

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Нижегородский государственный
агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева»

95-летию со дня образования Нижегородского ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева,
30-летию со дня открытия на биоэкологическом факультете специальности «Агроэкология»,
памяти декана факультета, на тот период — кандидата сельскохозяйственных наук,
доцента Владимира Григорьевича Бусоргина

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Материалы национальной научно-практической конференции
(с международным участием)

14–16 мая 2025 года



Нижний Новгород
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Нижегородский государственный
агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева»

95-летию со дня образования Нижегородского ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева,
30-летию со дня открытия на биоэкологическом факультете специальности «Агроэкология»,
памяти декана факультета, на тот период — кандидата сельскохозяйственных наук,
доцента Владимира Григорьевича Бусоргина

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Материалы национальной научно-практической конференции
(с международным участием)

14–16 мая 2025 года

Нижний Новгород
2025

УДК 631.81:631.4:631.9
ББК 40

Агрономическая химия и экология: вчера, сегодня, завтра. Материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием) [Электронный ресурс] / под общей редакцией О. А. Басонова, Ю. Н. Платонычевой. — Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева, 2025. — 183 с.

ISBN 978-5-6051874-7-9

Сборник трудов составлен по материалам национальной научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 95-летию со дня образования Нижегородского ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева, 30-летию со дня открытия на биоэкологическом факультете специальности «Агроэкология», памяти декана факультета, на тот период — кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Владимира Григорьевича Бусоргина, проведенной в период с 14–16 мая 2025 года.

В сборнике представлены материалы, посвященные ряду теоретических и практических аспектов агрохимической науки и экологии в современном мире. Особое внимание было уделено роли личностей в истории становления научных школ, кафедр и факультетов, проблемам восстановления плодородия почв, роли агрохимикатов в поддержании устойчивости агроэкосистем и другим важным вопросам.

Сборник трудов предназначен для преподавателей вузов, научных работников, студентов, магистрантов и аспирантов, а также широкого круга специалистов АПК.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии биоэкологического факультета ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева.

УДК 631.81:631.4:631.9
ББК 40

ISBN 978-5-6051874-7-9

© ФГБОУ ВО Нижегородский
ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева, 2025
© коллектив авторов, 2025

Роль личности в истории формирования кафедр, факультетов и научных школ

УДК 378.12:631.8

**ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ БУСОРГИН –
ЧЕЛОВЕК, УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ**

Варламова Л.Д., д. с.-х. наук, профессор

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, larisa.varlamova@list.ru

Аннотация. Владимир Григорьевич Бусоргин работал в Горьковском сельскохозяйственном институте (позже – НГСХИ, затем НГСХА) с 1967 по 2015 гг., пройдя путь от научного сотрудника кафедры агрохимии до профессора, декана факультета агрохимии и агроэкологии. За этот период он подготовил более сотни специалистов – агрономов-агрохимиков, которые успешно работали и работают во всех районах области и далеко за её пределами. В памяти людей, знавших его, он навсегда остался великим тружеником, отзывчивым человеком, настоящим профессионалом своего дела.

Ключевые слова: Бусоргин В.Г., семья, преподаватель, декан, учитель, кафедра агрохимии

15 лет как с нами нет Владимира Григорьевича Бусоргина, но не проходит ни одного дня, чтобы не вспомнили его добрым словом те, кто знал этого человека. Он относился к тому типу людей, которые никогда не остаются равнодушными к чужим проблемам и бедам, готов был прийти на помощь к любому и сделать всё, что в его силах.

Родился Володя в деревне Нешумаровы Оричевского района Кировской области 19 сентября 1942 года в многодетной семье (восьмой ребёнок!) колхозников Григория Афанасьевича и Василисы Ивановны Бусоргиных через месяц после гибели отца на фронте. Естественно, в таких условиях лёгкой жизнь семьи не была, как, впрочем, у большинства семей в Советском Союзе того периода.

После окончания десятилетки Владимир хотел бы вслед за старшими братьями-сестрами податься на учебу в город, но не смог оставить маму одну и пошел работать в колхоз. Относился к работе весьма ответственно, а потому его очень быстро назначили бригадиром, а потом и агрономом. Вероятно, это и определило дальнейшую судьбу юного Володи – он поступил на заочное отделение агрономического факультета Кировского сельскохозяйственного института в 1961 году.

Здесь надо отметить один факт, характерный для того времени. У колхозников на руках отсутствовали паспорта, что ограничивало возможность смены места жительства. И, чтобы получить паспорт Владимир Григорьевич на последнем курсе перевёлся на очное отделение, и сразу после получения документа – вновь на заочное (в институте пошла навстречу талантливому студенту).

Волею судеб в 1963 г. по распределению, причём временно, на 1 месяц, в село Пищалье после окончания медицинского техникума была направлена Зарема Николаевна, которая стала единственной на всю жизнь любовью

Владимира Григорьевича. В 1964 году молодые официально оформили свои отношения.

После окончания института молодая семья переехала в Шахунский район Горьковской области: Владимир Григорьевич работал агрономом в хозяйстве (в 5-ти км от Шахуньи, где жила семья), а Зарема Николаевна – в больнице.

Следует отметить, что Владимира Григорьевича привлекала научная работа, и в 1966 году он поехал «на разведку» в Горьковский сельскохозяйственный институт. По согласованию с Юрием Павловичем Сиротиным, он был принят на должность научного сотрудника кафедры агрохимии, и с 1967 года его жизнь была неразрывно связана с Горьковским сельскохозяйственным институтом (позже – Нижегородской сельскохозяйственной академией), где он прошёл путь от ассистента до профессора. В целом без малого 50 лет Владимир Григорьевич проработал на кафедре на разных должностях.

Молодой семье выделили комнату в учебном хозяйстве «Новинки», где они прожили более 10 лет по принципу «в тесноте да не в обиде»: к этому времени у них уже была дочка и с ними жила (13 лет) мама Владимира Григорьевича. И лишь к концу 70-х семья получила 2-х комнатную квартиру в студенческом городке.

В 1968 г. и Зарема Николаевна продолжила своё профессиональное образование, поступив в Горьковский медицинский институт на заочное отделение, с 4 курса перевелась на очную форму образования. В материальном плане семье приходилось тяжело, но молодость, взаимопонимание и взаимоподдержка помогли всё это преодолеть.

Надо отметить, что к тому времени на кафедре агрохимии был сформирован дружный коллектив высокопрофессиональных ученых и педагогов близких по духу и возрасту. Заведовал кафедрой профессор (в то время ещё доцент) Юрий Павлович Сиротин. Вместе с ним трудились Елена Ивановна Минина, Павел Николаевич Бирюков, Валентин Григорьевич Уточкин, Ирина Николаевна Александрова, Клара Николаевна Березина, Зоя Николаевна Юдина, Нина Степановна Арзыбова. Владимир Григорьевич оказался самым молодым членом коллектива, в какой-то степени опекаемым ими, но быстро доказавшим свою научную и педагогическую состоятельность.

В период 1985-2000 гг. был бессменным деканом факультета агрохимии и почвоведения. На период его руководства пришлись наиболее тяжелые годы в развитии факультета. Для сохранения основного направления образования (агрохимия и агропочвоведение) Владимир Григорьевич приложил огромные усилия для открытия нового направления в рамках существующего факультета – «лесное хозяйство», которое со временем выделилось в самостоятельный факультет. После этого он способствовал открытию нового востребованного направления – «агроэкология». Как итог – факультет агрохимии и почвоведения продолжает жить и развиваться, пусть и под другим названием.

Владимира Григорьевича отличал очень ответственный подход к любой выполняемой работе, будь то подготовка учебных аудиторий к занятиям, проведение лекций или практических занятий, ведение научных исследований.

Вспоминая подготовку аудиторий к занятиям...

К началу учебного года он обеспечивал «красоту» аудиторий. Владимир Григорьевич выращивал у себя в саду и в конце августа привозил на кафедру бархотцы в сосудах, которые расставляли на подоконниках во всех учебных аудиториях, и всю осень у нас цвели живые цветы, создавая своеобразную атмосферу праздника.

Благодаря его стараниям, всё аналитическое оборудование на кафедре находилось в рабочем состоянии: многое он делал своими руками, если же сам что-то не мог сделать, то находил нужных специалистов. Владимир Григорьевич следил за своевременностью подготовки реактивов для широкого спектра, выполняемых в то время аналитических работ, тщательно строил калибровочные графики. Другими словами, на кафедре он выполнял функции и лаборанта, и профессора. И нам его сейчас очень не хватает...

Сфера его научных интересов была также весьма разнообразна. В 1984 г. Владимир Григорьевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему «Исследования эффективности совместного внесения фосфорных и органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур». В работе были объединены два научных направления, культивируемые в тот период на кафедре: оценка эффективности фосфорных удобрений и изменение содержания фосфора в почвы – традиционная тема, разрабатываемая практически с момента образования кафедры, и использование органических удобрений (отходов), образующихся в условиях промышленного животноводства, приобретаемая с каждым годом всё большую актуальность. Вопросам разработки безопасных для окружающей среды способов утилизации таких отходов он активно занимался и в последующие годы.

Длительное время Владимир Григорьевич тесно сотрудничал с учеными Нижегородского (Горьковского) политеха по вопросам использования осадков сточных вод (ОСВ) в естественном состоянии и после их химической очистки, принимал участие в разработке и оценке органоминерального микроэлемент-содержащего удобрения, а также регуляторов роста, получаемых на основе переработанных отходов (ОСВ) станций аэрации. Испытания полученных образцов удобрений и регуляторов роста под его руководством проводили студенты-дипломники, а в рамках научных хозяйственных договоров участвовали и сотрудники кафедры.

Владимир Григорьевич никогда не терял связи с сельскохозяйственными производителями, а в период 70-80-х годов прошлого века регулярно проходил стажировки в передовых хозяйствах. Он знал состояние растениеводства практически во всех районах области, регулярно проводил консультации для специалистов не только по вопросам питания растений, но и по их защите. Хорошо знали его и в тепличных хозяйствах. Здесь надо отметить, что практически всё свободное время, которого было не так-то много, он уделял овощеводству и садоводству. Виноград, абрикосы, черешня – теплолюбивые растения росли и плодоносили в его саду.

Владимир Григорьевич был мудрым и понимающим преподавателем, умеющим донести до студента азы преподаваемой дисциплины. Он мог найти подход практически к любому студенту: и к отличнику с амбициями, и к троечнику-пофигисту, что весьма важно и в работе декана. Студенты называли его «папа» за заботу, умение выслушать и помочь, если в этом возникала необходимость.

Отдельный вопрос – это взаимодействие со студентами-дипломниками. Надо отметить, что ежегодно из желающих попасть к Владимиру Григорьевичу «выстраивалась очередь» и далеко не всех он мог взять даже чисто физически. Не смотря на хорошее отношение ко всем студентам, для дипломников он становился отличным наставником, требовательным и одновременно очень заботливым. При этом и между дипломниками, не смотря на различие тем и объёмов выполняемых исследований, возникали отношения, базирующиеся на взаимопонимании и взаимопомощи.

Как и в настоящее время, часть студентов проходила производственную практику при кафедре, причём часть ребят были закреплены за вегетационной площадкой, часть – за опытным полем (учхоз «Новинки»). При этом, в наиболее напряженные моменты, такие как закладка опытов, уборка или почвенная и растительная диагностика питания растений на «своём» рабочем месте оставался один студент, остальные, не деля работу на свою и чужую, выполняли то, что на данный момент было необходимо. Например, отбор проб почвы на полевых опытах при проведении диагностики. Количество вариантов в опытах – от 5 до 9, причём были и двухфакторные опыты, заложенные в 4-х кратной повторности, образцы отбирали с двух несмежных повторений, анализ каждого образца выполняли в двухкратной повторности. При этом минеральный азот (аммонийный и нитратный) надо определить в день отбора почвенных проб. Соответственно, не позже 8.00 надо быть на поле, отобрать образцы почвы (и/или растений) и вернуться в институт хотя бы к 12.00-13.00 часам. Ну, а затем приступить к выполнению анализов. Таким образом, рабочий день мог закончиться и в 19.00, и в 20.00 часов, и позднее. И всё это время со студентами был Владимир Григорьевич! И не просто присутствовал рядом, хотя и только за это ему огромная благодарность, но и помогал и словом, и делом.

Вместе с тем, следует заметить, что Владимир Григорьевич, не смотря на свою мягкость и понимание студентов, достаточно жёстко следил за качеством и своевременностью выполнения работ. Это и понятно (ну, наверное, с позиций человека, который через всё это уже прошел): не полил вовремя вегетационные опыты, не выровнял количество растений в сосудах, не закрыл вовремя домики пологам – и считай, что погрешность результатов уже обеспечена, а, возможно, и весь опыт пошел насмарку.

Нельзя не отметить ещё один немаловажный факт, характеризующий Владимира Григорьевича – его доброе и уважительное отношение к старшему поколению. Шло время, люди, проработавшие с ним долгие годы, постепенно старели, уходили на пенсию. Владимир Григорьевич всегда обо всех помнил и старался оказать посильную помощь: с кем-то просто пообщаться, рассказать о

новостях; для кого-то – дойти до магазина или аптеки; кому-то принести свежих ягод-овощей из своего сада; кто-то заболел и надо проконсультироваться с врачом – здесь на помощь приходила и Зарема Николаевна...

Он был в курсе и всех событий, происходящих у коллег-пенсионеров, например: какие проблемы у Ирины Николаевны (Александровой), живущей в соседнем доме; как дела у Елены Ивановны (Мининой), к которой он периодически приезжал с дарами сада, проявляя интерес и к её собаке Раде, которая по сути, оставалась единственным членом семьи; какие новости у Клары Николаевны (Березиной), с которой часто созванивался... Он был классным руководителем факультета, работал со студентами как преподаватель и научный руководитель, занимался научными исследованиями, консультировал специалистов сельского хозяйства, оставаясь при этом прекрасным сыном, отцом и мужем. Создавалось впечатление, что в сутках у него не 24 часа, как у нас, а намного больше.

Таким навсегда останется Владимир Григорьевич в нашей памяти.

Литература

1. Варламова Л.Д. Воспоминания о Юрии Павловиче Сиротине / Развитие аграрной науки и ее роль в обеспечении продовольственной безопасности страны: Материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием) [Электронный ресурс] / под общ. ред. Ю.Н. Платонычевой. Н. Новгород: Нижегородский ГАТУ, 2023. С. 3-7.
2. Платонычева Ю.Н., Володина Е.Н. История развития биоэкологического факультета с момента образования до настоящего времени / Развитие аграрной науки и ее роль в обеспечении продовольственной безопасности страны: Материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием) [Электронный ресурс] / под общ.ред. Ю.Н. Платонычевой. Н. Новгород: Нижегородский ГАТУ, 2023. С. 11-17.
3. Титова В.И. К истории становления научной агрохимической школы в Нижегородской ГСХА / В.И. Титова // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: матер. межд. науч.-практ. конф./ НГСХА. Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. С. 5-11.
4. Титова В.И. Кафедра агрохимии: Прошлое, Настоящее, Будущее.../ В.И. Титова// Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2018. № 2. С. 50-58.

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «АГРОЭКОЛОГИЯ» В НИЖЕГОРОДСКОЙ ГСХА (НГАТУ ИМЕНИ Л.Я. ФЛОРЕНТЬЕВА): ОТКРЫТИЕ, СТАНОВЛЕНИЕ, РАЗВИТИЕ

*Дабахова Е.В., д. с.-х. н., профессор
ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, dabakhova@yandex. ru*

Аннотация. В статье кратко изложены основные этапы формирования специальности «Агроэкология» и представлен вклад заведующего кафедры агрохимии и агроэкологии, доктора с.-х. наук, профессора Титовой В.И. в развитие научной школы и формирование современного мировоззрения в данной области у обучающихся биоэкологического факультета НГАТУ имени Л.Я. Флорентьева (ранее факультет почвоведения, агрохимии и агроэкологии) Нижегородской ГСХА.

