 г. нашей эры, в основном также были земледельцами. За тысячелетия часть лесов была уничтожена, а земли превращены в пашню [4, 6].

Возникает вопрос что произошло с распаханными почвами бывших лесов после начала периода «Великого передвижения пастушьих народов с Во-

стока на Запад» и прекращения земледелия на этой территории на долгие века?

Почвенный покров является главным природным богатством Молдовы. От сохранения и рационального использования почв целиком и полностью зависит экономическая ситуация в стране и благосостояние населения. В использовании почвенных ресурсов на территории бывшей царской Бессарабии и нынешней Молдовы выделяется несколько периодов, оказавших в разной степени влияние на процессы деградации и эволюции почв [1].

Таблица 1 – Эволюция структуры земельного фонда Бессарабии и Молдовы в период 1812 – 2020 гг., тыс. га / %

Годы	Общая площадь	Пашня	Многолетние насаждения	Пастбища	Леса	Другие земли
1812	4511 100	516 11,4	46 1,0	2200 48,8	547 12,1	1202 26,7
1900	3499 100	2320 67,3	109 3,1	597 17,3	211 6,1	262 6,2
1950	3297 100	2124 64,4	177 5,4	542 16,5	231 7,0	222 6,7
1990	3376 100	1846 54,7	410 12,2	349 10,3	416 12,3	355 10,5
2020	3385 100	1855 54,8	295 8,7	286 8,4	350 10,3	599 17,7

Первый период, до 1812 г. Распахивались только около 12% земель от общей площади (табл.1). Поселения и пахотные земли вокруг них были расположены преимущественно в лесостепной и лесной зонах. При расширении площадей пахотных земель раскорчевывались леса. Это привело к усилению овражной эрозии и частично плоскостной. Все же, экстенсивный характер земледелия в данный период не привел к большой интенсификации таких процессов деградации почв как потеря гумуса, разрушение почвенной структуры, уплотнение пахотного и подпахотного слоев и др. Одновременно, в этот период были широко распространены и процессы реградации почв. В результате постоянных набегов кочевников и занятия ими данной территории местное население в основном было уничтожено, а пахотные земли заброшены на сотни и тысячи лет. На заброшенных пахотных землях восстановилась степная растительность и начиналась другая фаза почвообразования.

Под влиянием степной растительности, в климатических условиях Молдовы, бывшие распаханные лесные почвы эволюционировали в черноземы. Таким образом, в лесной зоне Молдовы образовался полигенетический почвенный покров. Полигенетичность почвенного покрова лесной зоны Молдовы еще больше усилилась массовой вырубкой лесов в последующие периоды и освоением земель под пашню и многолетние насаждения.

Лесные и пахотные почвы Центральной Молдовы испытывали разные фазы почвообразования. Эти почвы полигенетического происхождения и распространены в периферийной части возвышенности Кодры в интервале высот 150-

200 м. Сформировались в условиях теплого аридно-гумидного климата. Прошли через несколько фаз почвообразования [5]: под широколиственными лесами (почвы бурые целинные с иллювиально-камбиковым горизонтом) → под пашню (почвы бурые пахотные) → под степной растительностью на протяжении многих столетий (почвы эволюционировали в черноземы выщелоченные целинные) → снова под пашню (почвы черноземы выщелоченные пахотные).

Второй период, 1812-1900 гг. Стабильная политическая ситуация в эти годы на территории Бессарабии стимулировала рост численности народонаселения, что привело к тотальному освоению пригодных и полупригодных для пашни земель. Это, в свою очередь, привело к интенсификации эрозии почв, в основном линейной. Все же, благодаря экстенсивному характеру земледелия, другие процессы деградации почв развивались медленно.

Третий период, 1900-1950(1960) гг. В эти годы, в результате интенсификации антропогенного прессинга, на данной территории интенсифицируются процессы поверхностной и линейной эрозии. В 1911-1960 гг. число оврагов увеличилось в 3 раза, а в некоторых районах – в 5 раз. Другие процессы деградации почв в условиях существующей экстенсивной системы земледелия проявлялись слабо.

Четвертый период, 1950 (1960)-1990 гг. В этот период на территории Молдовы внедряется система интенсивного земледелия, которая включала: вспашку земель на глубину до 35 см; частые промежуточные обработки почвы тяжелыми машинами и агрегатами; организацию территории в большие по площади поля, что в условиях холмистого рельефа и отсутствия гидрологической организации территории не соответствовала требованиям защиты почв от эрозии; тотальная химизация сельского хозяйства.

В результате интенсифицировались самые опасные процессы деградации почв: эрозионные, дегумификация, разрушение структуры, вторичное уплотнение пахотного слоя, увеличение плотности в средней и нижней частях пахотного слоя даже при его высокой влажности. Высокий начальный темп роста урожайности сельскохозяйственных культур к концу периода полностью замедлился, пахотный слой почв, по причине утери естественной структуры, потерял способность сопротивляться уплотнению после обработки.

Пятый период, 1991 г. – настоящее время. В результате аграрной реформы земельный фонд разделен на миллионы индивидуальных участков, что препятствует проведению мелиоративных и противоэрозионных мероприятий. Внесение минеральных удобрений сократилось в десятки раз, а органических – полностью. Баланс гумуса стал глубоко отрицательный (–0,75). Произошла интенсификация всех процессов деградации почв. Урожайность культур снизилась почти в 2 раза.

Возможности восстановления положительного баланса гумуса и повышения устойчивости к деградации черноземных почв следующие:

• Вывод на 10-15 лет из сельскохозяйственного оборота деградированных пахотных почв и восстановление на них целинной степной растительности. Исследования показали, что за 15 лет пребывания под степной расти-

тельностью содержание гумуса в бывшем пахотном слое чернозема типичного выросло на 0,8%, структура восстановилась на 80%. Из-за отсутствия свободных земель (0,4 га пашни на 1 человека) этот способ восстановления почв в Молдове неприменим.

• Ежегодное внесение в почву не менее 10-15 т/га подстилочного навоза для создания в ней положительного баланса гумуса. Мера хорошая, но неосуществимая. Количество производимого в стране навоза, даже если удалось бы его собрать из крестьянских хозяйств, хватило бы только для удобрения 10% площадей пашни.

• Внедрение в севообороты 1 поля, посеянного смесью люцерны и райграса. Мероприятие дало бы возможность восстановить деградированные почвы на еще 10% площадей пашни, но для это необходимо параллельно восстановить индустриальные животноводческие комплексы.

• Использование в качестве отличного органического удобрения зеленной массы вики (80%) + пшеницы (20%). В климатических условиях Молдовы возможны 2 варианта использования вики как зеленное удобрение [2, 3]:

а) Озимая вика как промежуточная культура, посеянная в сентябре и внесенная в почву как зеленное удобрение в конце апреля (табл. 2, 3).

в) В севообороте из 5 полей использование одного поля как занятый пар, засеянный 2 или 3 раза в одном сельскохозяйственном году озимой и яровой викой на зеленное удобрение.

Таблица 2 – Надземная и подземная масса озимой вики (промежуточная культура), внесенная в почву как зеленное удобрение

Урожай вики	Абсолютно сухая масса, т/га	Зола	N	P_2O_5	K_2O	C	C:N
		% от сухой массы					
Надземная масса	5.6	9.5	4.1	1.1	2.7	39.1	9.5
Корней, 0-30 см	2.4	15.2	1.8	0.5	0.5	38.9	21.6
Всего	8.0	11.2	3.4	0.9	2.0	39.0	11.5

В 8 т/га сухих растительных остатков вики, внесенных в почву, содержится 270 кг/га азота, 60% из которого (160 кг/га) синтезированы из воздуха. Соотношение C : N в сухой массе внесенной в почву вики равно 11,5. Из 8 т/га сухих растительных остатков вики образуются 2,0 т/га гумуса.

Таблица 3 – Изменение свойств пахотного слоя чернозема обыкновенного тяжелосуглинистого после внесения в него весной при помощи дисковой бороны 1-го урожая зеленной массы вики

Глубина (cm)	Плотность, г/см^3	Общая пористость, %	Агрегаты 10-0,25 мм, %	Водопрочные агрегаты, %	Органическое вещество, %	Подвижные	
						P_2O_5	K_2O
Ahp1 0-12	1,27 1,08	51,3 58,6	71,2 86,6	30,4 38,6	3,03 3,24	2,3 2,5	24 27
Ahp1 12-20	1,46 1,34	44,3 48,9	55,0 67,2	34,2 37,0	2,92 3,02	2,0 1,9	21 22
Ahp2 20-35	1,50 1,44	42,7 45,0	48,0 53,0	36,4 35,6	2,82 2,83	1,9 1,8	20 20

Восемь тонн сухой надземной массы и корней вики привели к улучшению физических свойств и гумусового состояния пахотного слоя почвы. Систематическое применение данного приема, приводимого один раз в 2 года, приводит к формированию положительного баланса гумуса и к постепенному восстановлению деградированных свойств черноземов.

Библиографический список

1. Cerbari, V. (coordonator). Monitoringul calităţii solurilor Republicii Moldova (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări). Coord. V. Cerbari. Ch.: Pontos (Reclama). – 2010. – 476 p.
2. Cerbari, V.; Leah, T. Preventative Restoration of *Ordinary Chernozem* Before Implementation Zero Tillage // Regenerative Agriculture: What's Missing ? What Do We Still Need to Know ?. Eds: D. Dent, B. Boincean. Springer. Chapter 15. – 2021. – P. 21-27.
3. Leah, T. Restoration of degraded soils properties by phytotechnical methods in conditions of Moldova. *Електронен Сборник Научни доклади.* Международна Конференция посветена международната година на почвите и 140-та годишнина от рождението на Никола Пушкаров "Почвата и агротехнологиите в променящия се свят". – 2015. – P.421-425.
4. Xenopol, A.D. Istoria romanilor din Dacia traiana. Vol. II: Dacia în vremea năvălirilor barbare 270-1290. București: Elf. – 2006. – 244 p.
5. Александровский А.Л. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью. В: Естественная и антропогенная эволюция почв. Сборник научных трудов. Пущино: Институт Почвоведения и Фотосинтеза. – 1988. – С. 82-93.
6. Александровский, А.Л., Жариков, С.Н. Этапы земледельческого освоения и агрогенные изменения почв в основных регионах Мира. В: Глобальная география почв и факторы почвообразования. М.: АН СССР – 1991. – С.125-163.
7. Крупеников, И.А. Черноземы Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ. – 1967. – 427 с.

УДК 631.48:633.18

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ

Чижиков В.Н., Шарифуллин Р.С.
ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар, пос. Белозерный, 3
E-mail: *agrohim-vt@yandex.ru*

Резюме. *В результате проведенных исследований получены данные по агрохимическим свойствам почвы опытных участков полей рисового севооборота. Установлена степень варьирования агрохимических показателей, определены показатели с низкой и высокой вариабельностью. Полученные данные позволили выявить пространственную изменчивость значений подвижного фосфора, на исследуемых полях, что говорит о целесообразности применения дифференцированного подхода при внесении фосфорных удобрений.*

Ключевые слова: *почва, агрохимические свойства, пространственная неоднородность, вариабельность, рисовые поля.*

Summary. *As a result of the research, data on the agrochemical properties of the soil of the experimental plots of the rice crop rotation fields were obtained. The degree of variation of agrochemical indicators has been established, indicators with low and high variability have been determined. The data obtained made it possible to identify the spatial variability of the values of mobile phosphorus in the studied fields, which indicates the feasibility of using a differentiated approach when applying phosphorus fertilizers.*

Key worlds: *soil, agrochemical properties, spatial heterogeneity, variability, rice fields*

Введение. Почвам рисовых полей в большей степени характерна пространственная изменчивость агрохимических свойств, что в свою очередь обуславливает неодинаковую обеспеченность растений элементами минерального питания [1, 2].

Определение внутрипольной пестроты почвенного плодородия на полях рисовой оросительной системы (РОС) на основе данных пространственной неоднородности агрохимических свойств почв рисовых полей позволяет строить карты зон однородностей, что обеспечивает дифференцированное внесение минеральных удобрений и мелиорантов по отдельным внутрипольным контурам почвенного плодородия исходя из агрохимических характеристик каждого такого контура [3, 4].

Разработка методических подходов по выявлению пространственной неоднородности агрохимических показателей почвенного плодородия для обеспечения применения технологии дифференцированного внесения удобрений в условиях рисоводства базируется на основе применения геоинформационных систем с целью выявления и картографирования неоднородности почв рисовых полей.

Цель исследований. Определить степень вариабельности пространственной изменчивости агрохимических свойств почв рисовых полей для обеспечения разработки подходов по дифференцированному применению удобрений.

Объекты и методы. Исследования проводились на двух опытных участках, расположенных на рисовой оросительной системе (РОС) «ФНЦ риса» и РПЗ «Красноармейский». Объектом исследования, являлась почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.

Отбор почвы для проведения агрохимического обследования осуществлялся в весенний период (апрель) и осенний (сентябрь-ноябрь) на карта-чеках: № 1, 11, 23, 24 (РПЗ «Красноармейский») и № 2(чеки 1-4), 4, 6, 8, 10, 12 («ФНЦ риса»). Предшественником на карта-чеках №1, № 11 была кукуруза на силос, на 23 и 24 озимая пшеница, а на полях «ФНЦ риса» – соя.

С каждого участка карты-чека отбиралось по 5 объединённых проб почвы с фиксированием геодезических координат для каждой объединённой пробы. Всего отобрано 49 объединённых проб, каждая из которых состоит из 25-и точечных проб (уколов тростевым буром).

Пробы почвы отбирались из пахотного слоя (0-20 см.). В почвенных образцах определяли: фосфор подвижный по Чирикову, pH водной вытяжки – потенциометрически, гумус общий по Тюрину [5, 6].

Полученные данные обрабатывались методами математической статистики [7, 8].

Результаты и обсуждение. На основе полученных данных выполнена количественная оценка агрохимических показателей на эксперементальных полях РОС в пределах элементарных участков (чека, карты-чека). Создана геоинформационная база данных пространственного распределения агрохи-

мических показателей, которая служит основой для дифференциации доз минерального питания в технологии выращивания риса.

По результатам данных агрохимического обследования почвы на опытном участке РОС «ФНЦ риса» установлено, что показатель pH близок к нейтральному с небольшим сдвигом в щелочную сторону на картах №10, № 6 (7,65 и 7,70) и в кислую на карте №2, чек 4 (6,48) (таб. 1, 2). Коэффициент варьирования находится в широком диапазоне от 0,19 % до 4,21 %, что свидетельствует о значительной вариации данного показателя на отдельных полях РОС в пределах исследуемого элементарного участка. Согласно данных анализов на РОС РПЗ «Красноармейский», почва характеризуется как слабокислая на картах №11, №24 и нейтральная на картах №1, №23 (табл. 3).