Ключевые слова: Агроэкология, открытие, становление, развитие, современное состояние

Направление подготовки «Агроэкология» вот уже 30 лет является одним из наиболее востребованных и престижных среди предлагаемого университетом перечня образовательных услуг. Предпосылками ее возникновения в середине 90-ых годов прошлого столетия стал целый комплекс факторов, среди которых ключевая роль принадлежит изменениям, происходящим в стране. На конец 80-х – 90-е годы XX века пришлось становление и расцвет природоохранного движения в России: разработка природоохранного законодательства с его современными принципами; формирование системы государственных органов управления природопользованием и охраной окружающей среды, а также органов контроля и надзора в данной сфере; введение принципов платности природопользования и возмещения вреда окружающей среде и т.д. На этом фоне предприятия агропромышленного комплекса, особенно животноводческие комплексы промышленного типа, стали сталкиваться с серьезными проблемами во взаимодействии с природоохранными органами. Данный факт усугублялся тем, что большинство предприятий были построены в 60-70 гг. XX века и не соответствовали современным экологическим требованиям. Тогда же остро встала потребность в кадрах соответствующего профиля, причем не просто в инженерах-экологах, а в специалистах, которые наряду со знанием природоохранных норм, владеют информацией о специфике сельскохозяйственного производства, функционировании агроэкосистем и методах их оптимизации.

Параллельно в 90-е годы формировалось негативное общественное мнение по отношению к минеральным удобрениям. Широко обсуждались проблемы загрязнения почв, сельскохозяйственной продукции, источников питьевого водоснабжения нитратами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами и т.д. Причем зачастую степень опасности очень сильно преувеличивалась и совершенно не соответствовала реальной ситуации, игнорировались научные основы сельскохозяйственного производства, а зачастую и здравый смысл. Это можно назвать своего рода «детской болезнью» общества, на фоне которой

стремительно падала популярность специальности «Агрохимия и почвоведение». Дополнительным фактором, снижающим востребованность данной специальности, стала земельная реформа, сопровождаемая уничтожением системы РосНИИземпроект (Гипроземы), предоставлявшей рабочие места почвоводам.

В такой ситуации необходимо было придать новый импульс развитию факультета агрохимии и почвоведения, обеспечить его соответствие требованиям времени и ожиданиям абитуриентов. Для достижения этой цели было принято решение об открытии в 1995 году новой специальности – «Агроэкология». Руководителями, которые стояли у истоков, взяли на себя ответственность как за принятие решения, так за его реализацию, были Бусоргин Владимир Григорьевич, канд. с.-х. наук, профессор, декан факультета агрохимии и почвоведения (в последующем – декан факультета почвоведения, агрохимии и агроэкологии) и Титова Вера Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой агрохимии (в последующем – доктор с.-х. наук, профессор, заведующая кафедрой агрохимии и агроэкологии, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Заслуженный деятель науки Российской Федерации).

Несмотря на то, что в 1993 году в МСХА им. К.А. Тимирязева уже была открыта специальность «Агроэкология», в 1995 году не было учебников и учебных пособий, методических материалов, типовых рабочих программ и прочих, которые могли бы быть использованы при разработке необходимых документов и материалов для реализации новой образовательной программы. Основная нагрузка по решению этой задачи легла на кафедру агрохимии, основной кадровый состав которой на тот момент, кроме двух кандидатов с.-х. наук (В.И. Титова и В.Г. Бусоргин), включал четырех старших преподавателей (Л.Д. Варламова, В.В. Лаврова, Е.А. Крымова, М.В. Дабахов) и одного ассистента (Е.В. Дабахова) при среднем возрасте около 35 лет.

За несколько лет интенсивной работы были разработаны новые учебные курсы – сельскохозяйственная экология, экотоксикология, оценка воздействия на окружающую среду, экономика природопользования, охрана окружающей среды и рациональное природопользование, системный анализ и моделирование экосистем. Каждый из этих курсов можно назвать авторским, поскольку он в значительной степени отличался от дисциплин с аналогичным названием, преподаваемых в рамках специальности «Экология», был ориентирован на специалистов аграрного профиля и во многом основан на собственных научных исследованиях и опыте практической работы как с предприятиями АПК, так и с государственными природоохранными органами.

Среди ключевых направлений научно-практической и практической работы, реализуемых на кафедре агрохимии и агроэкологии и способствующих становлению новой специальности, можно назвать следующие: оценка эффективности использования новых биологических препаратов в растениеводстве; расчет лимитов на утилизацию органических отходов в агроэкосистеме; научное обоснование площади сельскохозяйственных земель, необходимых для безопасной утилизации органических отходов

животноводческих (птицеводческих) комплексов; оценка экологического состояния почв г. Нижнего Новгорода; оценка воздействия различных видов работ на состояние плодородного слоя почв; расчет ущерба аграрному производству при нарушении почв (убытки, упущенная выгода, стоимость рекультивации); разработка технологии рекультивации нарушенных земель; оценка возможности использования в агроэкосистеме нетрадиционных удобрительных материалов (послеспиртовая барда, свекловичный жом и т.д., осадки сточных вод очистных сооружений) и прочее. Руководителем большинства направлений работ из представленных выше являлась заведующая кафедрой агрохимии и агроэкологии В.И. Титова. Являясь выдающимся педагогом и увлеченным исследователем, она создала коллектив единомышленников, способный эффективно решать задачи, стоящие перед предприятиями АПК, а также организациями иного профиля, оказывающих влияние на состояние агроэкосистем. Благодаря этому кафедра стала центром притяжения для партнеров, среди которых наиболее крупными являлись ОАО «Агрофирма «Птицефабрика Сеймовская», ОАО «Свинокомплекс Ильиногорский», ОАО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы», АО «Сергачский сахарный завод», АО «Спиртзавод Чугуновский» и другие.

Через несколько лет все учебные дисциплины новой специальности были обеспечены собственными учебными пособиями: «Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости» (В.И. Титова, М.В. Дабахов), «Практикум по экологии» (В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов), «Экономика природопользования: курс лекций» (В.И. Титова), «Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве» (В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова), «Агро- и биохимические методы исследования состояния агроэкосистем» (В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов), «Охрана окружающей среды (В.И. Титова, Е.В. Дабахова) и другие. Практически все они были допущены УМО вузов РФ по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности «Агроэкология».

Параллельно с разработкой новой специальности, во многом в результате организаторского таланта руководителя кафедры, все сотрудники к 1998 году успешно защитили кандидатские диссертации. В последующем трое из них при консультировании профессора В.И. Титовой защитили докторские диссертации (Е.В. Дабахова, 2005; Л.Д. Варламова, 2007; М.В. Дабахов, 2012). В целом под руководством В.И. Титовой защищено более 30 кандидатских и 7 докторских диссертаций.

Позднее результаты многолетних исследований нашли отражение в монографиях: «Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования» (В.И. Титова, Л.К. Седов, Е.В. Дабахова), «Промышленное свиноводство и экология: проблемы сосуществования (В.И. Титова, В.Б. Караксин, Е.Ю. Гейгер), «Фосфор в земледелии Нижегородской области» (В.И. Титова, О.Д. Шафронов, Л.Д. Варламова), «Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования» (М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова),

«Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов» (М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова) и др., а также ряд методических рекомендаций для практиков: «Рекомендации по оценке состояния почв как компонента окружающей среды», «Рекомендации по экологической оценке и мерам снижения загрязнений почв и прилегающих к сельскохозяйственным угодьям компонентов окружающей среды», «Рекомендации по расчету ущерба от нарушения земель сельскохозяйственного назначения при прокладке и ремонте линейных сооружений» и др. Последняя из указанных работ была выполнена по заказу Министерства сельского хозяйства и продовольственных ресурсов Нижегородской области и широко использовалась при урегулировании конфликтов между сельхозтоваропроизводителями и организациями, проводящими работы, связанные с нарушением земель сельскохозяйственного назначения.

В дальнейшем направление подготовки «Агроэкология» продолжило свое развитие. К нему подключились ресурсы кафедры почвоведения и природообустройства, возглавляемой до недавнего времени д.б.н., профессором Н.В. Поляковой. Менялись профили в зависимости от потребностей рынка труда и стоящих перед отраслью АПК задач, а также направлений развития научных исследований на факультете. Менялся кадровый состав ключевых кафедр, но неизменными оставались принципы, заложенные 30 лет назад Заслуженным деятелем науки, профессором В.И. Титовой: успешное развитие образовательной программы возможно только при интеграции образовательной, исследовательской и научно-практической деятельности коллектива кафедры при полной самоотдаче каждого ее члена. Благодаря этому принципу под ее руководством сложилась одна из самых заметных в России научных школ агроэкологов.

УДК 001.32:[63:54]:[378.095:63](09)(476.4)

**ВКЛАД УЧЕНЫХ-АГРОХИМИКОВ БЕЛОРУССКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ В РАЗВИТИЕ
АГРОХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ**

*Персикова Т.Ф., д. с.-х. н., профессор, Радкевич М.Л. к.с.-х. н.,
Царева М.В., к.с.-х. н., доцент, Мишура О.И., к.с.-х. н., доцент,
Коготько Ю.В. к.с.-х. н., доцент*

*УО «Белорусская государственная орденов октябрьской революции и
трудового красного знамени сельскохозяйственной академии»,
rml0916@mail.ru*

Аннотация. В статье отражены основные этапы развития агрохимической науки в УО Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Представлена информация о научных исследованиях, проводимых на кафедре агрохимии и почвоведения.

Ключевые слова: агрохимия, удобрение, урожайность, плодородие.

Изучение процесса питания растений и взаимодействия между растением, почвой и удобрением составляет теоретические основы агрохимии. Очень важно научиться управлять продуктивностью сельскохозяйственных культур и качеством растениеводческой продукции, обеспечивая оптимальное питание растений на протяжении всей вегетации, широко используя методы оперативной почвенно-растительной диагностики. Практическое осуществление химизации сельского хозяйства, обеспечение комплексного применения химических средств при возделывании сельскохозяйственных культур возложены на агрохимическую службу Республики Беларусь [1].

Агрохимия как наука в практическом ее предназначении становится теоретической основой всей химизации земледелия, исследования в которой должны касаться не только собственно удобрений, но и массы других веществ природного или искусственного происхождения, используемых с целью обеспечения питания растений, а также создания оптимальных условий для их роста и развития [2].

Важнейшие задачи агрохимии – создание оптимальных условий питания растений и повышение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур путем внесения минеральных удобрений, известкования, а также повторного вовлечения в биологический круговорот уже использованных растениями питательных элементов, перешедших в навоз и другие органические удобрения.

Вспоминая историю, анализируя события и факты в связи с развитием сельскохозяйственного производства, изменениями в политической и экономической жизни общества, становится очевидным, что настоящее неразрывно связано с прошлым, а прошлое в немалой степени определяет будущее. Научные исследования в области агрохимии начались в Горках задолго до образования кафедры агрохимии, в Горыгорецкой земледельческой школе. Позже, при образовании кафедры (образована в 1921 г. в Горецком сельскохозяйственном институте (с 1925 г. – Белорусская сельскохозяйственная академия)), исследования ее первого заведующего доктора сельскохозяйственных наук, профессора, впоследствии академика АН БССР и ВАСХНИЛ О.К. Кедров-Зихман получили мировую известность и до сих пор являются теоретической основой химической мелиорации почв. Важное место среди этих исследований занимало изучение роли магния в известковых удобрениях. Сотрудниками кафедры было доказано, что высокое содержание магния в известковых удобрениях является полезным для ряда сельскохозяйственных культур. Это обусловило строительство крупнейшего предприятия по производству доломитовой муки в Республики Беларусь (ОАО «Доломит») (на базе месторождения «Руба») и странах СНГ. Кроме того, ученые Белорусской государственной сельскохозяйственной академии сформулировали положения об отрицательном влиянии известкования на картофель, лен и люпин, а также о том, что известкование доломитовой мукой способствует повышению содержания магния до значений, снижающих урожай и других культур.

Довоенные годы (1938-1941) были ознаменованы изучением возможности применения сапропелей в качестве удобрений.

В послевоенный период (1945-1972) вся научная деятельность кафедры была направлена на изучение питания растений, рациональных способов внесения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры. Заведующий кафедрой Р.Т. Вильдфлуш со своими учениками разработали теоретические основы применения удобрений под основные сельскохозяйственные культуры. В эти же годы было детально изучено действие рядкового удобрения на урожай различных сельскохозяйственных растений. Сформулированные производству рекомендации были весьма своевременными, и промышленность начала производить и поставлять сельскому хозяйству комбинированные сеялки [3].

Проведение дальнейших исследований обусловило необходимость закладки длительных полевых опытов в различных севооборотах. Большой вклад в развитие данного направления внесли Шемпель В.И. и Брагин А.М. Известными учеными были впервые заложены длительные опыты, организованы опытные поля. В итоге впервые для дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси были определены нормативы затрат удобрений для урожайности зерновых на уровне 40–50 ц/га и соответствующих урожаев других сельскохозяйственных культур при бездефицитном балансе гумуса и повышении степени окультуренности почвы на основе изменений агрохимических и агрофизических свойств почвы. Эти нормативы были использованы при разработке республиканских рекомендаций, которые применяются и в настоящее время.

По инициативе Р.Т. Вильдфлуша в 1964 г. в БСХА открыли проблемную лабораторию с отделом питания растений при кафедре агрохимии.

Профессором А.И. Горбылевой в течение 25 лет изучалась сравнительная эффективность ленточного внесения НРК-удобрений под все культуры двух пятипольных севооборотов и периодического (запасного) внесения РК-удобрений с ежегодным разбросным внесением.

Заслуженный работник высшей школы БССР, доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.А. Каликинский вместе со своими учениками продолжили изучать приемы внесения удобрений на сенокосах, осадка сточных вод, соломы, новых форм удобрений в севооборотах, микроудобрений под бобовые культуры, хелатной формы микроудобрений под сельскохозяйственные культуры.

В исследованиях кафедры во время работы в должности заведующего Ионас В.А. большое внимание уделялось действию новых форм удобрений в севооборотах, эффективности применения жидких комплексных удобрений, новых форм фосфоросодержащих удобрений (суперфос, полифосфат кальция, аммофосфат, сульфоаммофосфат и др.). Обстоятельная экспериментальная работа на кафедре агрохимии в это время (1991-1996 гг.) выполнена по изучению фосфатного режима дерново-подзолистых почв Беларуси, фракционному составу органических и минеральных фосфатов, разработке приемов повышения эффективности фосфорных удобрений.

С 1996 по 2020 гг. кафедру возглавлял доктор сельскохозяйственных наук, профессор Игорь Робертович Вильдфлуш. Им создана научная школа по проблемам оптимизации фосфатного режима дерново-подзолистых почв, исследованию эффективности новых форм удобрений, бактериальных диазотрофных и фосфатмобилизующих биопрепаратов, регуляторов роста растений, разработке энергосберегающей технологии комплексного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании сельскохозяйственных культур.