По содержанию гумуса почва РОС «ФНЦ риса» относится к низко обеспеченной (менее 4 %), согласно градации для данного типа почвы. Его значения колебались по отдельным полям в пределах от 2,18 до 2,89 %. Коэффициент вариации в границах поля составил от 1,98 % до 16,03 % (таб. 1, 2). Содержание гумуса в почве РПЗ «Красноармейский» на картах № 23, № 24 составила 4,05 и 4,56 %, что соответствует среднему уровню, а на картах № 1, № 11 – низкое (таб. 3).

Результаты агрохимического обследования полей РОС «ФНЦ риса» показали, что содержание подвижного фосфора, согласно градации по обеспеченности, находятся в пределах от среднего до высокого (4,6-14,4 мг/100 г), однако они значительно варьируют по отдельным чекам (табл. 3.1, 3,2.). Значения показателей подвижного фосфора на РОС РПЗ «Красноармейский» были в пределах от 17,96 до 23,53 мг/100 г, что говорит о очень высоком его содержании.

Таблица 1 – Статистическая оценка агрохимических показателей пахотного горизонта почвы РОС «ФНЦ риса»

Параметр	Карта 2, чек 1	Карта 2, чек 2	Карта 2, чек 3	Карта 2, чек 4
pH				
Среднее	7,46	7,38	6,58	6,48
Коэффициент вариации, %	1,54	2,66	0,74	0,19
min	7,33	7,01	6,50	6,47
max	7,62	7,60	6,63	6,50
Гумус, %				
Среднее	2,86	2,89	2,89	2,57
Коэффициент вариации, %	2,78	2,58	5,08	1,98
min	2,35	2,81	2,65	2,51
max	3,17	3,00	3,03	2,62
P_2O_5, мг/100 г				
Среднее	9,9	12,7	11,4	14,4
Коэффициент вариации, %	14,9	8,7	21,5	9,44
min	7,40	11,7	9,2	13,6
max	11,2	14,3	15,5	16,0

Таблица 2 – Статистическая оценка агрохимических показателей пахотного горизонта почвы РОС «ФНЦ риса» (продолжение)

Параметр	Карта 4	Карта 6	Карта 8 (пр)	Карта 8 (лев)	Карта 10	Карта 12
pH						
Среднее	7,34	7,70	7,13	7,46	7,65	7,40
Коэффициент вариации, %	2,13	3,66	0,81	2,65	4,21	2,72
min	7,18	7,30	7,04	7,23	7,39	7,21
max	7,54	7,92	7,18	7,73	8,01	7,61
Гумус, %						
Среднее	2,69	2,75	2,35	2,26	2,46	2,18
Коэффициент вариации, %	3,93	10,46	9,47	16,03	11,47	9,81
min	2,53	2,33	2,13	1,85	2,24	1,80
max	2,80	3,44	2,55	2,61	2,93	2,30
P_2O_5, мг/100 г						
Среднее	8,0	6,9	4,6	4,9	7,3	9,0
Коэффициент вариации, %	29,0	20,14	33,9	27,8	27,7	24,0
min	5,6	4,8	2,8	3,4	5,5	6,8
max	11,5	8,3	6,7	6,8	9,5	11,1

Пространственная изменчивость в пределах границы элементарных участков имеет значительной размах варьирования. Наибольший коэффициент вариации (33,9 %.) отмечен на карта-чеке № 8 (прав. половина). На исследуемых полях выявлены участки с разной степенью обеспеченности почвы подвижным фосфором, что говорит о целесообразности применения дифференцированного подхода при внесении фосфорных удобрений на этих полях.

Таблица 3 – Статистическая оценка агрохимических показателей пахотного горизонта почвы РОС РПЗ «Красноармейский»

Параметр	Карта 1	Карта 11	Карта 23	Карта 24
pH				
Среднее	6,62	6,28	6,66	6,39
Коэффициент вариации, %	1,55	2,32	1,72	1,95
min	6,61	6,14	6,44	6,19
max	6,70	6,53	6,70	6,46
Гумус, %				
Среднее	3,25	3,68	4,05	4,56
Коэффициент вариации, %	13,70	4,86	10,24	11,78
min	4,04	3,42	2,67	3,76
max	4,06	3,84	3,80	5,19
P_2O_5, мг/100 г				
Среднее	2,50	6,39	5,00	2,06
Коэффициент вариации, %	18,39	18,43	17,96	23,53
min	4,32	5,08	2,13	1,28
max	5,67	8,17	2,88	2,50

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что на изучаемых участках РОС агрохимические показатели, согласно градации

для данного типа почв, были следующие: pH почвенного раствора – от нейтральной до слабокислой; содержание подвижного фосфора – от среднего до очень высокого (4,6-23,5 мг/100 г); гумуса – преимущественно низкая (2-4 %). Наибольшая степень варьирования обеспеченности почвы подвижным фосфором, говорит о целесообразности применения дифференцированного подхода при внесении фосфорных удобрений на этих полях.

Библиографический список

1. Система рисоводства Российской Федерации / под общ. Ред. С.В Гаркуши. – Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса»; Просвещение-ЮГ, 2022. – 368 с.
2. Методические указания по проведению комплексного мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ВНИИА – 2003. – 240 с.
3. Самсонова В.П., Железова С.В. Березовский Е.В. Картограммы почвенных свойств для целей точного земледелия // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – №4. – С. 18-22.
4. Афанасьев Р.А. Методика полевых опытов по дифференцированному применению удобрений в условиях точного земледелия // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – №1. – С. 38-44.
5. Кидин, В.В. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин. - М.: Колос, 2008. – 599 с.
6. Рябцова, С.А. Методические указания по проведению агрохимического обследования и анализа длительно затопляемых почв / С.А. Рябцова, В.Н. Чижиков, Т.Н. Бочко, Л.А. Швыдкая. – Краснодар, 2012. – 51 с.
7. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 661 с.
8. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении. Учебник / Науч. ред. Ю.Н. Благовещенский. Изд. стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2019. – 334 с.

УДК 58.051

ПОЧВЫ ВОДООХРАННЫХ ЛЕСОВ БАССЕЙНА РЕКИ БЕЛАЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Чурагулова З.С., Раянова А.Р.

ФГБОУ ВПО Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа

E-mail: *anzhelika.rayanova@mail.ru*

Резюме. *Представлены материалы исследования почв лесонасаждений водоохранной зоны в нижнем течении р. Белая в лесостепной зоне. Моделирование лесоландшафтов, с учетом лесорастительных свойств почв в приречных зонах можно улучшить породный состав, увеличить биоразнобразие древесными породами и кустарниками, характеризующим почвозащитными, водорегулирующими свойствами.*

Ключевые слова: *Постлитогенное, силитогенное почвообразование, водоохранные леса, лесной опад, мелкозем, гранулометрический состав.*

Summary. *The article presents the materials of research of soils of forest plantations of water protection zone in the lower part of the river. Belaya in the forest steppe zone. Modelling of forest landscapes, taking into account the plant properties of soils in riverine zones, it is possible to improve the species composition, increase the biodiversity of tree species and shrubs characterised by soil protection and water management properties.*

Key words*. Postlithiogenic, silitogenic soil formation, water protection forests, forest litter, shallow earth.*

В настоящее время в условиях резких изменений климатических усло-

вий, почвы и леса водоохранной зоны рек, какой является р. Белая со своими притоками, находятся под воздействия интенсивного антропогенно-техногенного натиска. Кроме того, они находятся также под воздействием, так называемых «кислотных дождей», формирующихся в воздушном пространстве и выпадающим на территории в виде снега зимой и дождя в весенне-летнее время. В результате ухудшаются состояние почв, водоохранная и почвозащитная роль лесонасаждений [7]. В таких условиях изучение почвенных условий произрастания водоохранных лесов является весьма актуальной.

Водоохранную роль леса, как справедливо отмечал М.Е. Ткаченко (1955), нельзя сводить только к его влиянию на гидрологический режим рек. Необходимо также учитывать, что они выполняют водозащитные функции, предохраняя воды от химического, бактериологического, физического засорения и т.д. В.А. Ковда (1973) указывал, что поймы и надпойменные террасы являются как бы «геохимическими ловушками», перехватывающими и накапливающими подвижные продукты выветривания и почвообразования. Чем больше река, тем дальше отстоит область аккумуляции аллювия от области образования почвенного мелкозема, В малых реках аллювий в большей степени соответствует почвенному покрову ближайших водоразделов и склонов [5].

Следует отметить, что особо защитные приречные леса вдоль верховьев реки Белой в горно-лесной зоне учеными Баш НИ ЛОС ВНИИЛМ изучены [5, 6], а данные в нижнем течении остаются малоизученными.

Объектами исследований являлись почвы бассейна р. Белая в пределах Бирского участкового лесничества ГКУ РБ «Управления лесничествами», расположенные в Лесостепной зоне. Его территория, покрытая скудной травянистой растительностью, характеризуется своеобразным рельефом, различающимся экспозициями, и крутизной склонов, на которых произрастают деревья различной производительности. Насаждения лесничества произрастают в районе смешанных широколиственно-хвойных лесов Бельско-Танынского междуречья Предуральской лесостепи. Лесистость территории составляет в среднем 23,9 % с колебаниями от 6 до 30 %. Коренными лесообразующими породами здесь являются сосна обыкновенная, ель сибирская, дуб черешчатый, липа мелколистная, береза повислая и другие. Морфологические, физико-химические исследования проводились с целью изучения почв водоохранных лесов бассейна реки Белая в лесостепной зоне Республики Башкортостан.

Для выполнения поставленной цели были выполнены работы с использованием методических указаний, принятых в почвоведении и лесоведении, наставлений, ГОСТов, а также современной классификации; данные обработаны вариационно-статистическими методами по общепринятым руководствам, [1, 2]. Анализы проведены в Почвенно-химической лаборатории ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса РБ». (Свидетельство № ЦСМ РБ. ОСИ. АЛ.03394, выданное 14 января 2021 г.).

В условиях континентального климата, сложного рельефа изучаемой территории, отличающегося сложностью и растительным разнообразием.

Сложился своеобразный почвенный покров. Проведенные исследования позволили выделить и описать серые темно-серые, коричневые типичные, дерново-карбонатные типичные почвы в комплексе с деформированными почвами, различного гранулометрического состава постлитогенного почвообразования [9]. Они сформировались на четвертичных делювиальных карбонатных суглинках, глинах, элювии известняков и мергелей.

Серые типичные текстурно-дифференцированные почвы супесчаные встречаются большими сплошными массивами в центральной части и отдельными участками по всей водоохранной зоне лесничества. Приурочены они к пологим, покатым склонам различных экспозиций, сформировались на элювиально-делювиальных карбонатных и бескарбонатных глинах и суглинках и частично на элювиях песчаников [3, 4].

Морфологическая характеристика серых типичных почв. Разрез. № 8 заложен в сосновых насаждениях I бонитета, возраста. высоты, диаметр.

Формула генетических горизонтов O- AY- AEL -BEL -BT- BRH- C

O 0-5 см: Лесная подстилка из полуразложившихся, слаборазложившихся хвои и веточек хвойных, а также опад лиственных пород;

AY 5-18 см: Гумусовый горизонт. Серый, свежий, рыхлый, структура слабо выражена, супесчаный, много корневых остатков, переход в следующий горизонт постепенный;

AEL 18-39 см: Отличается слабым осветлением окраски и увеличением кремнеземистой присыпки;

BEL 39-50 см: Переходный гумусово-эллювиальный горизонт. Светло-серый, свежий, супесчаный, слабоуплотненный, бесструктурный, много кремнеземистой присыпки, переход постепенный;

BT 50-95 см: Иллювиальный горизонт. Неоднородный, серо-бурый с белесоватостью, заметны гумусовые затеки и пятна, легкосуглинистый, встречаются тонкие корни;

BRH 95-148 см: Переходный к почвообразующей породе. Неоднородный, желто-бурый слабоуплотненный, среднесуглинистый, заметны, тонкие корни, переход постепенный;

C 148-165 см: Почвообразующая порода. Однородный, желто-бурой окраски, бескарбонатный средний суглинок с крупным песком.

Гранулометрический состав почв – супесчаные. Распределение фракций по профилю приведены в таблице 1. По лабораторным данным лесная подстилка O – мощностью 5 см, характеризуется как близкая к нейтральной реакции – (pH) 6,0 ед., содержит 71,6 % органического вещества при зольности 28,4% – (низкозольные). Из таблицы 2 видно, что реакция (pH среды) по всему профилю среднекислая (4,5-5,0), Почвы ненасыщенные основаниями. Содержание минеральных форм азота, подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое характеризуются различными величинами.

Дерново-карбонатные типичные тяжелосуглинистые почвы встречаются отдельными значительными массивами по всей территории. Приурочены они к водораздельным возвышенным увалам и по перегибам склонов. Сфор-

мировались данные почвы на элювии известняков. Разрез №5 заложен в березовых в низкобонитетных насаждениях. Профиль дерново-карбонатных почв характеризуется наличием следующих горизонтов: О- АУ- ВТ- $С_{к-}$ (Д). Лесная подстилка – О 3 см состоит из полуразложившихся листьев и веточек; перегнойно-аккумулятивный горизонт – АУ мощностью 17 см окрашен в темно-серый цвет, мелковато-зернистой структурой, тяжелосуглинистый [8].

Таблица 1 – Гранулометрический состав почв водоохранных лесов

Горизот, глубина, см	Содержание частиц %, при размере фракций, мм						
	песок		пыль			ил < 0,001	физическая глина всего < 0,01
	средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001		
Серые типичные текстурно-дифференцированные супесчаные Р. № 8							
АУ 5-18	31,6	44,7	5,6	1,6	5,3	11,2	18,1
АЕL18-28	30,9	45,7	7,8	3,4	1,8	10,4	15,6
ВЕL28-40	29,1	45,3	9,1	3,8	1,1	11,6	16,5
ВТ50-60	31,2	44,7	7,6	1,0	8,6	6,9	16,5
Дерново-карбонатные тяжелосуглинистые Р. № 5							
АУ 3-17	1,1	21,0	28,3	13,1	13,4	23,1	49,6
ВТ17-27	1,5	15,8	29,0	11,2	15,8	26,7	53,7
Аллювиальные среднесуглинистая Р. № 4							
АУ 2,5-20	10,5	43,6	11,8	4,5	3,7	25,9	34,1
В 120-40	9,1	49,7	9,6	4,2	6,9	20,5	31,6
В2 40-50	16,0	48,6	8,6	2,2	8,7	15,9	26,8

Таблица 2 – Физико-химические показатели почв водоохранных лесов

Глубина, см	pH KCl	Поглощенные основания			ГК	Степень нас. основ. %	Гумус, %	Подвижные формы		
		Ca^{+2}	Mg^{+2}	$Ca^{+2}+Mg^{+2}$				$N\text{-}NO^3$ $N\text{-}NH^4$	P_2O_5	K_2O
		мг-экв/100г почвы						мг/ кг почвы		
Серые типичные текстурно-дифференцированные супесчаные Р. №8										
АУ 5-18	4,8	5,5	1,3	6,8	3,1	68,5	1,5	11,7	41*	100*
АЕL 18-28	5,0	5,5	1,5	7,0	2,9	70,0	1,4	8,8	26*	63*
ВЕL 28-40	4,8	5,8	1,0	6,8	2,9	69,4	1,3	7,8	10*	54*
ВТ50-60	4,5	4,5	1,0	5,5	3,1	64,3	0,4	6,7	31*	74*
Дерново-карбонатные тяжелосуглинистые. Р. №5										
АУ 3-17	7,9	23,3	3,0	26,3	0,8	97,2	5,0	28,0	240**	250**
ВТ17-27	8,0	21,5	5,2	26,7	0,6	97,8	2,5	23,1	120**	205**
Аллювиальные (пойменные) дерновые среднесуглинистые Р.№4										
АУ2,5-20	8,2	12,3	2,0	14,3	0,58	96,1	1,2	25 ,5	134**	85**
В1 20-40	8,0	16,8	2,3	19,1	0,55	97,2	1,7	22,4	110**	75**
В2 0-50	8,1	18,3	2,8	21,1	0,54	97,5	0,5	20,6	81**	60**

Примечание: ГК – гидролитическая кислотность. * содержание $Р_2О_54$, $К_2О$ по Кирсанову; **. – по Чирикову.