Разработанные профессором Персиковой Т.Ф. научные направления и рекомендации явились значительным вкладом в теорию и практику биологизации земледелия Республики Беларусь, внедрения экологически безопасных энергосберегающих технологий в производство, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Проведенные исследования позволили Кукреш С.П. разработать комплекс агрохимических приемов, способствующих повышению урожайности и качества льнопродукции, основанных на выявлении наиболее эффективных форм, доз, способов и соотношений минеральных удобрений; медленнодействующих азотных и комплексных удобрений с добавками биологически активных веществ гуминовой природы и микроэлементов, установлении доз, сроков и способов внесения макро- и микроэлементов.

На протяжении ряда лет преподаватели кафедры являлись руководителями научно-технических программ или их разделов (Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь, государственных научно-технических программ «Агропромкомплекс», «Агропромкомплекс – возрождение села», «Земледелие и растениеводство», «Биорациональные пестициды», «Биопродуктивность», «Агропромкомплекс – устойчивое развитие», «Инновационные системы земледелия» и другие.

Для проведения научно-исследовательской работы аспирантами, магистрантами, студентами и преподавателями открыты филиалы кафедры в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и РУП «Учхоз БГСХА». Кафедра имеет лаборатории агрохимического анализа растений, агрохимического анализа удобрений, агрохимического анализа почв и химического анализа растений, оснащенных современным оборудованием и приборами, в которых проводятся лабораторно-практические и практические занятия.

Научно-исследовательская работа на кафедре агрохимии и почвоведения ведется по направлениям изыскания рациональных способов внесения удобрений, изучению новых форм минеральных, органических, микроудобрений, бактериальных препаратов, регуляторов роста, позволяющих снизить энергозатраты, связанные с применением удобрений, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду и получать экологически чистую растениеводческую продукцию. Исследования эффективности комплексного применения средств химизации при возделывании озимых и яровых зерновых культур, гороха, кукурузы, картофеля, озимого и ярового рапса проводит доцент Коготько Ю.В. Профессорско-преподавательский состав кафедры (доценты Мишура О.И., Радкевич М.Л.) участвует в определении

степени снижения плодородия почв после выполнения технической рекультивации и разработке мероприятий по восстановлению их плодородия.

Научное обоснование доз и способов внесения куриного помета и их влияние на продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур, для повышения плодородия дерново-подзолистых почв в условиях конкретных сельскохозяйственных организаций является предметом исследования доцента кафедры агрохимии и почвоведения Царевой М.В.

Научные исследования по установлению влияния гранулированного органического удобрения, полученного методом термической сушки из куриного помета, на урожайность и качество картофеля проводят доценты Персикова Т.Ф., Царева М.В., Курганская С.Д., Вaleyша Е.Ф., Мурзова О.В.

В настоящее время сотрудниками кафедры проводятся научно-исследовательские работы по определению эффективности известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы отходами производства ОАО «Белорусский цементный завод» (доценты Мишура О.И., Радкевич М.Л.).

Дальнейшее повышение продуктивности почв необходимо не за счет повышения объемов применения минеральных удобрений, а за счет повышения эффективности их использования. Чтобы получать высокую отдачу от применения удобрений, необходимо организовать их рациональное использование на основе внедрения в хозяйствах энергосберегающих, экологически сбалансированных систем удобрения сельскохозяйственных культур. Все это будет возможным, благодаря развитию и совершенствованию в дальнейшем агрохимической науки.

Литература

1. Агрохимия : учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.] ; под редакцией И. Р. Вильдфлуша. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 600 с.
2. В. Б. Воробьев, И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, М. Л. Радкевич, Ю. В. Коготько, Э. М. Батыршаев. К 100-летию кафедры агрохимии УО БГСХА // Вестник БГСХА. – № 4 – 2021. – С.154-160.
3. Титова, В.И. Понятие агрохимикатов, современные тренды их применения в отрасли земледелия АПК России // Агрохимический вестник. – № 2 – 2017. –С.6-9

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ХИМИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Сидиков С., Гафурова Л., Эргашева О.

*Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, г. Ташкент,
la.gafurova@nuu.uz*

Аннотация. В статье дана краткая информация об истории развития агрономической химии в Узбекистане. Описано становление земледелия и подходы наших предков к питанию растений, использование для этого имеющихся ресурсов, этапы развития агрохимии, роль научных и образовательных учреждений и вклад известных ученых-агрохимиков в теоретическое познание науки.

Ключевые слова: агрономическая химия, удобрение, история земледелия плодородие

Известно, что Средняя Азия является одним из древнейших центров земледелия. В то время, когда армии Александра Македонского вторглись в Среднюю Азию, сопровождавшие его ученые и философы высоко оценили земледельческую культуру региона, особенно орошаемое земледелие. Позднее и другие представители европейских стран в своих трудах отмечали, что в Средней Азии земледелие отличалось наивысшей культурой.

В VI-V тысячелетиях до н.э. земледелие переместилось с территории современного Ирана в Южный Туркестан, положив начало земледельческой культуре, называемой «Джайтун». К эпохе энеолита (IV–III вв. до н. э.) в долине Зарафшана начали заниматься земледелием. Во II тысячелетии до н.э. на территории современной Бухары сформировались земледельческие культуры «Замонбабо» и «Тозабегип», а позднее и земледельческая культура «Чуст». К этому времени для повышения плодородия почвы начали использовать местные удобрения. В священной книге «Авесто» также упоминается, что орошаемое земледелие и животноводство возникли в Средней Азии 7-8 или даже 10 000 лет назад.

Знаменитый труд «Китаб ул Джамахир фи Маърифатиль Джавахир» великого ученого-энциклопедиста Абу Райхана Мухаммада ибн Ахмада Беруни (978-1048) является первым важным сохранившимся руководством по изучению свойств материнской породы и минеральной части почвы [1,2].

Развитие агрохимии в Средней Азии неразрывно связано с историей и совершенствованием земледелия, формированием взглядов на питание растений, применения удобрений.

Минеральные удобрения впервые появились в Азии в начале XX века, а точнее в 1906 году. Первые исследования по внесению минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Туркестане были проведены Р.Р. Шредером, М.М. Бушуевым и И.К. Негодновым, и в этих опытах на гектар земли вносилось около 30-60 кг азотных и фосфорных удобрений. Малое количество вносимых удобрений и низкий уровень агротехнических мероприятий, естественно, не позволили продемонстрировать эффективность удобрений [1].

Значительную роль в развитии агрохимии и почвоведения в Узбекистане сыграл Институт почвоведения и геоботаники, созданный в 1920 году при Среднеазиатском государственном университете. Ученые института Э.Г. Вухрер, А.З. Генусов, Е.К. Круглова, Т.С. Закиров, Г.И. Кобзева, В.В. Валиев, А. Эргашев, Р. Кузиев, Х. Рискиева, Л.Н. Толстова, М.М. Ташкузиев, Т.Х. Ходжиев, Ш. Бобомуродов, Н. Абдрахманов, А.Ж. Баиров, А. Каримбердиева, Н. Шодиева, Ш. Жураев и др. изучали агрохимические свойства, биологическую активность, микроэлементный состав почвы, органическое вещество и питательные элементы в орошаемых и неорошаемых почвах Узбекистана и пути повышения эффективности удобрений, разработали системы оптимального питания сельскохозяйственных культур на основе диагностики почвы и растений [3].

Большую роль в решении вопросов применения удобрений в хлопководстве и развитии агрохимической отрасли сыграло открытие в 1929-30 годы Научно-исследовательского института удобрений (НИИУ) и Научно-исследовательского института хлопководства (НИИХ). Эти два научных центра начали проводить эксперименты на всех почвах, распространенных в хлопкосеющем регионе Средней Азии. Эксперименты проводились в условиях монокультуры и севооборота хлопчатника, с внесением удобрений и без них [1,2].

Ташкентский государственный аграрный университет играет особую роль в подготовке многих талантливых специалистов для сельскохозяйственного производства нашей республики, а также в развитии агрохимии и почвоведения. Известные ученые-агрохимики университета, такие как С.А. Кудрин, Б.П. Мачигин, П.В. Протасов, М.З. Казиев, Е.А. Жориков, И.Н. Ниязалиев, Т.П. Пирахунов, Р. Сафагараева, М. Каримов, Д. Халикова, М. Саидова, М. Атабаев провели обширные исследования по изучению агрохимических свойств почв Узбекистана, уровня их обеспеченности элементами питания, влияния азота, фосфора и калия на количество урожая хлопчатника и качество волокна, разработали научно-обоснованные рекомендации [4]. В 1939 году Б.П. Мачигин предложил метод определения количества подвижных фосфатов в карбонатных почвах Средней Азии, который не утратил своей актуальности по настоящее время [1].

Первые почвенно-агрохимические исследования в Зарафшанской долине связаны с деятельностью СамСХИ. Ученые А.П. Заиканов, Д.М. Кугучков, П.У. Узаков, Х.Х. Хамдамов, Ф.Х. Хошимов, Т. Артиков проводили обстоятельные региональные почвенно-агрохимические исследования в Зарафшанской и Ферганской долинах [2].

В годы войны в Узбекистан из России и братских республик было эвакуировано большое количество научно-исследовательского оборудования и ученых. С их помощью, особенно Д.Н. Прянишниковым и его учениками были решены ряд практических агрохимических вопросов.

Практически нет ни одного теоретического направления развития агрохимии как науки или практики химизации земледелия без активного влияния на них работ Д.Н. Прянишникова и его учеников. Он был активным

пропагандистом всего нового, передового, смело выступал против ошибочных положений в науке, всего того, что мешало научно-техническому прогрессу сельского хозяйства и тормозило развитие химической промышленности по производству минеральных удобрений.

Д.Н. Прянишников первым начал готовить кадры агрономов-агрохимиков. Он - автор фундаментального руководства «Агрохимия», в котором представлен многолетний мировой опыт применения удобрений, сформулированы теоретические основы агрохимии в тесной связи с биохимией и физиологией растений.

В 1941-1943 годах Д.Н. Прянишников заведовал кафедрой агрохимии Самаркандского сельскохозяйственного института и провел ряд научных работ по применению азотных удобрений в хлопководстве и возделывании сахарной свеклы. Он доказал, что введение сахарной свеклы в систему севооборотов в Средней Азии не только обеспечивало население страны сахаром, но и обеспечивало скот питательными кормами, но и дало положительные результаты в повышении урожайности хлопчатника. Исследования Д.Н. Прянишникова по возделыванию пропашных культур и внесению под них минеральных удобрений на орошаемых полях Средней Азии дали толчок дальнейшему быстрому развитию земледелия в этом регионе [1,2].

Кафедра агрономии, основанная в 1949 г. в Ташкентском государственном университете (ныне Национальный университет Узбекистана) провела значительную работу по решению ряда теоретических и практических проблем хлопководства, в результате чего изучение агрохимических свойств почв в Узбекистане превратилось в огромную отрасль науки общегосударственного значения. Наряду с подготовкой опытных агрохимиков достойный вклад в развитие агрономической науки и сельского хозяйства республики внесли такие известные ученые, как С.Н. Рыжов, Н.П. Малинкин, К.Б. Саакянц, Ж. Сатторов, Г.А. Каменир-Бичков, В. Валиев, Э. Зиямухамедов, У. Бектураев, Л.А. Копейкина, С. Сидиков, М. Фахрутдинова, С. Мухамадиев и др. Этими учеными создана система удобрения хлопчатника в зависимости от его генотипической специфики отзывчивости, разработаны научные основы использования удобрений в засоленных почвах, установлены причины разного роста корней сортов хлопчатника в зависимости от фона удобрений [1,2,12].

Представителями этой школы являются С. Сидиков, Ю. Кенжаев, Б. Мусаев, С. Махаммадиев, У. Касимов и др. Ими проводились исследования в области агрохимического картирования почв и дифференцированного применения удобрений под различные сельскохозяйственные культуры, разработаны технологии приготовления компостов из сельскохозяйственных и бытовых отходов, применение нетрадиционных удобрений и сидератов в сельском хозяйстве [1,2,12].

Агрохимические исследования в нашей стране проводились в тесной связи с проблемами агропочвоведения. Становление и активное развитие агробиозкологии началось с организации профессором Л.А. Гафуровой Центра АгроБиоЭкотехнологии в Национальном университете Узбекистана, в котором под её руководством талантливые ученые - Г. Джалилова, Г. Набиева, Д.

Кадилова, М. Саидова, В. Шерембетов, Д. Махкамова, О. Эргашева, А. Мураткасимов, М. Давлетмуратов, Г. Шамуратова, Р. Мадримов, Ф. Мамадияров, О. Шарипов, М. Курбанов, З. Исламова, М. Мамасолиева и др. проводили исследования по разработке информационно-аналитической системы изучения агрохимических свойств почвы, использованию новых микробиологических препаратов для оптимизаций питательного режима повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и аридных почв [7,8,9,13,20,21].

На основе широкомасштабных исследований по изучению значений биологической активности в плодородии почв во взаимозависимости с агрохимическими свойствами и эколого-биологическим состоянием аридных почв с применением современных информационных систем и созданием картографических моделей, предоставляющих современные подходы при оценке состояния почвенного покрова учеными Центра [11,17,18,19].

В перспективе для дальнейшего укрепления продовольственной безопасности страны необходимо внедрение в аграрный сектор передовых и инновационных технологий, привлечение прямых иностранных инвестиций, рациональное, эффективное и экономное использование минеральных удобрений, налаживание органического земледелия и производства экологически чистой продукции, создание новых видов жидких суспензионных комплексных удобрений, средств защиты растений, регуляторов роста и биопрепаратов, повышающих устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам, а также увеличение урожайности за счет создания оптимальной питательной среды создания новой системы применения удобрений в условиях изменения климата в адаптивно-ландшафтом земледелии и ее цифровизации и информатизации.

Литература

1. Агрохимия, под редакцией Ж. Саттарова. Учебник. Ташкент, изд-во Чулпон, 2011. – 552 с.
2. Гафурова Л., Пирахунова Ф. Микроэлементы и сера в эродированных типичных сероземах, сформированных на отложениях неогена и их влияние на производительную способность почвы. Ташкент-2006. –137с.
3. Гафурова Л., Раупова Н. Гумусное состояние эродированных типичных сероземов, сформированных на красноцветных отложениях неогена и некоторые пути его регулирования. Ташкент-2004. –87с.
4. Институту почвоведения и агрохимии 70 лет. Ташкент, 1990. –238 с.
5. Кадилова Д. Биодиагностика состояния и пространственно-временных изменений деградированных почв Сурхан-Шерабадской долины. Автореферат диссертации доктора биологических наук (DSc) Ташкент-2019. -55с.
6. Мамадиёров Ф. Влияние органических удобрений, бобовых и кормовых культур на свойства орошаемых светлых сероземов (в условиях Кашкадарьинской области). Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по сельскохозяйственным наукам. Ташкент-2022. -46с.
7. Мураткасимов А. Современное состояние богарных типичных сероземов и пути их эффективного использования (на примере почв Галляаральского района)

Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по сельскохозяйственным наукам. Ташкент-2021. -44с.

8. Набиева Г. Деградированные пастбищные почвы и совершенствование технологий повышения их продуктивности. Автореферат диссертации доктора биологических наук (DSc). Ташкент-2016. -73с.

9. Национальная энциклопедия Узбекистана. Ташкент, Издательство Узбекистон миллий энциклопедияси, 2000-2006гг. –8344 с.

10. Сатторов Ж.С., Сидиков С. Баланс углерода и азота в орошаемом земледелии Узбекистана. Современное состояние почвенного покрова, сохранение и воспроизводство плодородия почв. Межд. науч. конф., посвященная 65-летию Инс. Почвоведения и агрохимии им. У.У.Успанова. 15-16 сентября Алматы, 2010. -С. 34-39.