Вскипание от действия 10 % HCl бурное с поверхности. Лесная подстилка О мощностью 3 см характеризуется нейтральной реакцией pH – 6,8 ед., содержит 46,8 % органического вещества при зольности 53,2 % – высокозольные. Реакция почвенного раствора как гумусового, так и переходного горизонтов характеризуется как щелочная, содержание кальция и магния высокое, степень насыщенности основаниями высокая (табл. 2). Содержание гумуса в гумусовом горизонте составляет 5 %, ниже – резкое снижение – 2,5%. Содержание подвижных форм элементов минерального питания растений: азота, фосфора, калия различное.

Аллювиальные (пойменные) дерновые среднесуглинистые почвы синлитогенного почвообразования в отличие от почв междуречий, развиваются под влиянием не только зональных факторов почвообразования, но и деятельности рек, которые часто заливается мутными водами со слабо сортированными отложениями. Разрез №4 заложен на выгоне. Растительный покров представлен злаково-разнотравной растительностью, проектное покрытие составляет 89 %. Профиль аллювиальных дерновых почв имеет следующее строение: О-АУ-С--С(Д). Дернина О 2,5 см состоит из листьев травянистой растительности; гумусовый горизонт АУ мощностью 20 см окрашен в серый цвет, мелковато-зернистой структурой, среднесуглинистый, слабоуплотненный, свежий, пронизан корнями; переходный горизонт С – 20-75 см, светлее предыдущего горизонта; почвообразующая порода $С_к$(Д), (материнская) – аллювий, слоистый, легкосуглинистый. Вскипание от действия 10 % HCl бурное с поверхности. Гумусовый горизонт АУ характеризуется низким содержанием гумуса – 1,2 %.

Таким образом, почвы приречных лесов верховьев р. Белой, характеризуются различными лесорастительными свойствами, что необходимо учитывать при планировании приемов ухода за лесом и выборе ассортимента древесных пород и кустарников для искусственного лесовыращивания, которые выполняют преимущественно водоохранно-защитные функции.

Библиографический список

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. – 436 с.
2. Бурангулова М.Н., Мукатанов А.Х., Курчеев П.А. Горные почвы Башкирии / /Почвы Башкирии. – Т.1. – Уфа, 1973. – С. 405-437.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с., 1970. – 400 с.
4. ГОСТ Р 58595-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Почвы. Отбор проб (утв. и введен в действие Приказом Госстандарта от 10.10. 2019 N 954-ст.)
5. Побединский А.В., Чурагулов Р.С Приречные леса Урала и ведение хозяйства в них // Лесное хозяйство. – 1975. – № 6. – С. 86-90
6. Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
7. Раянова, А.Р., Зубаиров Р.Р. Мустафин Р.Ф., Мухаматнуров Л.Р. Защитная береговая растительность при оценке устойчивости берегов малых рек от размыва// Возобновляемые лесные ресурсы, проблемы, перспективы, опыт. Материалы Национальной научно-практической конференции» Приоритетные направления научно-технического развития

АПК России». –2019. – С30-33.
8. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.-Л.: Гослесбумиздат. 1955. – 595 с.
9. Чурагулов Р.С., Чурагулова З.С. Водно-физические свойства серых горно-лесных почв речных долин Южного Урала в связи с гидрологической ролью горных лесов // Повышение плодородия почв в условиях интенсивной системы земледелия. Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 152-159.

УДК 631.461:631.445.4

ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В УСЛОВИЯХ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Чуян Н.А.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
E-mail: *natalia-chuyan@yandex.ru*

Резюме. *В статье показана эффективность действия совместного внесения биопрепаратов на основе Trichoderma viridеu, Pseudomonas aureofacieens и азотных удобрений с побочной продукцией на показатели микробиологической активности и биогенности чернозема типичного независимо от культуры и фаз развития озимой пшеницы и гречихи.*
Ключевые слова: *биопрепараты, азотные удобрения, побочная продукция, аммонифицирующие и амилолитические группы микроорганизмов, микромицеты, биогенность.*
Summary. *The article shows the effectiveness of the joint application of biopreparations based on Trichoderma viridei, Pseudomonas aureofacia-eens and nitrogen fertilizers with by-products on the indicators of micro-biological activity and bioavailability of typical chernozem regardless of the crop and development phases of winter wheat and buckwheat.*
Key words: *biopreparations, nitrogen fertilizers, by-products, ammonizing and amylolitic groups of microorganisms, micro-mycetes, bioavailability.*

В условиях современного развития сельского хозяйства активизация растительно-микробных систем возможна путем применения живых микроорганизмов. Микробиота незаменимая и неотъемлемая составляющая почвы, которая обладает способностью оказывать комплексное влияние на растения в агроценозах. Биологическая азотфиксация, фосфатмобилизация, ростстимуляция, гумусообразование осуществляются с ее непосредственным участием [1].

Живые организмы и их метаболиты могут стать источником важнейшей информации об актуальном состоянии почвы и происходящих в ней изменениях [2]. Негативные процессы, происходящие в микробном сообществе пахотных почв, являются индикатором нарушения функционального потенциала почвенной микрофлоры. Инокуляция семян биопрепаратами и обработка ими почвы и посевов изменила направленность микробиологических процессов и численность физиологических групп, как видно из результатов нашего эксперимента.

Установлено, по экспериментальным данным, что численность микроорганизмов, участвующих в разложении растительных остатков, в целом была выше при инокуляции соломы биопрепаратами по сравнению с необработанной соломой. Отмечено, что эффективность биопрепаратов увеличивается в

комбинации с компенсирующими дозами азота [3].

Цель исследований – изучить влияние агробиотехнологии с обработкой семян, почвы и побочной продукции микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofacieens* и совместного их внесения с азотными удобрениями на микробиологический состав чернозема типичного.

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ», заложенном 2018 году (Курская обл., Медвенский р-н, с. Панино), расположенном в стационарном полевом опыте с биопрепаратами на северном склоне в зерновом и зернопропашном севооборотах. Влияние обработки семян, почвы и измельченной побочной продукцией культур биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofacieens* и совместного их использования с азотными удобрениями из расчета 10 кг д.в. N на 1 т соломы на микробиологический состав чернозема типичного изучали на четырех вариантах научно-производственного опыта в трехкратной повторности. В 2021 году на опыте в зерновом севообороте «ячмень – гречиха – кормовые бобы – озимая пшеница» возделывали озимую пшеницу (*Triticum aestivum)* сорта «Леонида», в зернопропашном севообороте «подсолнечник – ячмень – соя – гречиха» размещалась гречиха *(Fagopyrum esculentum)* сорта «Деметра».

Схема опыта включала следующие варианты:

1. измельченная побочная продукция культур; **2.** измельченная побочная продукция культур+ азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 тонну соломы; **3.** измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofacieens*; **4.** измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofacieens* + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 тонну соломы. Во избежание конфликта интересов производителей марки препаратов и наименования производителей не указываются.

В опыте представлено совместное действие двух биологических препаратов: биопрепарат, содержащий споры и мицелий гриба *Trichoderma viride и* биологический препарат, содержащий ризосферные бактерии *Pseudomonas aureofacieens.*

Почва исследуемого поля представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым на карбонатном лессовидном суглинке.

Образцы почвы для учета численности микроорганизмов отбирали: для гречихи в фазу всходов и перед уборкой, для озимой пшеницы в фазу трубкования и перед уборкой культуры.

В составе микробоценоза мы учитывали численность сапрофитных микроорганизмов, использующих в качестве источника питания органические формы азота, произрастающих на мясо-пептонном агаре (МПА), численность микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, произрастающих на крахмало-аммиачном агаре, и численность микромицетов (микроскопических грибов) на среде Чапека [4].

По экспериментальным данным, характеризующим динамику основных

физиологических групп, участвующих в разложении растительных остатков, установлено, что численность аммонифицирующих и амилолитических микроорганизмов в целом была выше при инокуляции побочной продукции биопрепаратами по сравнению с таковой необработанной.

Увеличение численности аммонификаторов отмечается при внесении азотных удобрений с побочной продукцией и совместного их применения с биопрепаратами для улучшения корневого питания растений. Рост их численности по удобренным фонам составил в посевах озимой пшеницы в фазу трубкования 4,4 и 5,0 млн. КОЕ на 1 г почвы, а в посевах гречихи в фазу всходов – 4,1 и 4,8 млн. КОЕ на 1 г почвы по отношению к контролю.

Биопрепараты несколько уступали вышеназванным приемам, но учет количества бактерий аммонификаторов позволяет утверждать о положительном влиянии микробиологических препаратов на активность этой группы микроорганизмов в почве по сравнению с контролем, где наблюдалось увеличение их численности на 52 и 41 %, соответственно, по озимой пшенице и гречихе.

Отмечено увеличение численности аммонификаторов в фазу уборки озимой пшеницы с контрольного варианта к варианту комплексного внесения биопрепаратов и азотных удобрений. Наибольшие значения установлены при совместном использовании ассоциативных микроорганизмов с минеральным азотом, что превышало контрольный вариант опыта по озимой пшенице на 39 %. Биопрепараты несколько уступали вариантам с азотными удобрениями и с совместным их внесением с биопрепаратами, но на 33 % были выше контроля.

По отношению к контролю наблюдалось увеличение численности аммолитической микрофлоры на вариантах с азотными удобрениями и сочетания их с биопрепаратами на 39 и 42 % по озимой пшенице и по гречихе на 41 и 46 %, соответственно. Внесение биопрепаратов по отношению к вариантам с азотными удобрениями и внесением их с биопрепаратами способствовало снижению активности микроорганизмов, произрастающих на среде КАА, но по сравнению с контролем наблюдался рост численности амилолитических микроорганизмов на 30-35 % в посевах озимой пшеницы и гречихи.

Численность амилолитических микроорганизмов в фазу уборки на удобренных вариантах была выше контроля. Значительное их количество было зафиксировано при применении биопрепаратов с азотными удобрениями как по озимой пшенице на 26 %, так и по гречихе на 50 % по сравнению с контролем.

На удобренных участках наблюдалось повышение активности почвенных микромицетов по отношению к контролю. По содержанию микромицетов в почве на опытном поле в посевах озимой пшеницы наблюдалась увеличение их численности от контрольного варианта – 44,6 тыс. КОЕ/ 1 г почвы к варианту совместного использования азотных удобрений и биопрепаратов – 62,7 тыс. КОЕ/ 1 г почвы.

В посевах гречихи удобренные варианты также характеризовались высоким содержанием грибов в почве, но варианты с внесением биопрепаратов

несколько уступали азотным удобрениям и варианту с комплексным внесением их с биопрепаратами на 9 и 12 %, соответственно. Но по отношению к контролю на всех удобренных вариантах наблюдался рост численности микромицетов. Высокой концентрации грибов в почве благоприятствовали гидротермические условия: сумма осадков за месяц май составила – 91 мм и температура была на 5 °С выше нормы.

Следует отметить, что несмотря на высокую толерантность почвенных грибов к факторам среды к периоду уборки культур, в целом, по опыту наблюдалось снижение количества микромицетов, в отличие от начального периода вегетации, что на наш взгляд объясняется засушливыми условиями периода перед уборкой озимой пшеницы и гречихи.

Наиболее существенный рост количества микромицетов отмечен при внесении биопрепаратов, где количество превышало таковое на контроле по озимой пшенице и гречихе на 39 и 44 %, соответственно. Азотные удобрения и совместное их внесение с биопрепаратами несколько уступали действию биопрепаратов, но превышали контроль на 28 и 31 % по озимой пшенице и на 37 и 18 % по гречихе, соответственно.

Фазы уборки как озимой пшеницы, так и гречихи характеризовались неблагоприятными погодными условиями (ГТК июля и августа составлял 0,89 и 0,58, соответственно), что отразилось на снижении микробиологической активности чернозема типичного.

В наших исследованиях выявлена тенденция к увеличению суммы численности аммолитической (КАА) и протеолитической (МПА) микрофлоры от варианта с необработанной побочной продукцией к вариантам с использованием азотных удобрений и биопрепаратов по двум срокам отбора образцов: фазы трубкования и уборки озимой пшеницы и фазы всходов и уборки гречихи.

Максимальные значения биогенности почвы отмечены при совместном внесении биопрепаратов и азотных удобрений независимо от культур и фаз развития озимой пшеницы и гречихи, но активность микроорганизмов биопрепаратов несколько снижалась на МПА и КАА (рисунки 1, 2).

Таким образом, инокуляция семян, обработка почвы и послеуборочных остатков биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofacieens* совместно с азотными удобрениями обеспечивали увеличение численности аммонифицирующих микроорганизмов в посевах озимой пшеницы и гречихи, что превышало контроль на 39 и 28,5 % в фазы трубкования и уборки культуры по озимой пшенице, соответственно и по гречихе на 35,1 и 27,7 % соответственно в фазы всходов и уборки культуры.

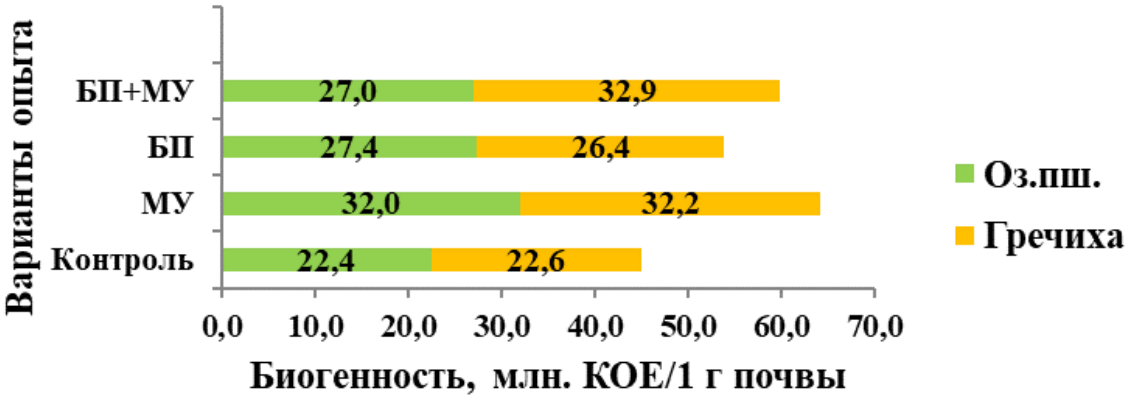


Рисунок 1 – Биогенность (МПА +КАА) почвы, млн. КОЕ на 1 г почвы в посевах озимой пшеницы в фазу трубкования и по гречихе в фазу всходов

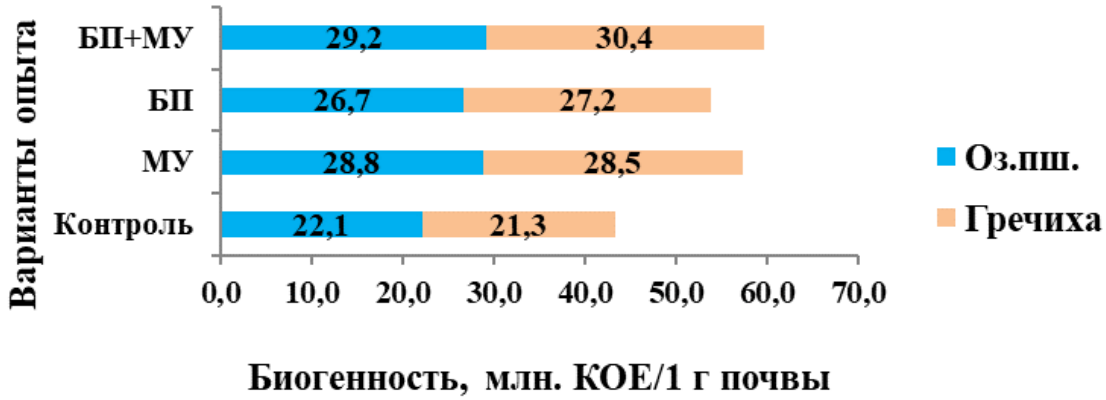


Рисунок 2 – Биогенность (МПА +КАА) почвы, млн. КОЕ на 1 г. почвы в посевах озимой пшеницы и гречихи в фазу уборки

Наблюдалось снижение численности аммолитической микрофлоры к периоду уборки, как по озимой пшенице, так и по гречихе на 27 и 22 %, соответственно.

Наибольшее увеличение численности микроскопических грибов при применении биопрепаратов с азотными удобрениями происходило в фазу трубкования озимой пшеницы на 54 % и на 74 % в фазу всходов гречихи по отношению к тем же вариантам в фазу уборки.

Библиографический список

1. Tshovrebov V.S., Faizova V.I., Kalugin D.V., et al. Changes in the content of organic matter in black soils of central Ciscaucasia caused by their agricultural use // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016. – Vol. 13. – № 1. – P. 231-236.
2. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Якушев А.В., Юрченко Е.Н., Манучарова Н.А., Чернов Ю.И. Бактериальные комплексы верхового торфяника в условиях различного микрорельефа // Почвоведение. – 2017. – №4. – С. 483-489.
3. Abro S., Tian X., You D. Ba Y., Li M., Wu F. Influence inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes // African Journal of Microbiology Research. – 2011. – V.4(19). – P. 3054-3061.
4. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.

УДК 631.41:631.482:911.63

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ПОЧВЕННО - ЛАНДШАФТНЫХ СВЯЗЕЙ

Чуян О.Г., Золотухин А.Н.
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
Россия, г.Курск
E-mail: *agrochemgis@mail.ru*

Резюме. *Представлены формы и параметры взаимосвязи почв с климатическими факторами и морфометрическими параметрами рельефа, определяющими основную дифференциацию их свойств на территории ЦЧР. Установлен вклад природных факторов почвообразования в формирование почв ЦЧР и их свойств как на региональном, так и на локальном уровне.*
Ключевые слова: *почвенный покров, климатические факторы, морфометрические параметры рельефа, агрохимические свойства.*
Summary. *The forms and parameters of interrelation of soils with climatic factors and morphometric parameters of relief determining the basic differentiation of their properties on the territory of the Central Chernozem region are presented. The contribution of natural factors of soil formation in the formation of soils of the Central Chernozem region and their properties both at the regional and at the local level is established.*
Key words: *soil cover, climatic factors, morphometric parameters of relief, agrochemical properties.*

Необходимым условием рационального использования почвенных ресурсов, а также управления плодородием почв является выявление закономерностей характера влияния природно – обусловленных процессов на их свойства. Несмотря на значительную распаханность территорий и длительное функционирование почв в сельскохозяйственном производстве почвенный покров в целом сохраняет основные черты генетически обусловленного почвообразовательного процесса. Наиболее существенное влияние на характер распределения почвенного покрова и его свойства оказывают климатические условия. Для небольших территорий рельеф становится одним из ведущих факторов неоднородности почв, что характерно в условиях Центрального Черноземья. Анализ рельефа осуществляется методами геоморфометрии [1]. Выявление закономерностей организации почвенного покрова и его свойств может служить основой цифрового картографирования для повышения степени детализации пространственной информации [2].

Исследования выполняли с использованием системного анализа комплекса агроклиматических, почвенных параметров и рельефа. Свойства почв в связи с длительным влиянием различного климатического фона оценивали по средневзвешенным характеристикам пахотных почв для территорий районов областей Центрального Черноземья – Курской (n=28), Белгородской (n=18), Воронежской (n=32), Липецкой (n=18) и Тамбовской (n=23) по данным почвенно-агрохимического обследования выполненного агрохимслужбой по различным турам [3]. Гидротермические условия территорий областей ЦЧР учитывались по количеству осадков, температуре воздуха и сумме активных температур [4]. Почвенные данные включали гранулометрический со-

став почв, содержание гумуса, кислотность почв.

Уровень масштаба хозяйства представлен научно-производственным подразделением № 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (п. Панино, Медвенский р-н, Курская область) (N 51.52331857 E 36.08347964). Математическое моделирование и статистическая обработка проведены с использованием программного обеспечения Microsoft Office (MS Excel), STATGRAPHICS, STATISTICA 6.1.

Климат в Центральном Черноземье умеренно-континентальный с нарастанием континентальности с северо-запада на юго-восток. По сумме активных температур (⩾ 10 °С) области ЦЧР можно расположить в следующий ряд по возрастанию: Тамбовская < Липецкая < Курская < Белгородская < Воронежская. По степени абсолютного и относительного увлажнения выделяется Курская и Белгородская области.

Повышение увлажнения территорий в сочетании с облегчением гранулометрического состава почвообразующих пород в северо-западных областях ЦЧР обусловило формирование преимущественно кислых серых лесных почв и черноземов оподзоленных, а снижение увлажнения территорий в юго-восточном направлении при утяжелении гранулометрического состава способствовало снижению кислотности почв и формированию черноземов типичных, обыкновенных и южных. По уровню плодородия почв области ЦЧР располагаются в следующем порядке: Белгородская > Воронежская >Курская >Липецкая > Тамбовская (табл. 1).

Таблица 1 – Базовые параметры плодородия по областям ЦЧР

Параметр	Белгородская область		Воронежская область		Курская область		Липецкая область		Тамбовская область	
	pH_{KCl}	Гумус, %	pH_{KCl}	Гумус, %	pH_{KCl}	Гумус, %	pH_{KCl}	Гумус, %	pH_{KCl}	Гумус, %
mean	5,7	5,0	6,1	5,6	5,5	4,5	5,3	5,6	5,3	6,5
min	5,2	3,8	5,6	4,1	5,0	2,8	5,1	4,4	5,0	5,9
max	6,6	5,8	6,6	7,3	6,4	6,2	5,9	6,6	5,8	7,5

Статистический анализ средневзвешенных по районам областей параметров показал, что вклад в варьирование по территориям значений кислотности почв на 37 % обусловлен годовыми осадками и на 44 % – испаряемостью. Превышение годовых осадков (440-640 мм) над испарением (407-500 мм) составляет 40-150 мм. Зависимость кислотности (pH_{KCL}) почв от величины разницы годовых осадков и испарения (P-E) имеет логарифмическую форму по общей выборке районов ЦЧР (n =119) и описывается уравнением (рис. 1 а):

$$pH_{KCL} \cdot = 9{,}187 - 0{,}802 \cdot \ln (P-E),\ R = 0{,}627,\ F=80{,}8,\ p < 10^{-4}$$

где P – годовые осадки, мм; E – испарение, мм.

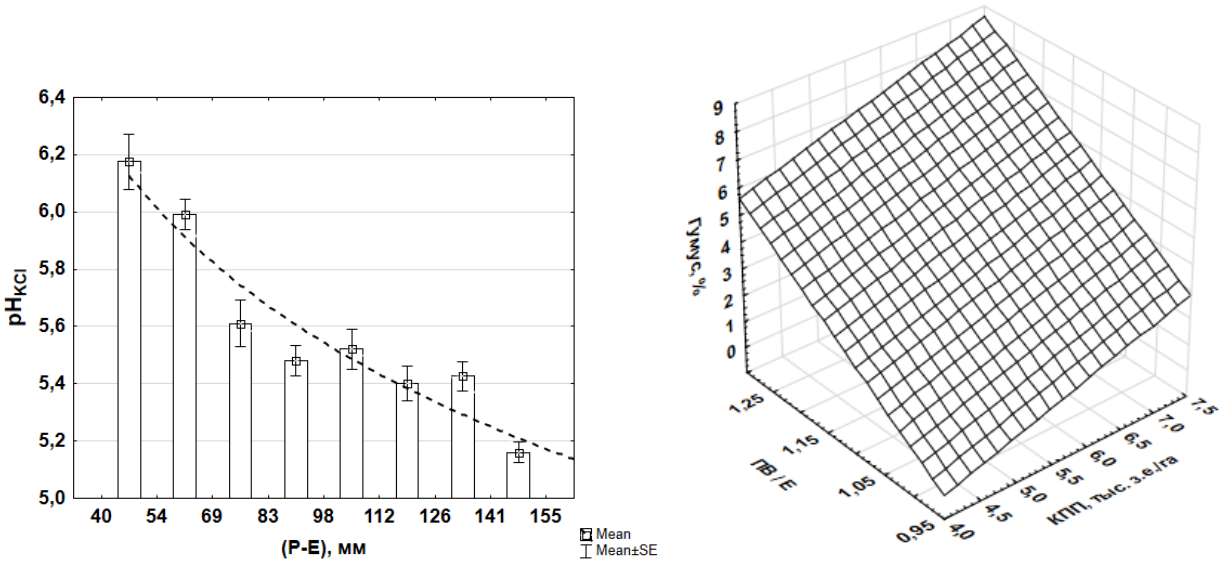
Содержание и запасы гумуса в почвах также определяются экологиче-

скими условиями местоположений и гидротермическим режимом. Другим основным фактором является возможность поступления свежего органического вещества, которую оценивали через климатический потенциал продуктивности пашни [5].

Содержание органического вещества в почвах прямо и косвенно зависит от климатических условий и свойств материнской породы. При этом чисто абиотические факторы обеспечивают 62 % варьирования содержания гумуса, а комплекс параметров, характеризующих продукционный потенциал территорий (КПП) – 24 % (рис. 1 б):

$$\text{Гумус, \%} = -19{,}02 + 16{,}36*\text{ПВ/Е} + 0{,}842*\text{КПП},\ R = 0{,}881,\ F = 215{,}2,\ p < 10^{-4}$$

где ПВ – полная влагоемкость почв, мм; Е – испарение, мм; КПП – климатический потенциал продуктивности пашни, тыс. зерн. ед./га.



а) б)

Рисунок 1 – Зависимость кислотности почв (а) и содержания гумуса (б) от климатических факторов на территории ЦЧР

На территории Курской области подтипы серых лесных почв в целом составляют 25 %, а черноземы – 72 % пашни. В пределах каждого из 28 районов распространение черноземов и серых лесных по доле занимаемой площади (%) тесно взаимосвязано с режимом увлажнения почв. Это, в первую очередь, связано с климатическими условиями и свойствами материнской породы, ее гранулометрическим составом (рис. 2). В соответствии с этим наиболее низкие значения содержания гумуса пахотных почв имеют Дмитриевский, Хомутовский, Конышевский, Рыльский, Курчатовский, Льговский, Железногорский, Кореневский, Октябрьский, Глушковский, Суджанский районы (2,8-3,9 %). В Черемисиновском, Касторенском, Советском районе содержание гумуса достигает 6,1-6,2 %.

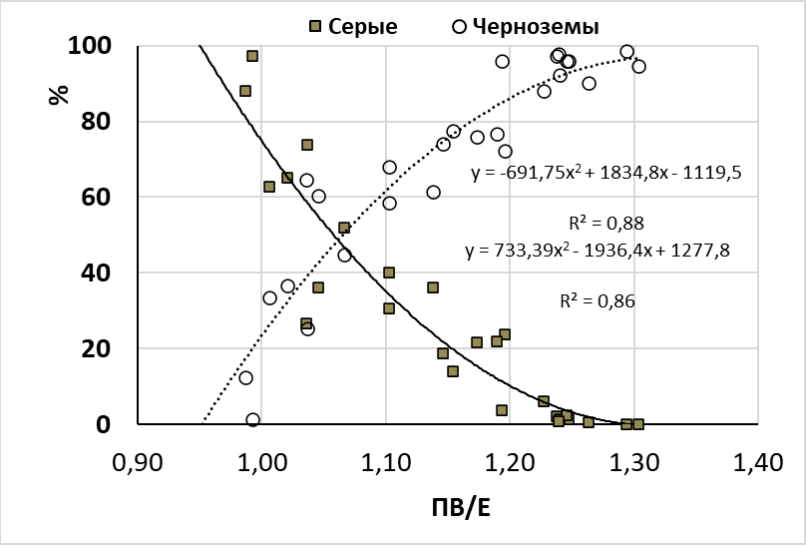


Рисунок 2 – Доли площадей (%) пашни, занимаемых чернозёмами и серыми лесными почвами в зависимости от климатических условий, отношения полной влагоемкости (ПВ, мм) к к величине испарения (Е, мм)

На уровне масштаба хозяйства (НПП № 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ», с. Панино, Медвенский р-н, Курская область) выявлено, что при типично эрозионном рельефе наиболее дифференцированными параметрами выступают морфометрические. Варьирование уклонов – 44%, а экспозиции (азимут) – 62 % (табл. 2). При этом рельеф выступает основным фактором дифференциации генетически обусловленных параметров плодородия пахотных почв. Максимальные различия относительной теплообеспеченности (0,941…1,065) наблюдаются по оси СВ – ЮЗ (рис. 3.)