11. Шамуратова Г. Современное состояние орошаемых почв Приаралья и агробиотехнологии повышения их продуктивности (на примере почв Нукусского района). Автореферат диссертации доктора философии (PHD) по сельскохозяйственным наукам Ташкент-2023. - 45с.

12. Шеримбетов В. Выявление и оценка опустынивания почв Джизакской степи с применением ГИС технологии и обработки данных дистанционного зондирования. Автореферат диссертации доктора философии (PHD) по биологическим наукам Ташкент-2019. -44с.

**Значение генезиса и возможности оптимизации
плодородия почв в агроэкосистемах.
Геоинформационные системы и цифровые методы
как современный вектор развития агротехнологий**

УДК 631.51:631.8:631.582

**ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО
ПЛОДОРОДИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В
ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦТЗ**

Беленков А.И., д. с.-х. н., профессор, консультант

ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени

В.Р. Вильямса, belenokaleksis@mail.ru

Акимов А.А., к. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой

ФГБОУ ВО «Тверская ГСХА», akimov-agro@yandex.ru

Аннотация. Эффективность и результативность любого опыта зависит от индивидуального вклада каждого из изучаемых факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур. Нами рассмотрено влияние отдельных показателей, оказавших влияние на формирование урожайности зерновых культур в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ) за период, равный двум ротациям опытного севооборота. Установлено влияние метеорологических, агрофизических, биологических и агрохимических факторов плодородия на урожайность озимой пшеницы и ячменя.

Ключевые слова: полевой опыт, плодородие, обработка почвы, урожайность, зерновые культуры, метеоусловия, показатели плодородия, результат, эффективность.

Введение. Важной характеристикой любой технологии возделывания сельскохозяйственных культур является выявление взаимосвязи их продуктивности и слагаемых показателей, влияющих на ее величину. Это особенно актуально при решении вопросов эффективности точного земледелия. Именно здесь, исходя из складывающихся условий, следует четко и планомерно определить необходимость и своевременность тех или иных мероприятий, связанных с проведением различных агроприемов при реализации технологии точного земледелия. Применение точного земледелия позволяет резко повысить урожайность культур, улучшить качество продукции, сократить затраты, снизить воздействие удобрений и гербицидов на окружающую среду (Точное сельское хозяйство..., 2009; Kang M.Z., Wang F.Y., 2017).

Объекты и методы. Основой явились многолетние данные полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, где в течение восьми лет сравнивались две технологии (фактор А) и по два приема основной обработки почвы (фактор В), проводимых под каждую культуру зернопропашного севооборота. Повторность двукратная. Две технологии возделывания зерновых культур подразделяли на традиционную для культуры в зоне проведения исследований, и точную, с применением соответствующего навигационного оборудования GPS и программного обеспечении SMS Advans. Для озимой пшеницы исследовали два способа обработки – отвальный, проводимый оборотным плугом и нулевой или прямой

посев без всякой предварительной обработки почвы. Под ячмень, в одном случае пахали упомянутым орудием, во втором – проводили минимальную обработку агрегатом Pegasus (Координатное земледелие..., 2013; Агробιοтехнологии XXI века..., 2022).

Цель исследований - сопоставление урожайности зерновых культур, разбитой на группы с одинаковым шагом, независимо от изучаемых факторов, и ряда важнейших показателей, усредненных за период, разбитых на группы по методике статистической оценки сгруппированных повторений.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены данные по урожайности озимой пшеницы за период с 2009 по 2016 гг., т.е. за две ротации четырехпольного севооборота в зависимости от технологии возделывания и приема основной обработки дерново-подзолистой почвы. Тридцать две величины данных по озимой пшенице за восьмилетний период, независимо от технологии возделывания и приема обработки почвы, были разбиты с одинаковым шагом на 6 групп. Здесь же представлены частоты встречаемости и принадлежности показателей по каждой группе (Матюк Н.С., Мазиров М.А., Полин В.Д. и др., 2018; Беленков А.И., Береза Д.В., 2021; Титова В.И., 2024)).

Таблица 1. Группы показателей, определяющих рост, развитие, формирование урожайности озимой пшеницы в 2009-16 гг.

Показатели	Количественные показатели						
1	2	3	4	5	6	7	8
	Агromетеопоказатели						
Средняя температура воздуха за вегетацию, °С Частота, шт. / %	6-10	11-15	16-20	21-25	-	-	Итого
	1/3,1	10/31,3	15/46,9	6/18,8	-	-	32
Количество осадков за вегетацию, мм Частота, шт. / %	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	Итого
	5/15,6	6/18,8	6/18,8	5/15,6	5/15,6	5/15,6	32/100
Относительная влажность воздуха за вегетацию, % Частота, шт. / %	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	Итого
	5/15,6	4/12,5	6/18,8	5/15,6	8/25	4/12,5	32/100
	Показатели продуктивности, роста и развития						
Урожайность, т/га Частота, шт. / %	4,0-4,4	4,5-4,9	5,0-5,4	5,5-5,9	6,0-6,4	6,5-6,9	Итого
	4/12,5	5/15,6	5/15,6	5/15,6	7/21,8	6/18,8	32/100
Сохранность к уборке, % Частота, шт. / %	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	Итого
	3/9,4	11/34,4	6/18,8	7/21,9	4/12,5	1/3,1	32/100

Продолжение таблицы 1

Показатели	Количественные показатели						
1	2	3	4	5	6	7	8
Густота стояния, шт./м ²	351-375	376-400	401-425	426-450	451-475	476-500	Итого
Частота, шт. / %	3/9,3	3/9,3	3/9,3	5/15,6	6/18,8	12/37,5	32/100
Масса корней, т/га	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0	Итого
Частота, шт. / %	5/15,6	5/15,6	7/21,9	5/15,6	5 /15,6	5/15,6	32/100
Агрофизические показатели плодородия почвы							
Влажность почвы, %	8,6-11,0	11-13,5	13,6-15,0	15-17,5	17,6-20	-	Итого
Частота, шт. / %	2/6,25	15/46,9	8/25	3/9,4	4/12,5	-	32/100
Плотность почвы, г/см ³	1,16-1,20	1,2-1,25	1,26-1,30	1,3-1,35	1,36-1,4	-	Итого
Частота, шт. / %	3/9,4	3/9,4	8/25	10/31,3	8/25	-	32/100
Твердость почвы, КПа	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	Итого
Частота, шт. / %	6/18,8	8/25	7/21,9	4/12,5	4/12,5	3/9,3	32/100
Биологические показатели плодородия почвы							
Биологическая активность почвы, %	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	-	Итого
Частота, шт.	10/31,3	10/31,3	9/28,1	2/6,25	1/3,1	-	32/100
Биологическая токсичность почвы, %	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	Итого
Частота, шт.	5/15,6	5/15,6	6/18,8	6/18,8	5/15,6	5/15,6	32/100
Содержание гумуса в 0-20 см почвы, %	2,1-2,25	2,26-2,5	2,51-2,75	2,76-2,8	2,8-2,85	2,9-3,0	Итого
Частота, шт.	8/25	9/28,1	11/34,4	-	2/6,25	2/6,25	32/100
Агрохимические показатели плодородия почвы							
Содержание общего азота в 0-20 см, %	0,106-0,110	0,111-0,115	0,116-0,120	0,121-0,125	0,126-0,130	-	Итого
Частота, шт.	4/12,5	4/12,5	8/25	7/21,9	9/28,1	-	32/100
Содержание фосфора в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-175	176-200	201-225	226-250	251-275	-	Итого
Частота, %	7/21,9	7/21,9	13/40,6	5/15,6	-	-	32
Содержание калия в слое 0-20 см, мг/кг почвы	-	126-150	151-200	201-225	-	-	Итого
Частота, %	-	4/12,5	16/50	12/37,5	-	-	32

Минимальной урожайности культуры соответствовала группа 3,0-3,4 т/га, которая насчитывала из общего перечня, 3 раза встречаемости, что составляло 9,4%. Группа с максимальной урожайностью 6,5-6,9 т/га насчитывала 4 повторения. Остальные группы занимали промежуточное положение. Если представить влияние метеоусловий, то температура воздуха 11-15 и 16-20 °С

обеспечивали влияние на формирование стабильного урожая озимой пшеницы 4,5-4,9 и 5,0-5,4 т/га в 10 случаях или 31,3 % и 15 шт., 46,9 % соответственно. Количество осадков, составляющие группы 1-5, 6-10 и 11-15 мм обеспечивали два раза в 5 и 6 случаях наибольшее влияния на урожайность озимой пшеницы, соответственно 15,6 и 18,8%. Относительная влажность воздуха в интервалах 61-65, 66-70 и 71-75% (15,6, 18,8 и 25%) обеспечивала наибольшее количество продуктивных интервалов в общем вариационном ряду.

Аналогичная характеристика по 32 показателям, влияющих на урожайность ячменя. Средняя ее в 7 случаях или 21,9% находилась в интервале 3,0-3,4 т/га и в 8 или 25% в пределах 3,5-4,0 т/га (таблица 2).

Таблица 2. Группы показателей, определяющих рост, развитие, формирование урожайности ячменя в 2009-16 гг.

Показатели	Количественные показатели						
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрометеопоказатели							
Средняя температура воздуха за вегетацию, °С Частота, шт. / %	6-10	11-15	16-20	21-25	-	-	Итого
	1/3,1	10/31,3	15/46,9	6/18,8	-	-	32/100
Количество осадков за вегетацию, мм Частота, шт. / %	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	Итого
	6/18,8	4/12,5	7/21,9	3/9,3	6/18,8	6/18,8	32/100
Относительная влажность воздуха за вегетацию, % Частота, шт. / %	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	Итого
	5/15,6	4/12,5	6/18,8	5/15,6	8/25	4/12,5	32/100
Показатели продуктивности, роста и развития							
Урожайность, т/га Частота, шт. / %	3,0-3,4	3,5-3,9	4,0-4,4	4,5-4,9	5,0-5,4	5,5-5,9	Итого
	7/21,9	8/25	5/15,6	5/15,6	4/12,5	3/3,1	32/100
Сохранность к уборке, % Частота, шт. / %	-	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	Итого
	-	8/25	8/25	6 18,8	6/18,8	4/12,5	32/100
Густота стояния, шт./м ² Частота, шт. / %	351-375	376-400	401-425	426-450	451-475	476-500	Итого
	3/9,4	1/3,1	9/28,1	7/21,9	7/21,9	5/15,6	32/100
Масса корней, т/га Частота, шт. / %	3,6-4,0	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	-	Итого
	4/12,5	7/21,9	8/25	8/25	5/15,6	-	32/100
Агрофизические показатели плодородия почвы							
Влажность почвы, %	-	8,6-11,0	11,1-13,5	13,6-15,0	-	-	Итого

Продолжение таблицы 2

Показатели	Количественные показатели						
1	2	3	4	5	6	7	8
Частота, шт. / %	-	7 / 21,9	16 / 50,0	9 / 28,1	-	-	32 / 100
Плотность почвы, г/см ³	-	1,2-1,25	1,26-1,30	1,3-1,35	1,36-1,4	-	Итого
Частота, шт. / %	-	7/21,9	13/ 40,6	8/25	4/12,5	-	32/100
Твердость почвы, КПа	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	Итого
Частота, шт. / %	8/25	6/18,8	5/15,6	5/15,6	4/12,5	4/12,5	32 / 100
Биологические показатели плодородия почвы							
Биологическая активность почвы, %	6-10	11-15	16-20	21-25	-	-	Итого
Частота, шт.	10/31,5	12/37,5	9/28,1	1/3,1	-	-	32/100
Биологическая токсичность почвы, %	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	Итого
Частота, шт.	7/21,9	13/40,6	5/15,6	2/6,25	3/9,4	2/6,25	32/100
Содержание гумуса в 0-20 см почвы, %	1,96-2,0	2,1-2,25	2,26-2,5	2,5-2,75	2,76-2,8	-	Итого
Частота, шт.	2/6,25	8/25	10/31,5	9/28,1	3/9,4	-	32/100
Агрохимические показатели плодородия почвы							
Содержание общего азота в 0-20 см, %	0,100-0,105	0,106-0,110	0,111-0,115	0,116-0,120	0,121-0,125	0,126-0,130	Итого
Частота, шт.	5/15,6	3/9,4	8/25	3/9,4	7/21,9	6/18,9	32/100
Содержание фосфора в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-175	176-200	201-225	226-250	251-275		Итого
Частота, %	5/15,6	7/21,9	15/46,9	3/9,4	2/6,25	-	32/100
Содержание калия в слое 0-20 см, мг/кг почвы	101-125	126-150	151-200	201-225	226-250	-	Итого
Частота, %	1/3,1	4/12,5	11/34,4	10/31,5	6/18,8	-	32/100

Связь метеоусловий, показателей почвенного плодородия и продуктивности ячменя обусловлена теми же значениями и подчинена тем же закономерностям, характерными для озимой пшеницы. При этом можно предположить, что различные показатели метеоданных (температура воздуха, количество выпавших осадков, относительная влажность воздуха), динамика показателей почвенного плодородия на ячмене определяли более скромную продуктивность, чем по озимой пшенице.

Заключение. Обобщая приводимые результаты, следует заметить, что, в настоящий момент, появилась вероятность прогноза урожайности отдельных сельскохозяйственных культур и, наоборот, имея данные по урожайности, можно делать пусть предварительные, возможно не вполне объективные

выводы по показателям развития растений, почвенного плодородия и другим. Это одна из особенностей технологии точного земледелия, когда появляется реальная возможность влияния на продуктивность культур и отдельные показатели, на нее влияющие и от них зависящие. Безусловным важным шагом и условием такого вывода, его объяснения явилось наличие большого количества данных, их реализация на практике по итогам и на основании результатов опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева.

Литература.

1. Агробιοтехнологии XXI века / 5.2 Научные и практические аспекты технологии точного земледелия в полевом опыте ЦТЗ: коллективная монография / ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. – С. 300-325.
2. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы под культурами зернопропашного севооборота / А.И. Беленков, Д.В. Береза // Агрохимический вестник. 2021. №4. – С. 3-8.
3. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / Н.С. Матюк, М.А. Мазиров, В.Д. Полин, Н.В. Малахов // Земледелие. 2018. № 2. – С. 33-36.
4. Координатное земледелие: Учебное пособие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. –148 с.
5. Титова, В.И. Влияние микробиологического препарата ВостокЭм на деструкцию соломы озимой пшеницы при ее возделывании по технологии No-Nill // «Научное наследие А.Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего» к 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко / Коллективная монография. - Суздаль, 2024. – С. 198-202.
6. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева.- СПб-Пушкин, 2009. 400 с.

УДК 631.83

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЛЬНЕ-ДОЛГУНЦЕ

Белоусова Е.Г., к.с.-х. н., доцент

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, tyurnikova.e@yandex.ru

Аннотация. Изучено влияние форм калийных удобрений на продуктивность льна-долгунца, возделываемого на светло-серой лесной легкосуглинистой почве в условиях полевого опыта. В ходе эксперимента установили, что наиболее эффективным бесхлорным удобрением на льне является калиймагnezия. Прибавки урожая льносоломки составили 19,9% и семян 18,3%.

Ключевые слова: лен-долгунец, сульфат калий, калиймагnezия, урожайность льносоломки.

Введение. Отечественные опыты по изучению форм калийных удобрений в основном проводились ВИУА, НИИУФ на дерново-подзолистых почвах, где отмечалось наиболее высокая эффективность калийных удобрений (Мочалова

А.Д., 1977). В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин (2000) отмечают, что при интенсивном земледелии усиливается потребление калия культурой, более четко проявляется его положительная роль в повышении устойчивости растений к неблагоприятным метеорологическим условиям, сопротивляемости вредителям и болезням, поэтому рост внимания к проблеме калийного питания растений закономерен.