Таблица 2 – Параметры рельефа, гидротермические условия и ресурсы плодородия пахотных земель научно-производственного подразделения № 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

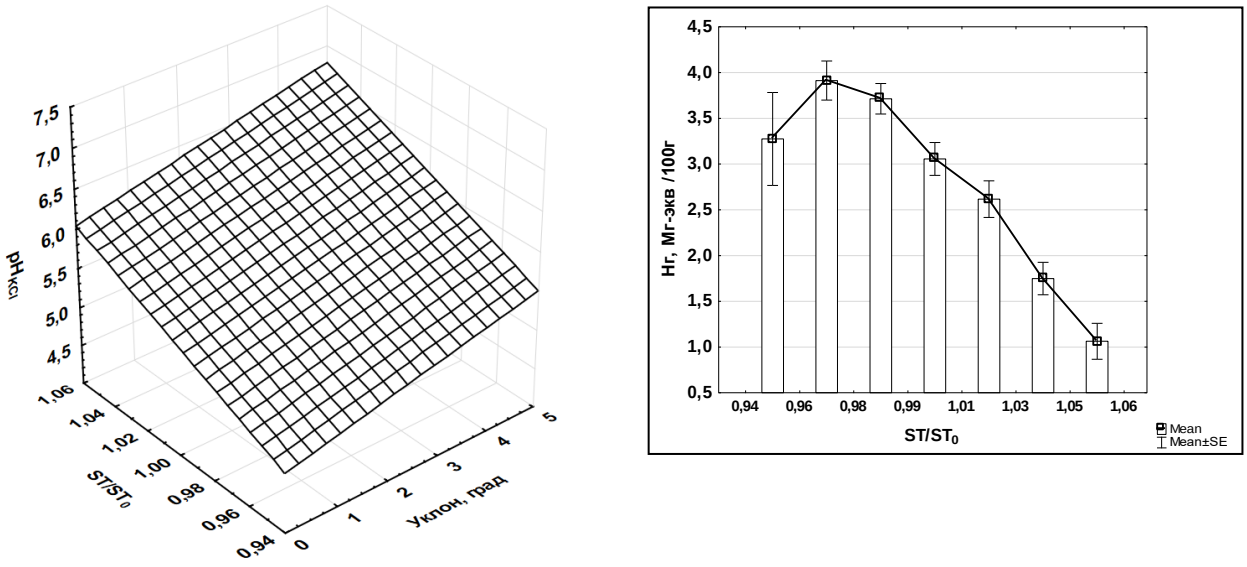
Показатель	X± sd	Lim	V, %
Уклон, град	1,99±0,87	0,01…5,48	43,8
Азимут, град	177±110	0…360	62,1
ST/ST_0*	0,999±0,03	0,941…1,065	2,6
КПП, тыс. з.е./га	5,63±0,40	4,30…6,25	7,1
Гумус, %	5,66±0,36	4,31…6,61	6,4
pH_{KCL}	6,18±0,58	5,1…7,3	9,4

ST/ST_0* – относительная теплообеспеченность склонов

Основные массивы кислых почв приурочены к склонам северных направлений ($ST/ST_0 < 1$). При этом повышение крутизны склонов снижает кислотность почв:

$Hг = 28,31 – 24,48* ST/ST_0_2 – 0,37*\alpha$, $R = 0,461$, $F=35,6$, $p < 10^{-4}$

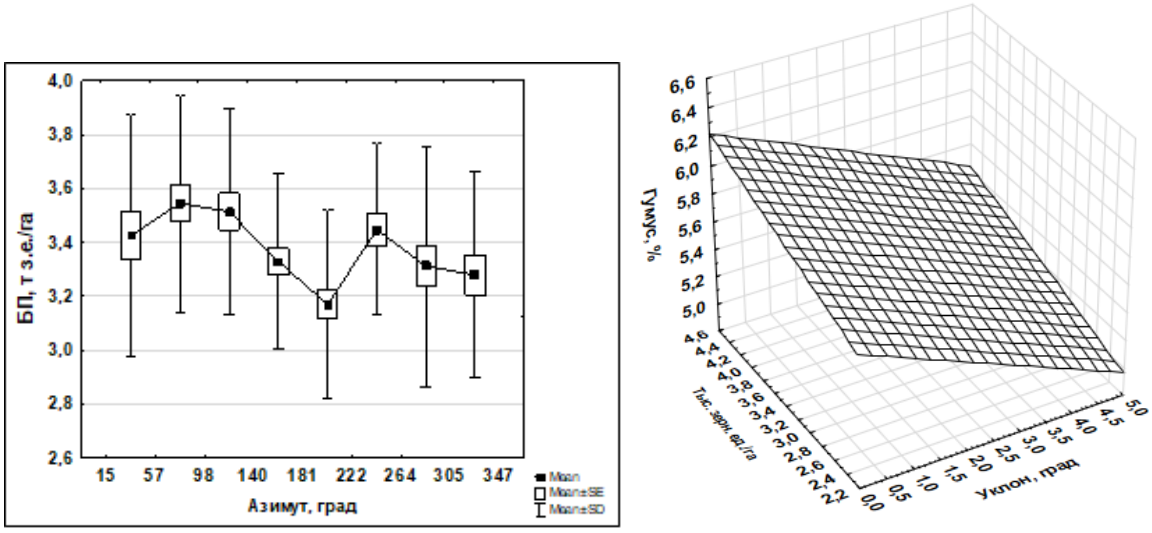
где Нг – гидролитическая кислотность, Мэкв/100 г; α – уклон, град.



а) б)

Рисунок 3 – Изменения кислотности почв в зависимости от теплообеспеченности и крутизны склонов: pH_{KCL} (а), гидролитическая кислотность (б).

Содержание органического вещества пахотного слоя (0-20 см), также как и на региональном уровне, повышается с ростом продуктивности пашни, которая для этих широт зависит от влагообеспеченности. Независимо от направлений склонов повышение их крутизны сопровождается сокращением содержания гумуса в почве (рис. 4):



а) б)

Рисунок 4 – Зависимость базовой продуктивности пашни (тыс. з.е./га) от направления склонов (а) и содержание гумуса в зависимости от крутизны склонов и базовой продуктивности (б)

$$Гумус, \% = 5{,}263 - 0{,}151 \cdot \alpha + 0{,}210 \cdot БП;\ F = 14{,}71;\ R = 0{,}423;\ P < 10^{-4},$$

где α – крутизна склона, град; БП – базовая продуктивность пашни, тыс. з.е./га.

Таким образом, зависимости, характеризующие почвенно-ландшафтные связи проявляются как на региональном, так и локальном уровне отдельных

хозяйств. Формирование кислотности почв на 37 % обусловлено годовыми осадками и на 44 % – испаряемостью. Содержание органического вещества в почвах на 62 % зависит от климата и свойств материнской породы, а также на 24 % от продукционного потенциала территорий.

Библиографический список

1. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. – Acad. Press, 2016. – 506 p.
2. Сорокина Н.П., Козлов Д.Н. Опыт цифрового картографирования структуры почвенного покрова// Почвоведение. – 2009. – № 2. – С. 198-210.
3. Чекмарев П.А., Лукин С.М. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур в центрально-черноземных областях России // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – №4. – С 41-44.
4. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: (=31 Белгородская область; =36 - Воронежская область; =46 - Курская область; =48 - Липецкая область; =68 - Тамбовская область), Россия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id= ru&region=31 (дата обращения: 02.02.2023).
5. Чуян О.Г., Караулова Л.Н., Митрохина О.А., Золотухин А.Н. Реализация природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах ЦЧР // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №4. – С. 3-8. – DOI: 10.31857/S2500262721040013

УДК 502.504.631

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Щербина А.С.
Курский государственный университет, Курск
E-mail*: nastyast414@yandex.ru*

Резюме. *В статье описаны основные экологические проблемы почвенных ресурсов Курской области. Сделан анализ изменения состояния почв в современных условиях. Выявлены основные причины деградации почв.*
Ключевые слова: *почва, экологические проблемы, деградация, эрозия, здоровье.*
Summary. *The article describes the main ecological problems of the soil resources of the Kursk region. The analysis of changes in the state of soils in modern conditions is made. The main causes of soil degradation have been identified.*
Key words: *soil, ecological problems, degradation, erosion, health.*

Почвы, в результате длительного использования в пашне, претерпевают негативные изменения [1]. Особенно это ярко проявляется в районах интенсивного сельскохозяйственного использования почвенных ресурсов. В современных экономических условиях для многих сельхозпроизводителей получение прибыли становится главной задачей, а экологические нормы уходят на второй план. Стало наиболее ярко проявляться уменьшение плодородия почвы [2], усиление эрозионных процессов [3], сокращение содержания питательных элементов и ухудшение общего здоровья почв.

В результате эрозионных процессов наряду с потерей собственно почвы отчуждается большое количество органического вещества и биогенных элементов [4], уменьшается содержание гумуса [5]. В целом в Курской области

эродированные почвы занимают четвертую часть пашни и почти три пятых сенокосов и пастбищ. В настоящие время ряд ученых отмечает снижение эрозионных процессов в связи с изменением климатических условий в нашей зоне. Наблюдается не только уменьшение снежного покрова в осенне-зимний период, но более равномерное выпадение осадков и в теплый период года. Основными способами борьбы с эрозионными процессами считаются: использование полезащитных лесополос [6] и возделывание в севооборотах почвозащитных культур [7].

В результате эрозии происходит не только смыв верхнего плодородного слоя, но и загрязнение окружающей среды, так как с полей может теряться до трети вносимых удобрений и ядохимикатов. Отчуждаемые с пашни удобрения и ядохимикаты вызывают усиленное загрязнение окружающей среды, особенно водных объектов. В среднем со стоком талых вод отчуждается до 42 % от общего количества азота, 22% фосфора и 85% калия [8]. Ухудшается здоровье почв [9], уменьшается видовое разнообразие почвенной биоты [10], что уменьшает общую биологическую активность почвы [11]. Как следствие это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур не только в местах проявлении эрозии, но и на ниже расположенных землях.

В Курской области из оврагов вынесено более 400 млн $м^3$ грунта. Этот материал, как правило, равномерно распределяется в прудах, реках. Это означает, что на эту величину в среднем уменьшилась глубина водоемов, что согласуется с темпами отмирания малых рек [8].

Экология почв Курской области страдает от загрязнения отходами горнодобывающего предприятия. Ежегодно КМА образует около 80000000 тонн промышленных отходов, которые необходимо захоранивать или утилизировать. Открытый способ добычи железных руд привел к сокращению посевных площадей на несколько десятков тысяч гектаров [8]. Кроме того, промышленные предприятия КМА загрязняют водные объекты Черноземья, сливая в них неочищенные сточные воды [12]. Почвы Курской области нуждаются в охране и востановлении. Без соблюдения экологических норм пользования почвенными ресурсами невозможно будет остановить деградационные процессы.

Библиографический чписок

1. Чеснова М. Е. Методы оценки экологической устойчивости агроландшафтов // Сборник тезисов 58-й международной научной студенческой конференции «Студенческий научный форум». Великие Луки, 2022. – С. 15-17.
2. Когут Б.М. Органическое вещество черноземов // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2017. – № 90. – С. 39-55. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55.
3. Подлесных И.В. Роль агролесомелиоративного комплекса в поддержании плодородия почвы / Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия. Материалы международной научно-практической конференции. Петропавловск, Издательство: Некоммерческое акционерное общество "Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева". – 2022. – С. 217-220.
4. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. – 2019. №4. – С.24-28. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10053

5. Брескина Г.М. Динамика гумуса в чернозёме типичном в зависимости от экологических факторов / Ресурсосберегающие технологии земледелия. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и Международной школы молодых ученых и специалистов «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства». Издательство: Всероссийского научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, 2005. – С. 46-50
6. Кулик К.Н. Защитное лесоразведение и агролесомелиорация в России: начало нового этапа // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – С. 6-10. EDN: YOVVLF
7. Ревякин Е.Л., Табашников А.Т., Самойленко Е.М., Драгайцев В.И. «Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность»: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 156 с.
8. интернет ресурс: https://helpiks.org/7-79519.html
9. Брескина Г.М., Масютенко Н.П., Чуян Н.А. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (58). – С. 25-31.
10. Игольникова Л.В. Биотехнологии выращивания полевых культур // Научно-агрономический журнал. – 2019. – №1(104). – С. 31-37.
11. Брескина Г.М., Глазунов Г.П. Пространственное варьирование биологических свойств почвы в пределах агроландшафта / Научные основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства в современных условиях. Труды научно-практической конференции с международным участием. Издательство: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение. Калуга. «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 2014. – С. 71-74.
12. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды на территории Курской области в 2021 году. Курск, 2022. – 234 с.

УДК 633.13:631.412.452.861

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЗИРОВАННОГО ПОМЕТА КУР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЛЕНЧАТЫХ И ГОЛОЗЕРНЫХ СОРТОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Щукин Н.Н., Окорков В.В.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *n9159803437@yandex.ru*

Резюме. *Удобрение малоплодородной дерново-подзолистой почвы биологизированным куриным пометом (БКП) в дозе 120 т/га способствовало улучшению окультуренности почвы от слабой до повышенной. При избыточных запасах в почве N-NO_3 (251 кг/га в слое 0-40 см) во влажный 2019 г. и низких запасах N-NO_3 (83 кг/га) в засушливый 2021 г, по урожаю выделялся пленчатый сорт Яков (5,91 и 1,96 т/га). Во влажный 2020 г при относительно средних запасах N-NO_3 (139 кг/га) большей урожайностью отличался сорт ЗАЛП. Среди голозерных сортов наиболее продуктивный – Азиль: 4,58 т/га – в 2019 г, 3,27 – в 2020 г и 1,90 т/га – в 2021 г. Высокой белковостью зерна (19,4-19,5%) характеризовался овес голозерный, ниже средней (16,1-16,4%) – овес пленчатый.*

Ключевые слова*: дерново-подзолистая почва, куриный помет, овес, нитратный азот, продуктивность.*

THE EFFECT OF THE ACTION AND AFTEREFFECT OF BIOLOGIZED CHICKEN DROPPINGS ON THE PRODUCTIVITY OF FILMY AND NAKED VARIETIES OF OATS IN THE CONDITIONS OF THE UPPER VOLGA REGION

Shchukin N.N., Okorkov V.V.
FGBNU «Verkhnevolzhsky FANZ», Suzdal
E-mail: *n9159803437@yandex.ru*

Summary. *Fertilization of infertile sod-podzolic soil with biologized chicken droppings (BCD) at a dose of 120 t/ha contributed to the improvement of soil cultivation from weak to elevated. With excess reserves of N-NO_3 in the soil (251 kg/ha in a layer of 0-40 cm) in wet 2019 and low reserves of N-NO_3 (83 kg/ha) in arid 2021, a film variety of Yaks (5.91 and 1.96 t/ha) was distinguished by yield. In the wet 2020, with relatively average reserves of N-NO_3 (139 kg/ha), the ZALP variety was more productive. Among the naked varieties, Azil is the most productive: 4.58 t/ha – in 2019, 3.27 – in 2020 and 1.90 t/ha – in 2021. High protein content of grain (19.4-19.5%) was characterized by naked oats, below average (16.1-16.4%) – filmy oats.*
Key words: *sod-podzolic soil, chicken manure, oats, nitrate nitrogen, productivity.*

Овес – традиционная для России кормовая и продовольственная зерновая культура. В сравнении с другими зерновыми культурами белок овса более сбалансирован по аминокислотному составу и отличается повышенным содержанием многих ценных аминокислот – лизина, валина, цистина, лейцина и других [1]. В зерне овса содержится в 2-3 раза больше жиров (3-11 %), чем в прочих зерновых [2].