Форма калийного удобрения оказывает влияние на продуктивность льна-долгунца. Он чувствителен к повышенной концентрации хлора в корнеобитаемом слое почвы. В этой связи при возделывании культуры отдается предпочтение бесхлорным формам калийных удобрений (Титова В.И., Тюрникова Е.Г., Ренжина Е.П., Шафронов О.Д., 2011; Белоусова Е.Г., 2021).

Методика исследований. Для изучения влияния форм калийных удобрений на продуктивность льна-долгунца в 2023 году был заложен полевой опыт на опытном поле в учебном хозяйстве п. Новинки. Опыт заложен методом обычных повторений, в 4-кратной повторности. Удобрения вносили весной до посева культуры, вручную, с последующей заделкой на глубину 15-18 см. В опыте использовали аммиачную селитру (34,6%), суперфосфат двойной (50%), сульфат калия (50%) и калимагнезию (30%). Площадь делянки составила 10 м², а учетная площадь 4 м². Опыт поставлен по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта

Вариант опыта	Содержание варианта
1. Контроль	Без внесения удобрений
2. NP – фон	Внесение азота в дозе 30 кг д.в./га и фосфора в дозе 60 кг д.в./га
3. Фон + K ₂ SO ₄	Внесение азота в дозе 30 кг д.в./га, фосфора в дозе 60 кг д.в./га и калия в дозе 90 кг д.в./га в форме сульфата калия
4. Фон + K ₂ SO ₄ ×MgSO ₄	Внесение азота в дозе 30 кг д.в./га, фосфора в дозе 60 кг д.в./га и калия в дозе 90 кг д.в./га в форме калимагнезии

Посев льна-долгунца сорта «Добрыня» проводили 11 мая 2023 года. Ширина междурядья на льне-долгунце составила 7 см. Агротехника возделывания культуры общепринятая для данной зоны. Уход за посевами состоял в прополке от сорняков, отбивки защитных полос. Уборка проводилась вручную сплошным методом 5 сентября 2023 года.

Почва светло-серая лесная легкосуглинистая характеризовалась очень низким содержанием органического вещества, сильнокислой реакцией среды, повышенным содержанием подвижного фосфора и низким – подвижного калия.

Анализы почвенных и растительных образцов выполнены в соответствии с принятыми в современной лабораторной практике методами. Математическую обработку результатов исследований проводили с использованием метода дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

Результаты исследований. Важнейшим фактором в повышении урожайности льна-долгунца является научно обоснованное применение минеральных удобрений. Также следует учитывать, что лен чувствителен к повышенным концентрациям почвенного раствора.

Влияние форм калийных удобрений на урожайность льна долгунца представлено в таблице 2.

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на урожайность льносоломки и семян льна-долгунца

Вариант опыта	Урожайность льносоломки			Урожайность семян		
	в среднем по варианту	± к контролю		в среднем по варианту	± к контролю	
		ц/га	%		ц/га	%
1. Контроль	39,1	-	-	8,2	-	-
2. NP – фон	41,9	+2,8	+7,2	8,7	+0,5	+6,1
3. Фон + K ₂ SO ₄	43,8	+4,7	+12,0	9,3	+1,1	+13,4
4. Фон + K ₂ SO ₄ ×MgSO ₄	46,9	+7,8	+19,9	9,7	+1,5	+18,3
HCP ₀₅		1,3	2,3		0,5	6,1

Анализируя данные урожайности, прежде всего, следует отметить, что внесение удобрений привело к существенному увеличению урожая льносоломки на 7-20%. Так, от применения азотно-фосфорного удобрения урожайность льняной соломы возросла в 1,1 раза относительно варианта без внесения удобрений.

При внесении калийных удобрений масса соломки увеличилась как относительно контроля, так и фона в среднем на 16% и 8%. Сульфат калия позволил существенно увеличить урожай льносоломки на 12% по сравнению с контрольным вариантом. Достоверный прирост урожайности соломки льна-долгунца отмечается и относительно варианта с внесением азотных и фосфорных удобрений на 4,5%.

Урожайность культуры на варианте с применением калиймагнезии была существенно выше относительно контроля на 19,9% (прибавка составила 7,8 ц/га). Аналогичная закономерность прослеживается при сравнении с фоновым вариантом.

Следует отметить, что из двух изучаемых форм калийных удобрений преимущество было на стороне калиймагнезии. На этом варианте отмечена максимальная урожайность соломки льна-долгунца. Прибавка урожая от использования калиймагнезии под лен-долгунец по сравнению с сульфатом калия составила 7,1%. Внесение магния в составе удобрения благоприятно отразилось на урожайности продукции льна, повышая урожай соломки не только относительно контроля и фона, но и по сравнению с другой бесхлорной формой калийного удобрения.

Аналогичная тенденция наблюдается по изменению урожайности льносемян. Наибольшая прибавка льносемян наблюдается на варианте с использованием калиймагнезии. В тоже время нужно отметить, что урожай семян льна-долгунца на вариантах с калийными удобрениями был равноценен, т.е. формирование семян в коробочке определялось внесением калия под культуру.

Изучаемые формы калийных удобрений оказали влияние на общую и техническую высоту растений (рис. 1).

Как видно из представленной диаграммы высота растений увеличивается при внесении минеральных удобрений. Причем, самые высокие растения отмечены в варианте с калиймагнезией на фоне азотно-фосфорного удобрения.

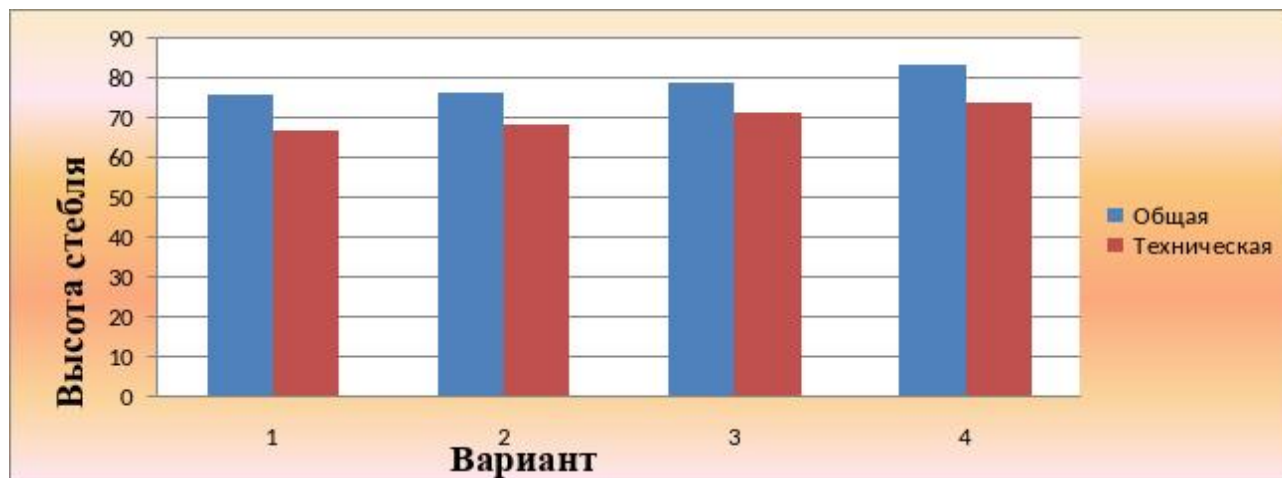


Рис. 1. Влияние форм калийных удобрений на высоту льна-долгунца

Общая длина льна-долгунца при внесении фонового азотно-фосфорного минерального удобрения составила 76,1 см., что на 0,5% выше, чем на контроле (75,7 см). На вариантах с бесхлорными калийными удобрениями значение данного показателя превышает контрольную и фоновую величину. При этом наибольшая высота льна-долгунца зафиксирована на варианте с применением калиймагнезии. В тоже время необходимо отметить, что общая высота растений на изучаемых вариантах была ниже сортовых значений (91 см).

Аналогичная тенденция отмечена в изменении технической длины льна-долгунца. Так, максимальные значения показателя наблюдаются на четвертом варианте, что на 11% больше, чем в варианте с контролем, и на 8,4% больше, чем на варианте с азотными и фосфорными удобрениями. Применение калиймагнезии под лен оказало наибольшее влияние на техническую высоту культуры, нежели сульфат калия. На этом варианте отмечен наибольший прирост как общей, так и технической длины льна, тем самым бесхлорные формы калия способствуют улучшению качества продукции.

Кроме высоты растений общей и технической, к морфологическим показателям относят количество образовавшихся коробочек на растениях льна, что можно увидеть в таблице 3.

Внесение минеральных удобрений увеличивает количество коробочек на растениях. Применением фонового минерального удобрения ($N_{30}P_{60}$) способствовало образованию коробочек. О чем свидетельствует достоверное их увеличение относительно контроля на 38%. Использование калийных удобрений под лен-долгунец способствовало увеличению формирования коробочек на одном растении относительно контроля на 62-75%.

В то же время следует отметить, что значение данного показателя в большей степени определяется внесением калия в составе удобрения на фоне оптимального внесения азота и фосфора. Наибольшее количество коробочек на

растении было на варианте с калиймагнезией, что составило в среднем 9,6 шт. Однако рассматриваемые формы калийных удобрений не оказали влияния на величину данного показателя и были равноценны.

Таблица 3. Влияние форм калийных удобрений на количество коробочек

Вариант опыта	Количество коробочек		
	в среднем по варианту	± к контролю	
		шт/раст.	%
1. Контроль	5,5	-	-
2. NP – фон	7,6	+2,1	+38
3. Фон + K ₂ SO ₄	8,9	+3,4	+62
4. Фон + K ₂ SO ₄ ×MgSO ₄	9,6	+4,1	+75
<i>HCP₀₅</i>		1,2	6,5

Качество льняной продукции характеризуется, прежде всего, крепостью, длиной и тониной волокна, его мягкостью и эластичностью, а также содержанием элементов питания.

В ходе проведения исследований было отмечено, что на количество волокна влияет внесение минеральных удобрений (табл. 4).

Таблица 4. Влияние форм калийных удобрений на содержание льноволокна

Вариант опыта	Содержание льноволокна, %		
	в среднем по варианту	отклонение от	
		контроля	фона
1. Контроль	23,3	-	-
2. NP – фон	25,4	+ 2,1	-
3. Фон + K ₂ SO ₄	27,2	+ 3,9	+ 1,8
4. Фон + K ₂ SO ₄ ×MgSO ₄	29,7	+ 6,4	+ 4,3
<i>HCP₀₅</i>		2,3	

Достоверное увеличение льноволокна отмечено только на вариантах с изучаемыми формами калийных удобрений по сравнению с контролем на 3,9% и 6,4%. При этом необходимо отметить, что сульфат калия не оказал существенного влияния на содержание льноволокна. Максимально значимое значение данного показателя выявлено на варианте с применением калиймагнезии, как относительно контроля, так и фона на 27,5% и 16,9% соответственно. Среди бесхлорных форм калийных удобрений преимущественное влияние на содержание волокна в полученной продукции находится на стороне калиймагнезии. Прибавка льноволокна на этом варианте относительно варианта с сульфатом калия составила 9,2 отнс.%. Выход волокна на этом варианте был максимальным.

Выводы. Внесение разных форм калийных удобрений под лен долгунец на светло-серой лесной почве способствует увеличению урожайности льносоломки на 12-19,9% и семян на 13,4-18,3%, достигая максимальных значений на варианте с калиймагнезией. Калийные удобрения не оказали достоверно значимого влияния на общую и техническую высоту льна-долгунца, в тоже время увеличили количество коробочек на растении. Под действием

калийных удобрений возросло содержание волокна льна-долгунца. Наибольший его выход зафиксирован при внесении калиймагнезии.

Литература

1. Белоусова Е.Г. Роль и значение калия в системе удобрения полевых культур / Е.Г. Белоусова // Вестник НГСХА. 2021. №2 (30). С. 33-38.
2. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Мочалова А.Д. Эффективность форм калийных удобрений в длительных опытах. – М.: ВАСХНИЛ, 1977. – 56 с.
4. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения./В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин - М.:Ледум, 2000.-185 с.
5. Титова В.И, Влияние калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и калийное состояние почв Нижегородской области / В.И. Титова, Е.Г. Тюрникова, Е.П. Ренжина, О.Д. Шафронов // Агрохимический вестник. 2011. №2. С. 10-12.

УДК: 631.41

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ АГРОЦЕНОЗАМИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ

*Бузueva А.С., к. с.-х. н., Губарев Д.И., к. с.-х. н., Ефимова В.И.,
Стрельцов С.Б., к. т. н.*

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», anastasiyabuzueva@mail.ru

Аннотация. Для сравнения изменения состава почвенно-поглощающего комплекса, содержания гумуса и уровня рН были анализированы данные различных агроценозов (пашня, бессменный пар, не косимая залежь) на черноземе южном Саратовской области в 1979 и 2020 гг. Отмечена положительная динамика накопления обменных оснований под залежным ценозом.

Ключевые слова. обменные основания, гумус, рН, пашня, пар, залежь.

Обменные катионы представляют собой положительно заряженные ионы, которые участвуют в процессах усвоения питательных веществ растениями. Основными обменными катионами являются кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), натрий (Na^{+}).

Кальций и магний играют важную роль в обеспечении питательных веществ для растений, а также влияют на физические и химические свойства почвы. Высокое содержание этих катионов способствует улучшению структуры почвы, увеличивает её водоудерживающую способность и повышают развитие корневой системы растений (Любимова М.Н., 2017).

Черноземы обладают хорошей способностью к обмену катионов, что делает их особенно ценными для сельского хозяйства (Юрьева Н.И., 2020).

Методика исследований. Исследования проводились на базе ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» на черноземе южном среднемощном, малогумусном.

Для сравнения были использованы данные 1979 и 2020 гг. по трем агроценозам: пашня, бессменный пар и не косимая залежь.

Валовое содержание гумуса определялось по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-84

Обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, обменный натрий по ГОСТ 26950-86.

Актуальную кислотность почвы – потенциометрическим методом на иономере по ГОСТ 26423-85.

Результаты исследований. Состав и соотношение почвенно-поглощительного комплекса играет ключевую роль в определении свойств почвы и её способности удерживать и обменивать питательные вещества.

Анализ данных 1979 года показал, что сумма обменных оснований пахотного ценоза составляет 38,3 мг-экв/100 г, что на 3,9 мг-экв/100 г меньше чем на пару и на 5,2 мг-экв/100 г меньше чем на залежи (табл. 1). По составу обменных оснований установлено, что содержание Ca^{2+} по исследуемым ценозам находятся примерно на одинаковом уровне (23,5-24,7 мг-экв/100 г), но при расчете процентного содержания видно, что доля кальция на пару (71,8 %) и залежи (72,2%) выше, чем на пашне (61,7%). Содержание Ca^{2+} от общей суммы катионов влияет на степень коагуляции почвенных коллоидов. Для оптимального функционирования почвенных процессов, содержание кальция на черноземных почвах должно находиться в пределах 80% от общей суммы обменных оснований (Гедройц К.К., 1932).

По содержанию обменного магния почва пахотного ценоза занимает доминирующее положение и составляет 13,8 мг-экв/100 г, что в 1,6 раз выше остальных ценозов. Данное распределение магния и повлияло на высокое суммарное содержание обменных оснований чернозема южного под пашней.

Выявлено достаточно высокое содержание одновалентного Na по всем ценозам, особенно на пашне и пару – 1,0 мг-экв/100 г. Показатель залежного ценоза соответствовал 0,6 мг-экв/100 г.

Анализ современного состояния обменных оснований определил, что сумма катионов под пашней снизилась на 27,2%, под паром осталась практически неизменной и под залежью выросла на 16%. Такое снижению под пашней объясняется частой механической обработкой, которая приводит к разрушению структурного состояния почвы и изменению ее физико-химических свойств, что в свою очередь влияет на способность почвы удерживать катионы. Также большое количество элементов отчуждается с сельскохозяйственной продукцией. Снижение всех составляющих ппк согласуется со снижением суммы обменных оснований, особенно заметна разница в содержании Mg^{2+} - 2,3 раза.

В почвах бессменного пара в 2020 году заметной разницы изменения катионов кальция не выявлено. Содержание магния увеличилось на 1,3 мг-экв/100 г, а натрия снизилось на 0,7 мг-экв/100 г.

Под залежным ценозом содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} увеличилось на 14,6% и 21,8% соответственно. Как и под другими ценозами, обменный Na^+ снизился до 0,4 мг-экв/100 г.

Таблица 1. Динамика суммы обменных оснований

Агроценоз	1979 год				2020 год			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма
Пашня	<u>23,5*</u> 61,7*	<u>13,8</u> 36,0	<u>1,0</u> 2,6	38,3	<u>21,6</u> 77,5	<u>6,0</u> 16,3	<u>0,3</u> 0,7	27,9
Пар	<u>24,7</u> 71,8	<u>8,7</u> 25,3	<u>1,0</u> 2,9	34,4	<u>24,5</u> 70,5	<u>10,0</u> 28,8	<u>0,3</u> 0,8	34,8
Залежь	<u>23,9</u> 72,2	<u>8,6</u> 26,0	<u>0,6</u> 1,8	33,1	<u>28,0</u> 71,1	<u>11,0</u> 28,0	<u>0,4</u> 0,9	39,4

*числитель- мг-экв/100 г; знаменатель - % от суммы

В процентном соотношении кальций современных почв занимает доминирующее положение, значения которого находятся в пределах 70,5-77,5% от суммы обменных оснований. Количество магния варьирует от 16,3-28,8%. Доля обменного натрия не превышает 0,9 % по всем изучаемым фонам (Рис. 1).

Сравнительный анализ процентного содержания обменного кальция, относительно 1979 года, показал, что несмотря на снижение общего содержания Ca²⁺ в современных почвах пашни, доля его от суммы оснований выросла с 61,7% до 77,5%. Процент кальция парового и залежного участков незначительно снизился.

Процентное содержание магния распределяется аналогично его количественному изменению: на пашне снижается с 36% до 16,3%, на пару и залежи увеличивается с 25,3% до 28,8% и с 26% до 28% соответственно.

Na⁺ по всем цензам снизился, как в количественном выражении, как в процентном содержании. Единственное хотелось бы отметить, что в условиях первого обследования доля натрия на залежи была минимальной среди исследуемых ценозов, а в современном анализе процент натрия на залежном участке занимает главную позицию.

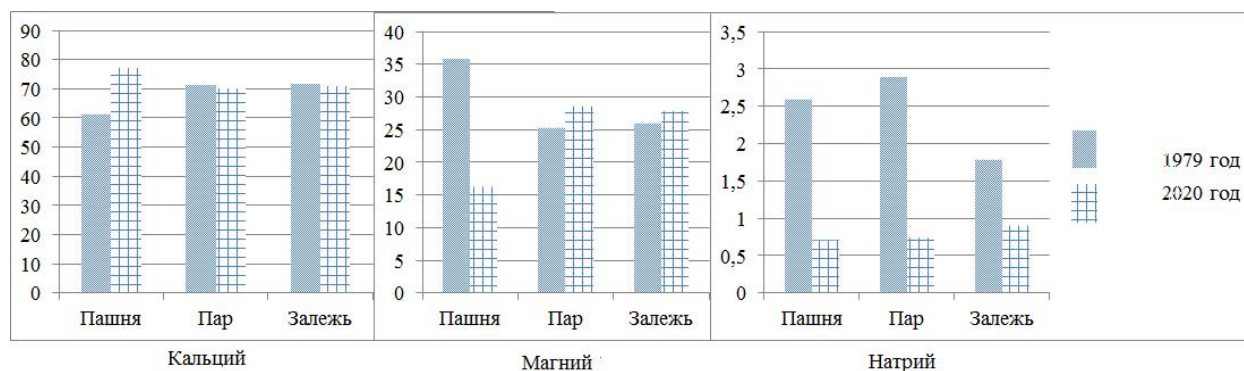


Рис. 1. Динамика содержания обменных катионов от суммы поглощенных оснований, %

Гумус и уровень рН, наряду с ППК, тесно связаны между собой и играют важную роль в определении почвенного плодородия. Гумус обладает высокой способностью связывать катионы, а также способствует их обмену благодаря своей сложной химической структуре.

Установлено, что содержание гумуса уменьшилось по всем ценозам. Наиболее заметное снижение отмечено на обрабатываемых участках (пашня и

пар) – 58,2% (Рис. 2). На залежи содержание гумуса уменьшилось незначительно, всего на 9 %.

Различная интенсификация в использовании чернозема южного оказала определенное влияние на pH. По мере увеличения степени хозяйственной деятельности отмечается увеличение реакции почвенного раствора. Так, в современных условиях на пашне уровень pH составляет 8,8 единиц, на пару – 8,4 и на залежи 7,6. Сравнивая с показателями 1979 года, когда уровень pH был заметно ниже и находился в пределах 7,0-7,9, то наименьшие изменения отмечаются на залежном участке, где уровень pH вырос всего на 0,3 единицы (с 7,3 до 7,6), в то время как на пашне и на паровом участке увеличение составило 0,9 и 1,4 единицы соответственно.

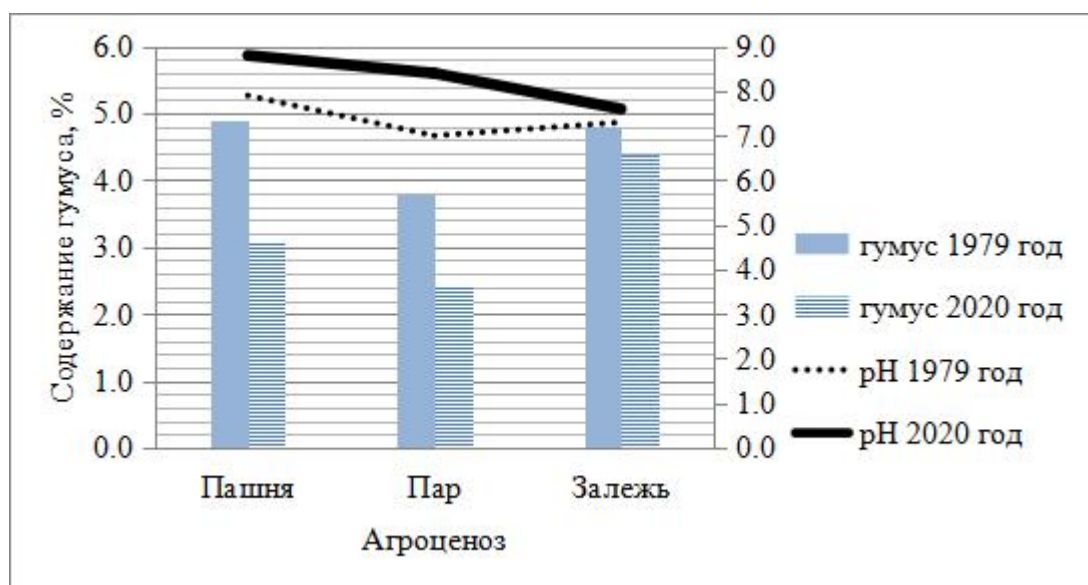


Рис. 2. Динамика содержания гумуса и уровня pH по исследуемым агроценозам

Не косимый травостой залежного ценоза способствует оптимизации уровня pH и замедляет деградацию гумуса за счет ежегодно поступающих растительных остатков (Ал-Дарраджи М.М., 2023).

Таким образом, можно сделать вывод, что сумма обменных оснований под пахотным ценозом снизилась на 27,2%. В составе катионов отмечено максимальное снижение содержания обменного магния – в 2,3 раза. Следовательно, в результате распаивания и интенсивного использования земель происходит безвозвратное отчуждение элементов питания с сельскохозяйственной продукцией. Почвы бессменного пара занимают промежуточное положение. Снижению функций почвенно-поглощительного комплекса зафиксировано не было.

Под залежным ценозом содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} увеличилось на 14,6% и 21,8%. Сумма катионов увеличилась с 33,1% до 39,4% за счет ежегодного поступления органического вещества с растительными остатками.

Установлено, что содержание гумуса уменьшилось по всем ценозам. Наиболее заметное снижение отмечено на обрабатываемых участках (пашня и

пар) – 58,2%. На залежи содержание гумуса уменьшилось незначительно, всего на 9 %.

По мере увеличения степени хозяйственной деятельности отмечается увеличение реакции почвенного раствора. На залежи отмечается незначительное повышение - с 7,3 до 7,6 единицы, в то время как на пашне и на паровом участке увеличение составило на 0,9 и 1,4 единицы соответственно.

Литература.

1. Ал-Дарраджи, М. М. Агрохимическая характеристика и состояние почвенно-поглощающего комплекса каштановой почвы целины и пашни в сравнении с палеопочвой / М. М. Ал-Дарраджи, В. С. Цховребов // Вестник АПК Ставрополя. – 2023. – № 1(49). – С. 37-41.
2. Гедройц, К.К. Учение о поглотительной способности почв / К.К. Гедройц. – М.: Сельхозгиз, 1932. – С. 20-45.
3. Любимова, М. Н. Изменения состава обменных оснований и реакции среды на черноземах южных под влиянием приемов основной обработки почвы и удобрений в севообороте / М. Н. Любимова, З. М. Азизов // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 11. – С. 14-18.
4. Юрьева, Н. И. Изменение состава поглощенных оснований под влиянием мелиорантов в черноземе обыкновенном / Н. И. Юрьева // Центральный научный вестник. – 2020. – Т. 5, № 7-10(96-99). – С. 9-10.

УДК 631.41: 631.445.4

ИЗМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

*Губарев Д.И., к. с.-х. н., Ефимова В.И., Бажан Г.Н.
ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», deneg2@yandex.ru*

Аннотация. Проведены мониторинговые исследования изменения состава водных вытяжек почв в ряду залежь некосимая, пашня в зернопаровом севообороте и пашня в зернотравяном севообороте с люцерной синегибридной. Почва – чернозем южный среднемошный глинистый. За 40 лет использования произошло значимое изменение отдельных компонентов катионно-анионного состава.

Ключевые слова: чернозем южный среднемошный, пашня, залежь, состав водной вытяжки

Черноземные почвы, обладающие высоким естественным плодородием, подвергаются значительным изменениям в результате различных видов сельскохозяйственной деятельности. Интенсивная обработка почв в аридных условиях приводит к нарушению исходной структуры почвы, ускорению минерализации органического вещества, перераспределению элементов питания по почвенному профилю (Губарев Д.И., 2022). Также глобальные процессы изменения климата приводят к смещению типа водного режима, что

не может не сказаться на направленность стока и изменение катионно-анионного состава почвы.

Длительное использование пашни приводит к изменениям почвенных свойств, однако, в отличии от стандартных агрохимических параметров, регистрируемых при длительном мониторинге, оценке качественного состава водной вытяжке не уделяется значительного влияния (Чевердин Ю.И., 2019).

Изменения в почвенном покрове затронули не только верхние горизонты (пахотный слой). Анализ водной вытяжки почв, находящихся на разных угодьях и севооборотах, позволил получить информацию об общем содержании легкорастворимых солей, в том числе токсичных для растений. Также, благодаря длительному мониторингу, прослежено изменение почвенных свойств, связанное с длительным интенсивным их использованием. Временные изменения являются наиболее интересными и значимыми, т.к. показывают направленность процессов и позволяет в дальнейшем их прогнозировать с целью уменьшения отрицательного воздействия на производство сельскохозяйственной продукции и плодородия.

Методика исследований. Исследования проводились на стационарных участках ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Объекты исследования – почвы залежи и пашни. Разрезы на пашне на двух севооборотах (зернопаровой (з/п) и зернотравяной (з/т) с возделыванием люцерны синегибридной), как и разрез на 70-летней залежи находятся на одной почвенной разности – чернозем южный среднemosный глинистый. В почвенных образцах послойно определяли показатели водной вытяжки по общепринятым методикам. Результаты по выбранным точкам сравнивались с данными, полученными 40 лет назад.

Результаты исследований. Содержание анионов в почве служит одним из основных показателей химического состава. В начале исследований в почве преобладали гидрокарбонат-ионы (0,34-0,55 мг-экв/100 г), сульфат-ионы при этом практически отсутствовали. За 40 лет использования в почве пашни и залежи в слое 0-30 см увеличилась сумма анионов, а в севообороте с люцерной снизилась как в пахотном, так и подпахотном горизонтах (рис. 1).

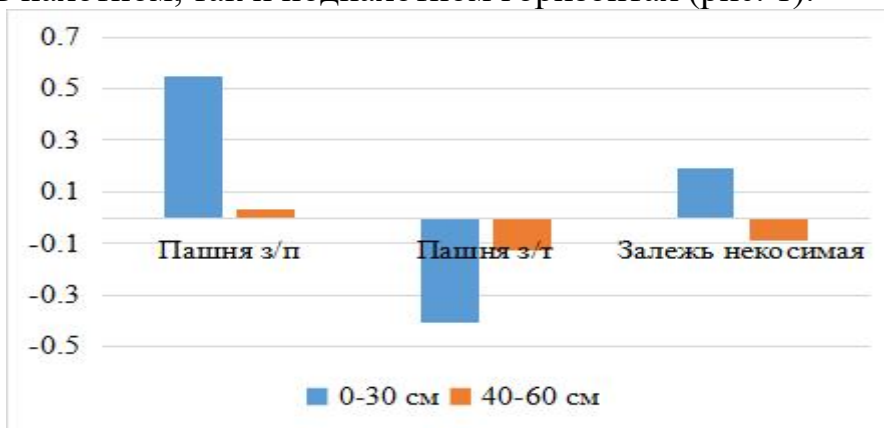


Рис. 1. Изменение (+/-) суммы анионов в почве за 40 лет использования, мг-экв/100 г

При этом следует отметить снижение суммы катионов на 0,49 мг-экв/100 г в слое 0-30 см на пашне вне зависимости от типа севооборота, лишь в верхнем слое залежи изменения оказались минимальными (-0,02 мг-экв/100 г). В

подпахотном горизонте повсеместно отмечается снижение суммы катионов на 0,4-0,45 мг-экв/100 г.

За весь период наблюдения преобладающим катионом является Ca^{2+} . Отмечается отрицательная динамика в содержании иона Ca^{2+} в пахотном слое севооборотов (-0,13...-0,24 мг-экв/100 г) и незначительное изменение в слое 0-30 см на залежи (-0,01 мг-экв/100 г). На зернотравяном севообороте корни люцерны проникают глубоко в почву и извлекают из неё кальций и другие элементы. При этом кальций не закреплялся в корнеобитаемом горизонте почв и мигрировал в нижележащие горизонты, что привело к некоторой дестабилизации (-0,24...-0,27 мг-экв/100 г) этого иона по слоям почвы. Также наибольшие потери Mg^{2+} диагностировались на зернотравяном севообороте в слое 0-30 см (-0,24 мг-экв/100 г) и слое 40-60 см на зернопаровом севообороте (-0,31 мг-экв/100 г).