Высокая пленчатость – основной недостаток пленчатого овса, варьирует в зависимости от сортовых особенностей и условий его произрастания, повышается в засушливые годы, что связано со снижением крупности зерновок [3]. Увеличению пленчатости зерна способствуют и заболевания растений овса, вызывающие снижение массы зерновок [4].

В голозерном овсе также встречаются пленчатые (невышелушенные) зерна, доля которых значительно ниже, чем в пленчатом и колеблется от 0,4 до 13 %. Поэтому зерно голозерного овса содержит значительно меньше клетчатки (3,97 %) относительно пленчатого (10,43%). Белок голозерного овса по сравнению с пленчатым лучше сбалансирован по аминокислотному составу в связи с меньшей долей присутствия спирторастворимых белков – проламинов [5].

Голозерный овес более требователен к плодородию почвы и предшественникам в севообороте, чем пленчатый. В условиях засухи и слабой окультуренности почвы голозерный овес страдает череззерницей, что приводит к снижению его урожайности.

Ввиду биологических особенностей голозерные сорта овса уступают пленчатым по урожайности, но превосходят их по питательной и энергетической ценности зерна – содержанием белка, жира и крахмала [6, 7].

Исследования проводились в 2019-2021 гг. в Ярославской области на малоплодородной дерново-подзолистой почве легкосуглинистого гранулометрического состава пахотного горизонта с характерными для слабоокульту-

ренной почвы агрохимическими и агрофизическими свойствами.

Биологизацию куриного помета (БКП, помет) клеточного содержания осуществляли включением в ежедневный рацион кормления кур пробиотиков.

В 2019 г. свежий БКП в дозе 120 т/га вносили разбрасывателем под весновспашку (на 19-22 см). Предпосевная подготовка почвы включала: 1-2 дискования, 2-е культивации (на 10-12 и 5-7 см) с боронованием и прикатывание посевов. При проведении опытов минеральные удобрения не применялись.

Норма высева всхожих семян овса на 1 га – 5,0 млн. Повторность 3-кратная, размер делянок – 120 $м^2$, размещение – систематическое.

В опыте использовались сорта овса пленчатого – Яков, Опольный и ЗАЛП (с 2020 г.), голозерного – Немчиновский 61 и Азиль. Для дополнительного межкультурного сравнения в опыт включена яровая пшеница сорта Злата, выращиваемая на фоне без удобрения и внесения БКП.

В 2019 г. изучали действие, в 2020 – 1-й год последействия и в 2021 г – 2-й год последействие внесения 120 т/га БКП в почву, которая использовалась для закладки опыта.

Вегетация растений по годам исследований характеризовалась контрастными погодными условиями: 2019 и 2020 – избыточным выпадением осадков и увлажнением почвы (ГТК 2,01 и 2,26), а 2021 – засушливыми периодами в критические фазы развития овса (ГТК 1,11).

Сорта овса, изучаемые в опыте, селекции ФИЦ «Немчиновка» и совместной – с ФАНЦ «Верхневолжский» (Опольный и Немчиновский 61).

При проведении мероприятий по обработке почвы, подготовке семян к севу и ухода за растениями руководствовались технологиями возделывания зерновых культур, разработанными ФАНЦ «Верхневолжский» и ФИЦ «Немчиновка» для агроценозов на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья.

Учеты, наблюдения, статистическая обработка данных проводились по соответствующим методикам и программам: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1971; «Методика полевого опыта», Доспехов Б.А., 1985; STAT VIUA и EXCEL.

Удобрение почвы БКП способствовало улучшению реакции среды, увеличению содержания подвижного фосфора и обменного калия. Однако более востребованными, динамичными, определяющими продуктивность и другие характеристики развития растений являлись источники азота в почве – нитратный и аммонийный азот в жидкой фазе. Из этих форм азота – нитратный, в удобренной почве, в период от кущения до восковой спелости зерна составлял основную его часть: 72-94% – по действию БКП, 97-99 и 95-98% – в 1-й и 2-й годы его последействия. Поэтому его роль в обеспечении растений азотом в данных условиях являлась определяющей.

Наблюдения, проведенные в период кущения овса в слое 0-40 см удобренной почвы, показали, что по действию БКП запасы нитратного азота увеличились в 2,7 раза (с 94 до 251 кг/га) при некотором улучшении реакции среды (от средне- до слабокислой), а в 1-й и 2-й годы последействия помета его запасы снижались – до 139 и 83 кг/га на фоне соответствующей кислотности –

близкой к нейтральной и нейтральной (табл. 1).

Действие помета во влажный 2019 год (ГТК 2,01), связанное с избыточным содержанием нитратного азота в почве, отрицательно отразилось на развитии овса, наблюдались – почти полное полегание основных продуктивных побегов, подгон и удлинение вегетации, которая варьировала у разных сортов в пределах 109-111 дней. В 1-й и 2-й годы (ГТК 2,26 и 1,11) последействия помета срок вегетации и развитие растений соответствовали сортовым характеристикам овса и составили 90-95 и 86-88 дней, а 1-м созревал сорт ЗАЛП.

Таблица 1 – Влияние запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см в фазу кущения овса на урожай и вегетацию зерновых культур в годы действия (2019) и последействия (2020 и 2021) БКП

Годы действия и последействия БКП		pH_{KCl}	Запасы $N\text{-}NO_3$, кг/га	Культура	Срок вегетации, дней	Сбор с 1 га, т/га
2019	без удобрений	4,53-4,96	94	пшеница	82	1,75
	действие БКП	4,24-5,41	251	пшеница	106	9,46
				овес пленчатый	109-111	5,74-5,91
				овес голозерный		4,39-4,58
2020	без удобрений	4,51-5,64	18	пшеница	78	1,45
	1-й год п/д БКП	5,66-6,08	139	пшеница	82	4,37
				овес пленчатый	90-95	5,01-5,49
				овес голозерный		3,05-3,27
2021	без удобрений	4,12-4,44	11	пшеница	73	0,81
	2-й год п/д БКП	6,06-6,24	83	пшеница	76	2,27
				овес пленчатый	86-88	1,75-1,96
				овес голозерный		1,79-1,90

В связи с уменьшением запасов нитратного азота в почве снижалась и урожайность овса по годам. Менее заметное снижение урожайности от года действия помета на 1-й год его последействия наблюдалось у сортов пленчатого овса (от 5,74-5,91 до 5,01-5,49 т/га), а значительное – сортов овса голозерного (от 4,39-4,58 до 3,05-3,27 т/га). Разница в их урожайности составила 20-26% – по действию помета и 35-44% – в 1-й год его последействия при более высокой урожайности сортов пленчатого овса. Такие различия в реакции культур овса на снижение содержания нитратного азота в почве связаны с известными особенностями их плодообразования и развития корневой системы, а также повышенной зависимостью голозерного овса от плодородия почвы.

В засушливый 2-й год последействия БКП урожайность всех сортов овса резко снизилась (в 2,2-3,4 раза по сравнению с годом действия помета и в 1,6-3,1 раза относительно 1-го года его последействия) и составила 1,75-1,96 т/га. При этом отмечено сочетание стрессоров, ограничивших урожайность овса во 2-й год последействия помета, – низкое содержания нитратного азота в почве и недостаток осадков в критические фазы развития овса – от кущения до молочной спелости зерна.

В то же время (в 2021 г.) определились не только культурные различия

видов овса, но и сортовые (табл. 2). Урожай сорта Яков достоверно превышал урожайность сорта ЗАЛП. Различия по урожаю у стандарта и сортов Опольный, Немчиновский 61 и Азиль были в пределах погрешности опыта.

Таблица 2 – Влияние действия и последействия внесения в почву 120 т/га БКП на формирование урожая овса в 2019-2021 гг.

№	Сорта	Урожайность, т/га				Число продуктивных стеблей, шт./м^2			Масса 1000 зерен, г		
		2019	2020	2021	ср.	2019	2020	2021	2019	2020	2021
яровая пшеница (сорт Злата)											
1	Злата –б/у.	1,75	1,45	0,81	1,34	382	361	292	24,6	27,7	23,0
2	Злата	9,46	4,37	2,27	5,37	569	428	351	38,8	40,6	34,9
Пленчатые сорта овса											
1	Яков	5,91	5,38	1,96	4,42	502	452	320	30,6	32,0	32,6
2	Опольный	5,74	5,01	1,82	4,19	492	419	327	29,8	32,4	31,9
3	ЗАЛП	-	5,49	1,75	-	-	427	297	-	34,8	30,4
Голозерные сорта овса											
4	Немчиновский-61	4,39	3,05	1,79	3,08	494	422	310	27,1	25,1	28,3
5	Азиль	4,58	3,27	1,90	3,25	512	430	316	25,3	25,8	28,8
$НСР_{05}$		0,34	0,41	0,18	0,31						

Сравнение урожайности яровой пшеницы и овса для определения их отличий в отзывчивости на содержание нитратного азота в почве показало явные преимущества возделывания пшеницы на высокоинтенсивном агрофоне (по действию помета в 2019 году) – превышение по урожайности составило 1,6-2,2 раза. На фоне средней интенсивности (1-й год последействия) и кислотности почвы близкой к нейтральной, урожайность пшеницы уступала на 23 % стандарту овса пленчатому сорту Яков, но превышала голозерные сорта – на 34-43 %. На низком агрофоне (2-й год последействия помета) и нейтральной кислотности почвы урожайность яровой пшеницы (2,27 т/га) несколько превосходила урожайность овса (на 0,31-0,52 т/га).

Во влажный год на высокоинтенсивном ($N\text{-}NO_3$– 251 кг/га в слое почвы 0-40 см в фазу кущения) агрофоне и в засушливый – на низком ($N\text{-}NO_3$- 83 кг/га) агрофоне пленчатый сорт Яков по урожайности (5,91 и 1,96 т/га) превышал прочие сорта овса. Во влажный год на среднеинтенсивном ($N\text{-}NO_3$- 139 кг/га) агрофоне лучшую урожайность обеспечил пленчатый сорт ЗАЛП (5,49 ц/га). Среди голозерных сортов овса во все годы исследований более высокой урожайностью выделялся Азиль: 4,58 т/га – на высокоинтенсивном агрофоне, 3,27 т/га – на среднеинтенсивном и 1,90 т/га – на низком.

Под влиянием действия и последействия помета по-разному изменялись структурные показатели формирования урожайности в зависимости от видовых особенностей овса посевного, культурных и генотипических различий сортов пленчатого и голозерного овса.

Для обеих культур овса характерно снижение от действия на 1-й и 2-й годы последействия помета числа продуктивных стеблей на 1 м^2 (с 492-512 до

419-452 и 297-327 шт.) и высоты растений (с 95-101 до 91-98 и 81-85 см). При этом под влиянием действия по сравнению со 2-м годом последействия помета у всех сортов овса повышалась масса 1000 зерен (с 25,3-30,6 до 28,3-32,6 г).

В образцах зерна, отобранного из урожая овса и яровой пшеницы на 2-й год последействия помета, изучалось содержание NPK, сырого протеина (СП) и их вынос с 1 га, а также присутствие в зерне нитратов по отношению к ПДК (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание NPK, сырого протеина (СП) и нитратов в 1 кг СВ зерна на 2-й год последействия внесения 120 т/га БКП в 2021 г.

№	Сорта	Содержание в 1 кг СВ, %				Нитраты, мг/кг
		N	P_2O_5	K_2O	СП	
яровая пшеница						
1	Злата –б/у.	2,02	1,02	0,60	12,6	23,3
2	Злата	3,03	1,35	0,57	18,9	50,5
пленчатые сорта овса						
1	Яков	2,63	1,15	0,50	16,4	24,3
2	Опольный	2,60	1,22	0,54	16,2	24,4
3	ЗАЛП	2,58	1,24	0,54	16,1	24,3
Голозерные сорта овса						
4	Немчиновский-61	3,10	1,29	0,57	19,4	28,5
5	Азиль	3,12	1,05	0,55	19,5	35,8

Высоким содержанием общего азота в зерне (3,10-3,12%) отличался голозерный овес, а значительно меньшим (2,58-2,63%) – пленчатый. Яровая пшеница характеризовалась средним (между пленчатым и голозерным овсами) содержанием азота - по последействию помета (3,03%) и низким (2,02%) – без удобрения.

На фоне последействия помета в голозерном овсе содержалось несколько больше калия (0,55-0,57%), чем в пленчатом (0,50-0,54%), но меньше фосфора – в овсах (1,05-1,29%) по сравнению с пшеницей (1,35%). Под влиянием последействия помета относительно контроля – без удобрений доля фосфора в зерне яровой пшеницы повышалась (с 1,02 до 1,35%).

Соотношение содержания NPK (в форме N-общий азот, P-P_2O_5 и K-K_2O) в зерне свидетельствует о приоритетах в потребности растений овса в питательных веществах почвы. Так, соотношение NPK в зерне пленчатого сорта Яков составляло 5,3:2,3:1, а голозерного сорта Азиль – 5,7:1,9:1, то есть голозерному – Азиль требовалось больше азота, но меньше фосфора для формирования урожая, чем пленчатому – Яков.

На примере яровой пшеницы видно, что более высокие (83,4 кг/га) запасы нитратного азота в почве на 2-й год последействия помета по сравнению с вариантом без удобрений (10,9 кг/га) способствовали значительному увеличению в пшенице СП – с 12,6 до 18,9%.

В зависимости от биологических особенностей на 2-й год последействия помета зерновые культуры характеризовались следующими показателями содержания сырого протеина в зерне: высоким (19,4-19,5%) – овес голозерный,

средним (18,9 %) – яровая пшеница и ниже среднего (16,1-16,4%) – овес пленчатый.