Общая щелочность почв, преимущественно связанная с наличием гидрокарбонат-иона, уменьшилась в ряду изучаемых почв, за исключением слоя почв 0-30 см зернопарового севооборота (+0,15 мг-экв/100 г). Это может быть связано с подкислением почвы в результате корневых выделений многолетних трав, а также в результате изменения климата. Уменьшение глубины промерзания почвы, участвовавшие зимние оттепели с выпадением осадков в виде дождя приводят к изменению гидрологического режима почвы и корректировке состава водной вытяжки.

По результатам водной вытяжки выявлено постепенное увеличение pH в ряду почв ценозов: залежь некосимая, пашня зернотравяного и зернопарового севооборотов. Повышение pH почвы приводит к снижению количества ионов кальция и магния в почвенном растворе вероятно из-за появления относительно нерастворимых солей.

Сульфат-ион за 40 лет практически сравнялся количественно с гидрокарбонат-ионом, либо начал преобладать в некоторых горизонтах (рис.2).

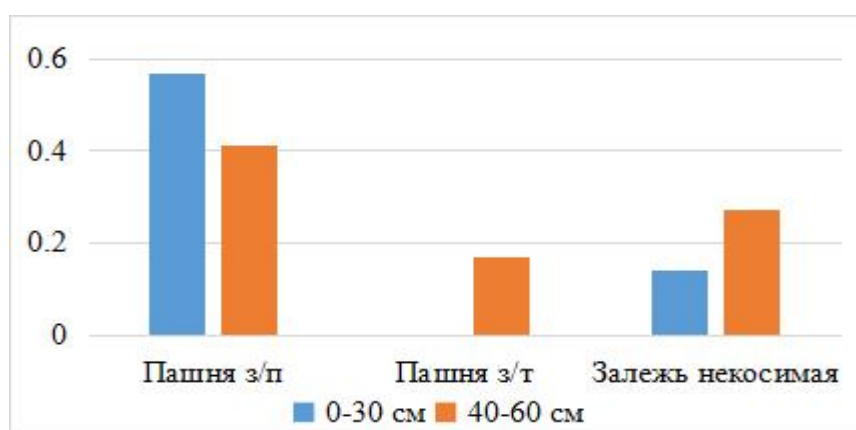


Рис. 2. Изменение (+/-) количества сульфат-иона в почве за 40 лет использования, мг-экв/100 г

Отдельно стоит отметить снижение содержания хлор-иона, что связано вероятно с выносом его основной и побочной продукцией из почвы и промыванием его в результате распашки. Рост содержания хлор-иона

наблюдался на ценозах, где не происходит отчуждение основной и побочной продукции в почве. Также одной из причин увеличения хлора в почве является изменение химического состава атмосферных осадков. За последние 30 лет увеличение концентрации Cl^- в осадках выросло в 2,7 раза.

Различия в содержании иона натрия отмечались от вида использования пашни. На пашне зернотравяного севооборота количественно содержание натрия не изменилось и составляло в среднем 0,003-0,007 мг-экв/100 г. На пашне зернопарового севооборота содержание натрия снизилось с 0,1 до 0,002 мг-экв/100 г. В слое 0-30 см залежного участка содержание натрий-иона снизилось на 0,069 мг-экв/100 г, а в слое 0-60 см – на 0,2 мг-экв/100 г.

Таким образом, почвенный профиль чернозема южного претерпевает значительные изменения в химическом составе в зависимости от вида использования пашни. Сумма катионов за 40 лет уменьшилась в 1,5-2 раза, в основном за счет кальция и магния, количество сульфат-иона выросло в 2-7 раза. Отмечается положительное влияние многолетних трав на стабилизацию катионно-анионного состава почв ценозов, а также оказывают некоторый мелиоративный эффект.

Литература

1. Губарев, Д.И. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья / Д. И. Губарев, Н. Г. Левицкая, С. С. Деревягин // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28, № 1(90). – С. 20-27.
2. Чевердин, Ю.И. Влияние антропогенеза на солевой состав чернозема сегрегационного / Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, Т. В. Титова // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4, № 6(71). – С. 18-20

УДК 504.73.062:631.41

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПОДВИЖНОСТЬ СВИНЦА В ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛОМ ПОЧВЕ

*Д.Д. Крыпин, аспирант, М.А. Ефремова, канд. биол. наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
krypind@mail.ru*

Аннотация. В вегетационном опыте получена информация о снижении подвижности свинца в почве при увеличении в ней доли органического вещества. Содержание органического вещества в почвенном субстрате возрастало за счет смешивания в разных пропорциях дерново-подзолистой и торфяной низинной почв (по объему). Коэффициент подвижности металла в искусственно загрязненной им почве был определен как отношение содержания свинца в кислоторастворимой и подвижной его формах.

Ключевые слова: почва, свинец, органическое вещество, коэффициент подвижности.

Введение. Загрязнение почвы свинцом сильно зависит от деятельности человека. Так, превышение ПДП в городских почвах может достигать 5-26 раз, в основном за счет выбросов промышленности и автотранспорта (Мосягина Д.

Д., 2022). Загрязнению сельскохозяйственных земель способствует применение пестицидов, минеральных и органических удобрений, орошение сточными водами, атмосферные выпадения (Джаджиева М.Ф., Пех К.А., Пех А.А., 2023; Кирейчева Л.В., Ткачёва Т.Н., 2024). Свинец имеет низкую подвижность в почвах, период полувыведения этого металла за счет всех возможных процессов удаления (вынос с фильтрующимися водами, отчуждение с растительной массой, поверхностный смыв) составляет 740-5900 лет (Kabata-Pendias A., Szteke B., 2015). Также есть данные о том, что свинец способен прочно связываться с органическим веществом почвы (Мольков А.А., Рагимов А.О., Шентерова Е.М., 2017)

Методика исследования. С целью изучения подвижности Pb в почвенном субстрате при изменении соотношения в нем органических и минеральных веществ был поставлен вегетационный опыт. Сравнение подвижности тяжелого металла в минеральной и органогенной почвах, а также в составном почвенном субстрате проводилось в условиях выращивания люцерны изменчивой (*Medicago varia* L.). В опыте были использованы среднесуглинистая дерново-подзолистая остаточно карбонатная (Дп) и торфяная низинная (Тн) почвы, а также их смеси, приготовленные в разном соотношении по объему (табл. 1). Люцерна выращивалась в сосудах Кирсанова, вмещающих 5 л почвенного субстрата. Масса почвы в сосуде уменьшалась по вариантам опыта по мере увеличения доли торфяной почвы от 5 до 2 кг. Почвы опыта имели нейтральную реакцию среды, низкое содержание подвижного калия, торфяная почва была обеднена подвижными соединениями фосфора, дерново-подзолистая почва хорошо обеспечена подвижным фосфором (табл. 2). Емкость катионного обмена торфяной низинной почвы в 5,4 раза больше, чем дерново-подзолистой. Во время закладки опыта во все сосуды были внесены минеральные удобрения (NPK) в одинаковых, рекомендованных для вегетационного опыта дозах, и раствор нитрата свинца в количестве 32 мг Pb/кг почвы, что соответствует предельно-допустимой концентрации металла.

В результате проведенного исследования получены данные по валовому содержанию свинца (кислоторастворимая форма) и его подвижной формы в почвенном субстрате, а также рассчитан коэффициент подвижности свинца, как отношение содержания подвижной и кислоторастворимой (валовой) форм металла в почве, выраженное в процентах (табл. 1). Кислоторастворимая форма свинца была экстрагирована из почвы 5 н HNO₃ при кипячении в течение трех часов. Подвижный свинец – это некоторая часть от общего содержания металла в почве, вытесняемая ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8. Определение Pb в подготовленных пробах было проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты исследования. Содержание свинца в кислоторастворимой форме прямолинейно зависело от доли торфяной почвы в почвенном субстрате ($R = 0,923$). Причина этого явления состоит в том, что валовое содержание металла в торфяной почве было в 14,6 раза выше, чем в минеральной (табл. 2).

Таблица 1. Содержание Pb в почве после завершения опыта

Варианты	Масса почвы/ почвенного субстрата в сосуде, кг	Кислотно- растворимая форма, мг/кг	Подвижная форма, мг/кг	Коэффициент подвижности Pb, %
1. Дп (100%) + NPK	5,0	37,40	6,06	16,2
2. Дп (90%) + Торф (10%) + NPK	4,7	36,77	8,84	24,1
3. Дп (80%) + Торф (20%) + NPK	4,4	38,71	8,44	21,8
4. Дп (70%) + Торф (30%) + NPK	4,1	43,90	8,80	20,0
5. Дп (60%) + Торф (40%) + NPK	3,8	65,72	13,88	21,1
6. Дп (50%) + Торф (50%) + NPK	3,5	64,14	10,90	17,0
7. Дп (40%) + Торф (60%) + NPK	3,2	66,50	13,61	20,5
8. Торф (100%) + NPK	2,0	158,37	13,50	8,5
Среднее значение по опыту	-	64,94 ± 33,74	10,50 ± 2,45	18,6 ± 4,8

Содержание свинца в подвижной форме также постепенно увеличивалось по вариантам. Величина этого показателя в торфяной низинной почве была в 2,2 раза выше, чем в дерново-подзолистой почве. Коэффициент корреляции содержания металла в подвижной форме от доли торфяной почвы составил 0,816.

Таблица 2. Агрохимическая характеристика почв

Почва	Сорг, %	Зольность, %	рНКСl	ЕКО, ммоль (экв)/100 г почвы	Подвижные соединения, мг/кг		Валовое содержание Pb, мг/кг
					P ₂ O ₅	K ₂ O	
Дп	3,3	-	6,55	46	154,5	51,2	Дп
Тн	-	12,1	6,2	250	267,0	290,5	Тн

Среднее по опыту содержание тяжелого металла в кислоторастворимой форме было в 6,4 раза выше, чем в подвижной форме. Корреляционная связь между содержанием металла в двух формах средняя положительная ($R = 0,661$).

Это может объясняться повышением доли содержащей свинец торфяной почвы в вариантах опыта.

Корреляционный анализ показал наличие средней обратной связи между содержанием органического вещества в почве и коэффициентом подвижности Pb в почве ($R = -0,680$). Данная связь является существенной, т.к. полученный коэффициент корреляции выше критического значения на уровне значимости 0,05 ($R = 0,632$).

Средний коэффициент подвижности свинца в почвах и почвенном субстрате находился в доверительном интервале значений $18,6 \pm 4,8\%$. В варианте с торфяной низинной почвой этот коэффициент был существенно ниже среднего значения по опыту. Таким образом, органическое вещество почвы прочнее закрепляло свинец, чем минеральные частицы. Согласно

литературным данным, гуминовые вещества образуют с этим металлом устойчивые внутрикомплексные соединения по месту расположения карбоксильных групп и фенольных гидроксильных, прочно закрепляя его в твердой фазе почвы (ZhaoQ., QiuY., LanT., 2021).

Выводы

1. Торфяная почва имеет более высокую способность к сорбции свинца, чем дерново-подзолистая почва.
2. Органическое вещество почвы закрепляет свинец прочнее, чем её минеральная часть.
3. При увеличении валового содержания свинца его количество в подвижной форме так же возрастает.

Литература

1. Джаджиева М.Ф. Пех К.А., Пех А.А. Изучение уровня загрязнения химическими элементами многолетних трав на сельскохозяйственных угодьях Пригородного района РСО-Алания в 2023 гг. (на примере *Urtica dioica* L.) // Информационные системы и технологии АПК и ПГС: Сборник научных статей Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Курск, 06 октября 2023 года. Том 2. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 251-254.
2. Кирейчева Л.В., Ткачёва Т.Н. Влияние длительного орошения свиноводческими стоками на загрязнение почвы медью, цинком, свинцом и кадмием // Мелиорация. – 2024. – №. 1. – С. 65-73.
3. Мольков А.А. Рагимов А.О., Шентерова Е.М. Агроэкологические аспекты пространственного распределения тяжелых металлов в почве (на примере Pb) // Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы : Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Пенза, 20 октября 2017 года. Том Часть 1. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 89-91. – EDN ZONSTZ.
4. Мосягина Д.Д. Систематический обзор и анализ данных по содержанию свинца в почвах городских агломераций // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 10. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 218-223. – EDN TXQXSM.

**ДИНАМИКА ЭМИССИИ УГЛЕРОДА В ПОЙМЕ РЕКИ КУДЬМА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
И МИКРОРЕЛЬЕФА**

Кулагина Н.А.¹ к.б.н., ст. преподаватель,

Полякова Н.В.², д. с.-х. н., профессор,

Куприянов М.А.³ магистрант,

Демичев П.А.⁴ аспирант,

Бобриков А.Н.⁵ аспирант,

ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,

polaykova_nv19@mail.ru

***Аннотация.** Особенностью пойменных экосистем является проявление гидроморфизма, обусловленного поемностью речных систем. Установлено, что интенсивность переувлажнения зависит также от микрорельефа поймы, что отражается на водном режиме почв и сопряженных с влажностью биологических процессах, в том числе с эмиссией углерода. Показано, что на повышениях вследствие меньшей влажности аллювиальной осушенной почвы интенсивность дыхания в засушливые периоды была наиболее высокой по сравнению с микропонижениями – в 1,3..1,5 раза. Контрастность условий увлажнения обусловила высокую вариабельность выделения углерода в целом по участку.*

***Ключевые слова:** аллювиальная болотная осушенная почва, повышения, микропонижения, влажность, дыхание почвы.*

Введение. Дыхание почвы является интегральным показателем биохимических процессов, протекающих в почве. Интенсивность выделения CO₂ определяется влажностью, составом почвенного воздуха, температурным режимом, общей биогенностью почвы. Аллювиальные болотные осушенные почвы обладают более благоприятными характеристиками плодородия по сравнению с естественными аналогами, однако ежегодное затопление центральной поймы сопровождается достаточно устойчивыми условиями переувлажнения в течение вегетационного периода (Добровольский Г.В. и др., 2011; Моторин А.С. и др., 2017). Неоднородность микрорельефа усугубляет различия гидроморфных условий и свойств, сопряженных с водным режимом аллювиальных почв.

Методы. Исследования проводились на территории ОАО «Лакша» Богородского района, в центральной части поймы реки Кудьма в период с 2019 по 2022 год на четырех стационарных площадках, две из которых представлены микропонижениями, две – повышенными участками. Образцы почв отбирали трижды в течение вегетационного периода (июнь, июль, август) каждого года исследований из 5-ти точек с каждой площадки. Влажность почвы определяли весовым методом, интенсивность дыхания по методу А.Ш. Галстяна. В периоды проведения исследований почва характеризовалась слабокислой реакцией среды в интервале от 5,1 до 5,4 ед. pH; ЕКО – 25,3..28,5 ммоль/100 г; низким содержанием питательных элементов: P₂O₅ в среднем по элементам рельефа от 10,1 до 36,5 мг/кг; K₂O в интервале 18,3...38,4 мг/кг почвы.

Целью работы было изучение влияния влажности почвы и микрорельефа центральной поймы реки Кудьма на эмиссию углерода аллювиальной болотной осушенной почвы в летние периоды 2019-2022 гг.

Результаты. В таблице 1 представлена влажность аллювиальной почвы по периодам наблюдений и в зависимости от положения в рельефе. Влажность почв, расположенных в разных участках рельефа, различалась в среднем на 7% за четыре года исследований.