Пленчатость зерна «немчиновских» сортов овса в опыте (Яков и ЗАЛП) составляла 23-26%, а доля невышелушенных зерен у сортов Немчиновский 61 и Азиль – 8-11%. Следствием разницы в пленчатости (вышелушенности) зерна между культурами (12-18%) и являлась повышенная белковость голозерного овса.

Содержание нитратов в зерне овса, выращенного по 2-му году последействия БКП, варьировало в пределах 24,3-35,8 мг/кг, что значительно ниже ПДК нитратов для зернофуража – 300 мг/кг.

Библиографический список

1. Белкина Р.И., Марикова М.И. Технологические и биохимические свойства зерна овса в условиях северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 5. – С. 55-56.
2. Чекина М.С., Мелидина Т.В., Баталова Г.А. Перспективы использования овса в производстве продовольствия специального назначения // Известия СПбГАУ. СПб, 2016, – № 43. – С. 20-25.
3. Кардашина В.Е., Николаева Л.С. Влияние метеорологических условий на продуктивность и хозяйственно-ценные признаки овса // Пермский аграрный вестник. Пермь. – 2017. – № 3 (19). – С. 70-75.
4. Варгач Ю.И. Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции овса (Avena L.) в условиях Нечерноземной зоны // Дисс. канд. с.-х. наук. ФГБНУ ВСТИСП. М., 2019. – 191 с.
5. Козлова Г.Я., Акимова О.В. Сравнительная оценка голозерных и пленчатых сортов овса по основным показателям качества зерна // Сельскохозяйственная биология. М., 2009. – № 5. – С. 87-89.
6. Кабашов А.Д., Колупаева А.С., Лейбович Я.Г. и др. Голозерный овес Немчиновский 61 – новое направление в селекции МосНИИСХ «Немчиновка» // Современная аграрная наука, как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона. Сб. мат. науч.-практ. конф. ФГБНУ Калужский НИИСХ. Калуга, 2018. – С. 26-30.
7. 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 631.854.2:631.41:631.81

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ NPK И НИТРАТОВ В ЗЕРНЕ ФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР И СЕМЕНАХ РАПСА ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ СВЕЖИМ ПОМЕТОМ КУР В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Щукин Н.Н., Окорков В.В.
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль
E-mail: *n9159803437@yandex.ru*

Резюме. *В работе изучалось действие и последействие внесения 120 т/га биологизированного куриного помета (БКП) в дерново-подзолистую почву на биохимический состав зерна фуражных культур и семян рапса. Улучшение агрохимических показателей почвы под влиянием действия и последействия помета способствовало повышению содержания в зерне азота, фосфора и калия. Содержание сырого протеина (СП) в пшенице повышалось с 12,6 % – на контроле до 16,4 и 18,9 % – на фоне действия и последействия БКП. Высоким содержанием СП по действию помета выделялся рапс (22,2 %), по последействию – горох посевной (20,8-21,9 %) и овес голозерный (19,4-19,5 %). Пониженной белковостью отличался зернофураж тритикале, ячменя и пленчатого овса. Концентрация нитратов в*

зерне по действию и последействию БКП варьировала в пределах 18,5-53,5 мг/кг, а в семенах рапса – 460 мг/кг.
***Ключевые слова**: дерново-подзолистая почва, куриный помет, зерновые культуры, рапс, минеральные вещества, сырой протеин, нитраты.*
***Summary**. The work studied the effect and aftereffect of the introduction of 120 t/ha of biologized chicken manure (BCP) in sod-podzolic soil on the biochemical composition of grain forage crops and rapeseed seeds. The influence of manure on the agrochemical parameters of the soil contributed to an increase in the content of nitrogen, phosphorus and potassium in them. The content of crude protein (SP) in wheat increased from 12.6% - at the control to 16.4 and 18.9% - against the background of the action and aftereffect of BCP. Rapeseed (22.2%) was distinguished by a high content of SP by the action of the litter, by the aftereffect - seeded peas (20.8-21.9%) and naked oats (19.4-19.5%). Grain fodder of triticale, barley and filmy oats was distinguished by reduced protein content. The concentration of nitrates in grain by the action and aftereffect of BCP varied in the range of 18.5-53.5 mg/kg, and in rapeseed seeds - 460 mg/kg.*
***Key words**: sod-podzolic soil, chicken manure, cereals, rapeseed, minerals, crude protein, nitrates.*

Ведением сельского хозяйства доказаны высокие удобрительные свойства птичьего помета, дозы использования которого на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах целесообразно рассчитывать в зависимости от цели его применения: 20-30 т/га – для увеличения урожая, 50-100 т/га – для повышения плодородия почвы, выше 100 т/га – для утилизации [1].

В случае использования более высоких доз птичьего помета возможно избыточное накопление нитратов, фосфатов и калия в почве и кормах [2]. Длительно удобряемые пометом дерново-подзолистые почвы характеризуются высокими показателями плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур [3-5].

В настоящих исследованиях рассматривается действие и последействие биологизированного ферментами пробиотиков свежего бесподстилочного помета кур, внесенного в малоплодородную дерново-подзолистую почву, на содержание NPK, сырого протеина и нитратов в зерне фуражных культур и семенах рапса в зависимости от их видовых и сортовых особенностей.

Опыты проводились в 2021 г. в Ярославской области на дерново-слабоподзолистой почве легкосуглинистого гранулометрического состава пахотного горизонта и среднесуглинистого – подпахотного. Биологизацию куриного помета клеточного содержания осуществляли включением в ежедневный рацион кормления кур пробиотиков.

Для изучения действия помета свежий БКП в дозе 120 т/га вносили осенью под вспашку зяби (на 19-22 см), которую одновременно подняли на участках 2-го года последействия помета (внесен весной 2019 г. в той же дозе). Опыты, включающие сорта пшеницы, тритикале и ячменя, заложили на 2-х фонах – по действию и последействию БКП, опыт с сортами пленчатого и голозерного овса и гороха – по 2-му году последействия помета, а с гибридами рапса – по его действию.

Норма высева всхожих семян зерновых культур на 1 га – 5,0 млн., зернобобовых – 1,4 млн. и рапса – 0,8 млн. Повторность опытов – 3-кратная, размер делянок – 120 м^2, размещение – систематическое.

В опытах возделывались сорта зернофуражных культур селекции Верхневолжского ФАНЦ, ФИЦ «Немчиновка», НПЦ «НАН Беларуси по земледелию» и гибриды рапса – западноевропейских оригинаторов.

Вегетация растений в 2021 г. характеризовалась контрастными погодными условиями (ГТК 1,11) – повышенной температурой воздуха (в среднем на 2,1 °С выше нормы) и недостатком осадков в критические фазы развития растений изучаемых культур.

При разработке мероприятий по обработке почвы, подготовке семян к севу и уходу за растениями в опытах руководствовались технологиями возделывания сельскохозяйственных культур, рекомендованными для агроценозов на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья. Схемы химической защиты изучаемых культур разработаны совместно с АО «Фирма «Август».

Учеты, наблюдения и статистическую обработку данных выполняли по следующим методикам и программам: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1971; «Методика полевого опыта», Доспехов Б.А., 1985; STAT VIUA и EXCEL.

Показатели содержания NPK в зерне и семенах рапса, вынос питательных веществ с урожаем изменялись в зависимости от видовых и сортовых особенностей культур, величины их урожайности под влиянием действия и последействия помета на агрохимические свойства почвы.

В опытах условно создавались три уровня плодородия почвы: слабоокультуренный (без внесения помета), нитратонасыщенный (действие БКП) – с избыточным накоплением нитратного азота в почве и оптимальный (последействие помета) – с более благоприятным соотношением NPK и нейтральной кислотностью почвы (табл. 1).

Таблица 1 – Действие и последействие внесения 120 т/га БКП на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в слое 0-40 см в 2021 гг. в фазу кущения зерновых.

Глубина почвы, см	pH_{KCl}	P_2O_5	K_2O	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	Запасы $N\text{-}NH_4$, кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га	
		мг/100 г почвы					$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$
контроль (без удобрений)								
0-20	4,44	8,19	14,4	0,23	3,18	95,4	6,9	3,2
20-30	4,27	5,29	11,6	0,14	2,43	36,4	2,2	0,48
30-40	4,12	5,95	12,6	0,12	2,40	36,0	1,8	0,35
∑						**167,8**	**10,9**	**4,0**
действие БКП								
0-20	5,24	13,0	17,2	3,24	2,47	74,1	97,2	2,5
20-30	5,27	12,2	18,0	4,79	4,47	67,0	71,8	3,9
30-40	5,37	12,2	19,7	2,82	11,02	165,3	42,3	7,0
∑						**306,4**	**211,3**	**13,4**
2-й год последействия БКП								
0-20	6,24	17,0	20,2	1,32	2,27	68,1	39,5	2,3
20-30	6,08	16,5	21,7	1,58	2,28	34,2	23,7	1,1
30-40	6,06	11,2	17,6	1,35	2,17	32,6	20,2	0,8
∑						**134,9**	**83,4**	**4,2**

Почва без внесения органики (контроль) обладала характерными для слабоокультуренной почвы агрохимическими и агрофизическими свойствами. Под влиянием действия БКП в сравнении с неудобренной почвой в слое 0-40 см наблюдалось улучшение реакции среды от сильно- до слабокислой, повышение содержания подвижного фосфора – от низкого до среднего и обменного калия – от среднего до высокого, увеличение запасов нитратного азота с 10,9 до 211,3 кг/га или в 20 раз. На фоне 2-го года последействия помета (внесено 120 т/га в 2019 г.) 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.

Среди изучаемых культур по действию помета самым высоким содержанием NPK (3,55; 2,62; 1,16 %) характеризовался яровой рапс (табл. 2). По сравнению с зерновыми культурами семена рапса по действию помета содержали в 1,12-1,63 раза больше общего азота, в 2,05-2,85 раза – P_2O_5, в 1,53-2,42 раза – K_2O. Наименьшие показатели содержания азота и фосфора отмечены на неудобренном фоне в зерне пшеницы – 2,02 и 1,02 %.

Таблица 2 – Содержание NPK в 1 кг СВ зерна и семян рапса, их вынос урожаем культур по действию и на 2-й год последействия БКП в 2021 г.

Внесение БКП	Культура	Сбор с 1 га, т	Содержание в 1 кг СВ, %		
			N	P_2O_5	K_2O
контроль	пшеница яровая	0,81	2,02	1,02	0,60
действие БКП	пшеница яровая	1,47-2,26	2,49-3,16	1,07-1,28	0,48-0,64
	тритикале яровое	2,09-2,35	2,44-2,66	1,21-1,22	0,74
	ячмень	1,67-1,85	2,18-2,57	0,92-1,28	0,53-0,76
	рапс	2,79	3,55	2,62	1,16
2-й год последействия БКП	пшеница яровая	1,33-2,29	2,36-3,03	0,84-1,39	0,48-0,57
	тритикале яровое	2,26-2,53	2,26-2,60	1,12-1,15	0,65-0,68
	ячмень	1,49-1,67	2,51-2,67	0,96-1,32	0,48-0,65
	овес пленчатый	1,75-1,96	2,58-2,63	1,15-1,24	0,50-0,54
	овес голозерный	1,79-1,90	3,10-3,12	1,05-1,29	0,55-0,57
	горох	1,28-1,35	3,33-3,51	1,34-1,47	1,34-1,54

По последействию БКП наибольшим содержанием азота отличались горох посевной (3,33-3,51 %) и голозерный овес (3,10-3,12 %). В горохе содержалось в 2,5-3 раза больше калия (1,34-1,54 %), чем в зерновых культурах (0,48-0,68 %).

Выращивание пшеницы на фоне действия и последействия БКП способствовало повышению 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 %). При этом изменялось соотношение NPK в зерне, которое в контрольном образце составляло 3,4:1,7:1, по действию помета – 4,1:1,9:1 и 5,3:2,4:1 – по его последействию.

Общим для всех сортов культур являлось повышение содержания в зерне калия под влиянием действия помета относительно его последействия в связи с более высоким накоплением 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.

Содержание азота определяет белковую составляющую зерна. Наименьшее содержание протеина отмечено в варианте без удобрений (12,6 %), которое повышалось под влиянием действия и последействия БКП (до 18,9-19,8 %, табл. 3).

Таблица 3 – Сбор белка с 1 га, содержание сырого протеина и нитратов в 1 кг СВ зерна фуражных культур и семенах рапса под влиянием действия и на 2-й год последействия БКП в 2021 г.

Вариант	Культура	Сырой протеин		Нитраты в 1 кг СВ, мг
		в 1 кг СВ, %	сбор с 1 га, кг	
контроль	пшеница яровая	12,6	102,5	23,3
действие БКП	пшеница яровая	15,4-19,8	228,8-442,5	18,8-45,0
	тритикале яровое	15,3-16,6	347,5-358,1	18,5-19,8
	ячмень	13,6-16,1	243,8-292,5	37,5-48,8
	рапс	22,2	619,4	460,0
2-й год последействия БКП	пшеница яровая	14,8-18,9	235,0-430,6	24,8-53,5
	тритикале яровое	14,1-16,3	323,8-411,3	24,8-32,8
	ячмень	15,7-16,7	238,1-275,6	38,8-50,5
	овес пленчатый	16,1-16,4	282,5-322,5	24,3
	овес голозерный	19,4-19,5	346,9-370,6	28,5-35,8
	горох	20,8-21,9	273,8-296,3	35,8-41,0

Высоким содержанием сырого протеина выделялись рапс (22,2 %), горох посевной (20,8-21,9 %) и овес голозерный (19,4-19,5 %). Пониженным содержанием сырого протеина в зерне отличались тритикале, ячмень и пленчатый овес. При этом на фоне последействия помета в голозерном овсе содержалось на 3,1-3,4 % больше СП, чем в пленчатом (16,1-16,4 %).

Известно, что под влиянием погодных условий между биохимическим составом и урожайностью многих культур устанавливается обратная зависимость, т.е. при более высокой температуре воздуха и недостатке влаги в период вегетации, растения на высоком агрофоне формируют урожай зерна ниже расчетного, но с более высоким качеством.

Подобная зависимость наблюдалась в 2021 г, который характеризовался (ГТК 1,11) недостаточным выпадением осадков за вегетацию и жаркой летней погодой. Урожайность зернофуражных культур на удобренной пометом почве и высоком уровне агротехники в засушливых условиях вегетации была низкой и изменялась в пределах (1,33-2,53 т/га), в которых генотипические особенности интенсивных сортов проявились слабо, но зерно характеризовалось высоким (относительно нормативных показателей и контроля) содержанием сырого протеина (13,6-21,9 %), а также P_2O_5 (0,84-1,47 %). В этих условиях повышение качества зернофуража (в частности, по сырому протеину) не компенсировало недобор урожая культур и производственных затрат.

В исследованиях определялось действие и последействие БКП на содержание нитратов в зерне и семенах изучаемых культур. Содержание нитратов в зерне без удобрений составило 23,3 мг/кг, а по действию и последействию БКП варьировало в пределах 18,5-53,5 мг/кг, или почти в 6-16 раз было ниже ПДК.

Рапс одна из нитратолюбивых культур в Нечерноземье и используется в кормлении животных только в переработанном виде (жмыхи, шроты, жиры). В опыте концентрация нитратов в рапсе на фоне действия помета являлась высокой – 460 мг/кг, но допустимой при ПДК для комбикормов – 500 мг/кг.

Поэтому можно заключить, что действие и последействие внесения БКП в малоплодородную дерново-подзолистую почву не приводит к накоплению нитратов в зернофураже и семенах рапса выше ПДК.

Библиографический список

1. Седых В.А., Савич В.И., Поветкина Н.Л. Оценка влияния птичьего помета на состояние почв, воздушной и водной среды // Агрохимический вестник. – 2013. – №1. – С. 33-36.
2. Дабахова Е.В. Научное обоснование использования органических удобрений промышленного птицеводства в агроэкосистеме // Автореф. докт. с.-х. наук. М., 2005. – 43 с.
3. 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 // ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». Суздаль, 2017. – 176 с.
4. Окорков В.В. Усовершенствованные приемы управления продуктивностью культур в севообороте и плодородием на серых лесных почвах Верхневолжья // ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». – Суздаль, 2018. – 148 с.
5. 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 Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». ФГБНУ «Курский ФАНЦ». – Курск, 2021. – С. 324-329.

СОДЕРЖАНИЕ

Азарёнок Т.Н., Матыченкова О.В., Дыдышко С.В., Матыченков Д.В. Методика оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации 5
Азаров А.В., Навольнева Е.В., Каторгин Д.И., Пойменов А.С. Агрофизическое состояние чернозема при различных агротехнологиях возделывания сахарной свёклы в ЦЧЗ 9
Анисимов В.С., Санжаров А.И., Анисимова Л.Н., Крыленкин Д.В., Дикарев Д.В., Корнеев Ю.Н. Применение проточного лизиметра циклического действия для изучения подвижности Cd в почве 14
Афонченко Н.В. Плотность почвы и урожай озимой пшеницы в зависимости от экспозиции в склоновом агроландшафте 19
Беленков А.И., Перекрестов Н.В. Приемы мелиорации солонцов в Республике Калмыкия 23
Белоусов И.Е. Оценка изменения содержания легкогидролизуемого азота в почве рисового севооборота при помощи системы индексов 26
Бойцова Л.В., Зинчук Е.Г., Непримерова С.В. Влияние традиционной и No- till обработок на депонирование углерода в типичном черноземе 30
Брескина Г.М. Здоровье почв в посевах овса и кукурузы при применении растительных остатков в качестве органических удобрений с различными компонентами 32
Вытовтов В.А. Оценка работы буров-пробоотборников в агролесоландшафтном комплексе 36
Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Азотобактер – тест-организм в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами 40
Гармашов В.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Урожайность и качество маслосемян при минимализации обработки почвы под подсолнечник в условиях юго-востока ЦЧР 44
Глазунов Г.П. Агроэкологическая оценка пахотных земель в склоновых агроландшафтах ЦЧР 48
Говорова О.В., Коновалова Е.Я. Интенсивность разложения льняного полотна в почве при различном насыщении севооборота зерновыми культурами в условиях юго-востока ЦЧЗ 53
Гречишников Н.Н. Экологически безопасное эффективное использование разновозрастных злаковых пастбищ на мелиорируемых почвах Нечерноземной зоны 57
Гуреев И.И. Почва России нуждается в защите! 60
Дериглазова Г.М. Развитие ярового ячменя в зависимости от нормы высева и внесения удобрений 64
Двойных В.В. Нитрификационная способность черноземных почв в склоновом агроландшафте Курской области 69
Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Морозов А.Н. Биологическая активность почвы при различных способах основной обработки под яровой ячмень 73
Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Структурное состояние чернозема типичного при различных способах обработки почвы 77
Дураков П.П. Изменение показателей почвенного плодородия склоновых земель, в зависимости от вида сельскохозяйственного угодья 82
Дыдышко С.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В., Матыченков Д.В. Методические аспекты оценки агроэкологического состояния почв в условиях длительного сельскохозяйственного использования 87
Ермолаев Н.Р., Юдин С.А., Гаджиумаров Р.Г., Дридигер В.К. Белобров В.П. Морфологические свойства каштановых почв при прямом посеве в засушливой зоне Ставропольского Края 91

Зарудная Т.Я. К вопросу о стабилизации плодородия почвы 96
Зинченко С.И., Рыжова Л.Е., Князева И.В. Влияние системы приемов основной обработки под овес с подсевом многолетних трав в зернотравяном севообороте на плотность сложения серой лесной почвы 100
Золотухин А.Н., Чуян О.Г., Глазунов Г.П. Интенсивность дыхания почвы в склоновых агроландшафтах в различных условиях среды 105
Иванов А.В., Тюгай З., Салимгареева О.А., Сидорова И.Я. Структурно-функциональные свойства серой лесной почвы при длительной распашке 111
Ильюшенко И.В. Оценка и прогнозирование изменения содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах 115
Каменева И. А., Гритчин М.В., Якубовская А. И., Приходько А. В., Черкашина А.В., Караева Н. В. Влияние сидератов и биопрепаратов на микробиологическую активность чернозема южного в засушливых условиях Степного Крыма 118
Караулова Л.Н. Изменения физико-химических свойств чернозема типичного на склонах 123
Клостер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б. Баланс гумуса в чернозёме в условиях биологического земледелия 127
Корчагин А.А, Щукин И.М, Мальцев И.В., Щукина В.И. Влияние систем удобрений и обработки почвы на динамику запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы, на урожайность и продуктивность звена севооборота: яровая пшеница-овес-ячмень на серых лесных почвах Владимирского Ополья 130
Краснопёров А. Г., Зарудный В.А., Мищерякова О.С. Высокопротеиновый зеленый корм в позднеосенний период и сохранение плодородия почвы Калининградской области 135
Краснопёров А.Г., Зарудный В.А., Мищерякова О.С., Пятаков М.А. Оптимизация органического вещества дерново-подзолистой почвы в севооборотах Калининградской области 139
Кувшинова А.А., Евдокименкова М.И., Тычинин Д.С., Гринева А.В. Влияние склоновой микрозональности эрозионных агроландшафтов на содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах 143
Кузнецов А.В., Припутнева М.А. Динамика содержания углерода микробной биомассы в чернозёме типичном при применении агробиотехнологий и азотных удобрений 147
Кулик А.В., Гордиенко О.А. Роль стокорегулирующих лесополос в сокращении поверхностного стока талых вод 153
Кухарук Е.С., Корман Ю.Х. Роль общественных организаций в защите почв от эрозии .. 157
Лазарев В.И., Минченко Ж.Н. Эффективность гуминовых удобрений на посевах ярового ячменя в условиях черноземных почв Курской области 160
Лапа В.В., Матыченков Д.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В., Дыдышко С.В. Геостатистическая оценка использования удобрений в информационных системах 164
Левшаков Л.В., Пироженко В. В., Шахов А. И. Сера как важнейший лимитирующий фактор плодородия чернозёмных почв Курской области 169
Лукьянов В.А., Нитченко Л.Б. Оценка влияния севооборотов и минеральных удобрений на формирование урожая ярового ячменя в условиях ЦЧР 173
Лях Т.Г. Влияние эрозии на содержание гумуса в черноземе обыкновенном Молдовы ... 178
Лях Н.М., Пану Вера Т., Савин Елена Е. Продуктивность кукурузы в зависимости от уровня минерального питания выщелоченного чернозёма 181
Масютенко М.Н. Влияние применения биопрепаратов с побочной продукцией на агрофизические свойства чернозема типичного слабоэродированного 187
Масютенко Н.П. К оценке здоровья почв по показателям их гумусного состояния 192
Матыченкова О.В., Азарёнок Т.Н., Матыченков Д.В., Дыдышко С.В. Агроэкологические особенности возделывания сои в Беларуси 196

Митрохина О.А. Влияние рельефа на содержание подвижного марганца в почвах ЦЧЗ .. 200
Моисеев К.Г., Терлеев В.В., Смирнов Н.С. Топологическая размерность структуры почвы и некоторые аспекты деградации почв 204
Неведров Н.П., Довидович Е.Д. Многолетняя динамика эмиссии CO_2 из подзолов и дерново-подзолов песчаных лесостепи 208
Нитченко Л.Б., Лукьянов В.А. Влияние приемов обработки почвы на агрофизические показатели и урожайность ячменя в севооборотах ЦЧР 211
Окорков В.В., Окоркова Л.А., Лебедева А.Е. Роль подвижных форм азота при возделывании яровой пшеницы на серых лесных почвах 216
Осипов А.В., Суминский И.И., Карамышева Е.А. Влияние возделывания люцерны на агрофизические свойства чернозема выщелоченного Западного Предкавказья 222
Панкова Т.И. Изменение содержания негумифицированного органического вещества в черноземе типичном под влиянием биопрепаратов 226
Панкова Ю.В., Лозинская Е.Ф., Панкова Т.И. Содержание подвижного фосфора в черноземе типичном в различных компонентах агроландшафта в зависимости от местоположения в рельефе 230
Подлесных И.В. Моделирование противоэрозионных мероприятий с использованием ГИС-технологий при проектировании севооборотов 233
Проценко Е.П., Большакова О. А., Терехов В.И., Неведров Н.П., Булыгин А.С. Влияние происхождения байрачных дубрав Курской области на их санитарное состояние и углеродопродуцирующую функцию 238
Прущик А.В. Оценка параметров структуры почвы на склоне с агролесоландашфтным комплексом 242
Прущик И.А. Динамика твердости почвы в посевах ярового ячменя 246
Пухова Н.Ю., Щукин Н.Н. Изучение влияния биологизированного свежего помета кур на микробный комплекс дерново-подзолистой почвы 249
Риксен В.С. Почвенно-экологические отличия в солонцах Барабы 253
Рубаник Ю.О. Изменения показателей почвенного плодородия в склоновом агроландшафте 258
Савельева Д.А. Оценка эрозионного риска почвенного покрова пахотных и залежных земель в подтайге Западной Сибири с помощью ГИС и ДЗЗ 261
Сакара Н.А., Михеев Ю.Г., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И. Элементы почвозащитного земледелия в овощеводстве Дальнего Востока России 265
Свиридов В.И. Экономическая оценка зависимости эффективности выращивания ярового ячменя от предшественников и норм удобрений 272
Сидорова Н.В., Плотникова Т.В., Егорова Е.В. Оздоровление несменяемого субстрата в защищенном грунте с помощью применения органического удобрения агроверм при выращивании рассады табака 276
Слюсарев В.Н., Швец Т.В. Оценка способности к регулированию физико-химических свойств чернозема выщелоченного Кубанской равнины в агроценозе люцерны 280
Смотрина Ю.А., Лаптева Е.М., Далькэ И.В., Захожий И.Г. Почвенное органическое вещество постагрогенных экосистем средней тайги 285
Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Худяков В.В., Покусаев П.А. Ресурсосберегающая обработка почвы на склоновых землях 288
Старожилов В.Т. К учению Старожилова о нооландшафтосфере: программно-целевой подход к ландшафтному фундаменту использования почвенных ресурсов 292
Старожилов В.Т. Учение Старожилова о нооландшафтосфере основа фундамента рационального использования почвенных ресурсов и управления ими 297
Стахурлова Л.Д. Тяжелые металлы в дерново-подзолистых почвах под различными биоценозами 302
Стулин А.Ф., Стахурлова Л.Д. Углерод в агроэкосистемах на выщелоченном черноземе 305

Суринов А.В. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах пашни юго-западной части ЦЧР 310
Сухановский Ю.П. Математическое моделирование в решении проблемы защиты почв от эрозии 314
Тарасов С.А. Влияние агролесоладшафтного комплекса на запасы влаги в почве на склонах Центрального Черноземья 316
Титова В.И. Агрохимическая характеристика почвы и оценка возможности ведения земледелия на участке после демонтажа амбара для гидроиспытаний 320
Трешкин И.А. Влияние компоста многоцелевого назначения, обогащенного микроэлементами, на содержание органического вещества в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и на продуктивность звена севооборота 325
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Актуальные проблемы рационального природопользования в сельском хозяйстве Дальнего Востока 329
Трофимова Л.С., Трофимов И.А. Актуальные вопросы растениеводства и почвозащитного земледелия Дальнего Востока 332
Турусов В.И., Балюнова Е.А., Сальников Р.В., Черенков Б.В. Влияние предшественников озимой пшеницы на физические свойства почвы 335
Тюгай З., Иванов А.В., Шваров А.П., Никифорова А.С. Особенности физических и физико-химических свойств темногумусовых лесных почв Костромской области 339
Хайруллин Х.Х., Хайруллин Р.Х. Влияние зеленого удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур 343
Хлюпина С.В. Биологическая активность почвы, как критерий ее экологической безопасности 347
Хомяков Д.М. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения и перспективы его совершенствования 351
Цепина Н.И., Колесников С.И. Влияние загрязнения разными химическими формами серебра на обилие бактерий рода *Azotobakter* 356
Чевердин А.Ю., Пискарева Л.А., Чевердина Г.В. Влияние современных удобрений на эффективность фотосинтеза растений кукурузы 357
Чевердин Ю.И. Изменение физико-химические свойств черноземов врезультате агрогенеза 360
Чевердин Ю.И. Особенности формирования засоленности чернозема в зоне влияния узкой лесной полосы 363
Чербарь В.В. Деградация и эволюция почвенного покрова Молдовы в историческом аспекте и проблема восстановления и сохранения плодородия черноземов 367
Чижиков В.Н., Шарифуллин Р.С. Пространственная неоднородность агрохимических свойств почв рисовых полей 371
Чурагулова З.С., Раянова А.Р. Почвы водоохранных лесов бассейна реки Белая в лесостепной зоне Республики Башкортостан 375
Чуян Н.А. Показатели микробиологической активности чернозема типичного в условиях биологизации земледелия 380
Чуян О.Г., Золотухин А.Н. К вопросу анализа почвенно - ландшафтных связей 385
Щербина А.С. Экологические проблемы почв Курской области 390
Щукин Н.Н., Окорков В.В. Влияние действия и последействия биологизированного помета кур на продуктивность пленчатых и голозерных сортов овса в условиях Верхневолжья 392
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 398

Научное издание

Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия.
Сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – 407 с.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

Сдано в набор 15.04.23 г. Подписано в печать 21.04.23 г.
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,65. Тираж 500 экз. Заказ № 98.
Отпечатано: «Деловая полиграфия»
ИП Бескровный Александр Васильевич
г. Курск, ул. К.Маркса, 61 Б.
E-mail: zakaz46@mail.ru