В июле 2019 года отмечена наибольшая за все периоды влажность почвы, на всех элементах микрорельефа она достигла максимальных значений – 35,9% и 40,4% соответственно. В августе 2021 и 2022 года, самом засушливом месяце лета, была зафиксирована самая низкая влажность почвы, в большей степени отсутствие осадков проявилось на повышенных участках. Разница в значениях влажности за все периоды на повышениях составили 10,2%, в понижениях – 6,2%, последнее свидетельствует о стабильно более высоком увлажнении в микропонижениях.

Таблица 1. Влажность аллювиальной осушенной почвы в периоды отбора образцов, %

Периоды	Влажность почвы (%) по периодам исследования				Среднее
	2019	2020	2021	2022	
Повышения					
Июнь	27,0	34,9	26,8	27,3	29,0
Июль	35,9	27,0	30,1	28,8	30,5
Август	32,1	32,8	25,7	25,9	29,1
Среднее	31,7	31,6	27,5	27,3	29,5
Понижения					
Июнь	36,2	39,9	35,8	36,1	37,0
Июль	40,4	36,2	35,9	34,4	36,7
Август	37,3	37,4	34,2	34,9	36,0
Среднее	38,0	37,8	35,3	35,1	36,6

НСР₀₅ в повышениях – 0,6%, в понижениях – 0,5%

На фоне геоморфологических и гидрологических условий поймы большое влияние на динамику почвенных свойств и режимов оказывает уровень биологической активности, характеризующийся процессом выделения углекислого газа. Интенсивность продуцирования CO₂ различалась в зависимости от влажности почвы, значения которой, как было показано выше, сильно отличались по элементам микрорельефа (табл. 2).

На повышениях с более оптимальным водным режимом интенсивность эмиссии CO₂ была более активной за все периоды наблюдений по сравнению с понижениями, а максимальные значения показатели отмечены в засушливые месяцы 2021 и 2022 года, когда они составили 6,6...7,7 мг CO₂/10г/24ч. Различия в выделении углекислого газа между участками возвышений и понижений за четыре года наблюдений составили до 1,6 мг CO₂/10г/24ч, или на 25-40% эмиссия CO₂ в понижениях была меньше по сравнению с повышенными элементами рельефа.

Таблица 2. Интенсивность дыхания аллювиальной болотной осушенной почвы в вегетационные периоды 2019...2022 гг., CO₂ мг/10г/24ч

Периоды	Интенсивность выделения CO ₂ (мг/10г/24ч) по периодам				Среднее
	2019	2020	2021	2022	
Повышения					
Июнь	3,7	4,7	7,2	6,4	5,5
Июль	2,9	5,5	6,8	5,5	5,2
Август	3,4	5,1	7,7	6,6	5,7
Среднее	3,3	5,1	7,2	6,2	5,5
Микропонижения					
Июнь	2,2	3,4	5,9	4,1	3,9
Июль	1,9	4,6	5,8	4,3	4,2
Август	2,1	4,2	6,4	5,0	4,4
Среднее	2,1	4,1	6,0	4,5	4,2

НСР₀₅ в повышениях – 0,3 мг CO₂/10г/24ч; в понижениях – 0,2 мг CO₂/10г/24ч

При сравнении данных можно отметить, что самое интенсивное выделение углекислого газа соответствует низким значениям влажности почвы в засушливые летние месяцы; корреляционная зависимость между показателями в среднем за все периоды была на уровне высоких значений ($r = 0,88$).

Наличие на территории центральной поймы реки Кудьма ярко выраженных участков повышений и микропонижений обусловило высокую пространственную динамику гидроморфных условий и связанного с ними процесса выделения углекислого газа, что отразилось на вариационных показателях почвенных свойств (табл.3).

Ранее нами было показано (Кулагина Н.А. и др., 2020; Полякова Н.В. и др., 2022), что влажность почвы и температура являются основными факторами, которые оказывают наибольшее влияние на пестроту окислительно-восстановительных условий аллювиальных почв, напрямую связанных с микробиологическим метаболизмом и, соответственно, с интенсивностью выделения углекислого газа.

Уравнение регрессии характеризует сильную взаимосвязь между показателями.

$$Y(\text{CO}_2) = 10,85 + 0,00X_1(\text{ОВП}) - 0,056x_1(t^{\circ}\text{C}) - 0,18x_2(\text{Влаж.}); R^2 = 0,90$$

Таблица 3. Вариационные показатели влажности почвы и эмиссии CO₂ по элементам рельефа

Свойства почв	среднее	min	max	med	К вар, %
Повышения (n= 120)					
Влажность почвы, %	29	25	36	28	11,2
CO ₂ мг/10г/24ч	5,4	2,6	8,1	5,5	28
Микропонижения(n= 120)					
Влажность почвы, %	37	34	41	36	5,2
CO ₂ мг/10г/24ч	4,1	1,6	6,6	4,3	36
В среднем по участку (n= 240)					
Влажность почвы, %	33	25	41	35	14
CO ₂ мг/10г/24ч	4,8	1,6	8,1	4,8	34

Из представленных данных видно, что различия в значениях влажности на повышенных участках составили 11%, в понижениях 7%, а в целом по участку 16% и при этом увеличение вариационного коэффициента до 14% в понижениях, что более чем в 2,5 раза по сравнению с понижениями.

Вариабельность эмиссии CO_2 была более существенной, особенно в микропонижениях, где при средних значениях 4,1 мг/10 г/24 ч различия в минимальных и максимальных показателях были на уровне 5,0 мг CO_2 /10 г/24 ч. В целом по участку вариабельность значений дыхания почвы была примерно на уровне микропонижений, но при этом максимальная эмиссия углерода в ряде случаев имела более высокие значения.

Заключение

1. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что различие геоморфологических условий центральной поймы речных систем на уровне микрорельефа отражается, в первую очередь, на влажности аллювиальной болотной осушенной почвы. При этом динамика показателя проявилась и в течение вегетационных периодов, когда различия влажности по месяцам на отдельных элементах рельефа достигали в отдельные годы 8..9% на повышенных участках и 4% в понижениях.

2. Пространственная пестрота микрорельефа и влажности проявилась в интенсивности выделения углекислого газа: на повышениях активность эмиссии CO_2 во все периоды наблюдений была выше в 1,4 раза по сравнению с понижениями. Максимальная интенсивность дыхания аллювиальной осушенной почвы наблюдалась в засушливые сезоны вегетационных периодов 2021 и 2022 года, ее значения достигали 7,7 мг CO_2 /10 г/24 ч на повышениях и 6,4 мг в понижениях в засушливом августе 2021 года.

3. Результаты вариационной статистики показали высокую пространственно-временную изменчивость выделения углекислого газа по элементам рельефа центральной поймы в соответствии с различиями гидротермических условий по периодам наблюдений.

Литература

1. Добровольский Г.В., Балабко П.Н., Стасюк Н.В., Быкова Е.П. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия // Аридные экосистемы. 2011. №3. С. 5-13.
2. Кулагина Н.А., Полякова Н.В. Динамика окислительно-восстановительного потенциала в зависимости от температурного режима и влажности аллювиальной осушенной почвы // Вестник НГСХА, – 2020. – № 12. – С.5-9.
3. Моторин А.С., Букин А.В. Водно-физические свойства осушаемых торфяных почв лесостепной зоны Северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 5. С. 5 – 12.
4. Полякова Н.В., Кулагина Н.А. Динамика ОВ-потенциала и выделения углекислого газа в зависимости от условий увлажнения аллювиальной осушенной почвы // Сборник трудов Всероссийской научной конференции (с международным участием), посвященной 110-летию кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения – Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022. – С.33-37.

ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТОК ПО ДОБЫЧЕ ПЕСКА НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ

Митянин И.О., к.с.-х.н.

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, mitjanin@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются изменения агрохимических свойств почв, происходящих под влиянием разработок по добыче песка, а также дается оценка снижения плодородия почвы, произошедшая в результате проведения данных работ.

Ключевые слова: агрохимические показатели, карьеры по добыче песка, органическое вещество, подвижный фосфор, подвижный калий, кислотность, нарушенные территории, плодородие почвы, сельскохозяйственные угодья.

Добыча строительного сырья одна из наиболее распространенных отраслей недропользования. Среди общераспространенных полезных ископаемых особое место занимают песчано-гравийные материалы, значение которых в экономике очень велико, т.к. они являются главным сырьем, применяемым в строительстве автомобильных и железных дорог, плотин, мостов, больниц, школ, заводов, жилья. Негативными факторами горнодобывающего производства являются карьеры, которые изымают из регионального природопользования сельскохозяйственные и лесохозяйственные земли, в результате чего происходит изменение плодородного слоя почвы путём его снятия или уничтожения, развиваются процессы эрозии и изменяется характер миграции грунтовых вод.

Песок применяется во множестве сфер: в заполнении бетона, в стекольном производстве, в создании штукатурных и кладочных растворов и т.д. Из общего числа карьеров, добывающих нерудные строительные материалы, около 40% представляют карьеры по выработке песка и гравия (Сохибов Г.Х., Насридинов И.Б., 2022). Песчаными карьерами называют те, где содержание песка составляет более 50% от общей массы, а содержание гравия составляет не более 10%. При этом нередко включения в виде валунов.

В настоящее время на землях сельхозназначения широко распространена практика незаконной выработки песчаных карьеров. Одним из главных негативных последствий которой является отсутствие реальной деятельности по восстановлению нарушенных территорий после окончания работ по добыче песка.

Всё это наносит почве существенный вред и имеет негативные экологические последствия в дальнейшем (Басов Ю.В., Гуляева К.Н., 2016; Ефимов А.С., 2021).

Цель исследований. В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение влияния разработок по добыче песка на изменение агрохимических свойств почвы.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились на территории, занятой карьером по добыче песка (Рис. 1), в Лысковском районе Нижегородской области в 2022 году. На нарушенной территории находились кроме собственно карьера, бурты (насыпи) со снятым

плодородным слоем почвы и бурты с добытым песком. Для выполнения поставленной цели был проведен осмотр данных территорий, сделаны прикопки для определения типа почвы, а также были отобраны почвенные образцы для дальнейшего агрохимического анализа. Отбор почвенных образцов проводился как со дна карьера, так и из буртов с почвой и песком. Кроме этого был взят образец из ненарушенной (фоновой) почвы, расположенной рядом с карьером. Анализ почвенных образцов проводился в аккредитованной лаборатории.



Рис. 1. Часть территории карьера по добыче песка

Результаты исследований. На основании сделанных прикопок было установлено, что почвенный покров исследуемой территории представлен дерново-подзолистыми супесчаными почвами.

Результаты исследования агрохимических показателей почвы из буртов представлены в таблице (Табл. 1).

Как видно из данных таблицы, почва фоновая участка характеризуется как высокогумусированная, высоко обеспеченная подвижными формами фосфора и повышено калия, обладает нейтральной реакцией среды и не нуждается в проведении известкования (Справочник агронома-эколога, 2012).

Также в результате агрохимического обследования, было установлено, что, в буртах с почвой (среднее значение) по сравнению с контрольным участком отмечено значительное снижение содержания органического вещества - на 60%. Реакция среды изменилась на 2% в сторону подщелачивания. Снижение содержания фосфора по сравнению с фоновым образцом составило 28%, а уменьшение содержания калия - 30%.

При этом колебания агрохимических показателей в буртах с почвой (между наибольшим и наименьшим) составили в отношении содержания

органического вещества - 30%, фосфора - 27%, калия - 25%. Изменение реакции среды варьировало в пределах 3%.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика буртов с почвой на территории карьера

№ п/п	Слой, см	Место отбора пробы	рН	Орган-кое вещество	Фосфор	Калий
			ед. рН		подвижные формы	
				%	мг/кг	
1	0-20	Бурт с почвой № 1	6,7	1,53	118	97
2	0-20	Бурт с почвой № 2	6,8	2,17	102	109
3	0-20	Бурт с почвой № 3	6,6	1,94	139	82
Среднее значение			6,7	1,88	120	96
4	0-20	Фон	<u>6,6</u>	<u>4,73</u>	<u>167</u>	<u>138</u>

Почву из буртов (среднее значение) можно охарактеризовать как среднегумусированную, повышено обеспеченную фосфором и средне калием, обладающую нейтральной реакцией среды и не нуждающейся в проведении известкования (Справочник агронома-эколога, 2012).

Снижение содержания агрохимических показателей в почве из буртов, по сравнению с почвой с контрольного участка, а также значительные колебания этих показателей между образцами из разных буртов, свидетельствуют о нарушении технологии снятия и складирования гумусового горизонта почвы. Несоблюдение нормативов проведения работ привело к перемешиванию верхнего плодородного слоя как с нижележащими почвенными горизонтами, так и с горными породами в виде песка.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в буртах с песком (среднее значение), по сравнению с почвой контрольного участка также наблюдалось значительное снижение органического вещества - на 65%, изменение кислотности в сторону подщелачивания на 2%. Снижение содержания фосфора на 54%, калия на 40%.

Таблица 2. Агрохимическая характеристика буртов с песком на территории карьера

№ п/п	Слой, см	Место отбора пробы	рН	Орган-кое вещество	Фосфор	Калий
			ед. рН		подвижные формы	
				%	мг/кг	
1	0-20	Бурт с песком № 1	6,9	1,42	98	79
2	0-20	Бурт с песком № 2	6,4	1,67	59	72
3	0-20	Бурт с песком № 3	6,8	1,82	72	98
Среднее значение			6,7	1,64	76	83
4	0-20	Фон	<u>6,6</u>	<u>4,73</u>	<u>167</u>	<u>138</u>

При этом в образцах из разных буртов с песком, также, как и ранее в образцах из разных буртов с почвой, отмечено значительное колебание агрохимических показателей.

Варьирования агрохимических показателей в буртах с песком (между наибольшим и наименьшим) составили в отношении содержания органического вещества - 22%, фосфора - 40%, калия - 27%. Изменение реакции среды варьировало в пределах 7%.

Это может свидетельствовать как о неоднородности химического состава самого песка на разных уровнях залегания, так и о примешивании к нему некоторого количества почвы, при добыче.

Таблица 3. Агрохимическая характеристика дна карьера по добыче песка

№ п/п	Слой, см	Место отбора пробы	pH	Орган-кое вещество	Фосфор	Калий
			ед. pH	%	подвижные формы	
					мг/кг	
1	0-20	Дно карьера	6,8	0,43	95	67
2	0-20	Фон	<u>6,6</u>	<u>4,73</u>	<u>167</u>	<u>138</u>

Агрохимическая характеристика образца со дна карьера представлена в таблице 3. В результате агрохимического обследования, было установлено, что в образце со дна карьера, по сравнению с образцом с контрольного участка произошло снижение органического вещества на 91%. Содержание фосфора снизилось на 43%, а калия на 51%. Также произошло изменение реакции среды в сторону подщелачивания на 3%.

Выводы. В результате снятия и складирования плодородного слоя почвы в бурты, в ней отмечено снижение содержание органического вещества в 2,5 раза, подвижного фосфора в 1,4 раза, подвижного калия также в 1,4 раза, по сравнению с почвой ненарушенного (фоновое участка).

Уменьшение агрохимических показателей в буртах с почвой по сравнению с почвой контрольного участка, а также сильное варьирование этих показателей в образцах из разных буртов, свидетельствует о несоблюдении технологии снятия и складирования верхнего плодородного слоя почвы, которое может заключаться в перемешивание гумусового горизонта с нижележащими горизонтами почвы и песком.

Значительное уменьшение агрохимических показателей в буртах с песком и в грунте со дна карьера закономерно, так как данные объекты являются не почвой, а горными породами.

Вышеназванные изменения, а также образование на данной территории отрицательных и положительных форм рельефа (карьер по добыче песка, бурты с почвой и песком), делают невозможным использование данного участка в качестве сельхозугодий. Для возвращения нарушенной территории в сельхозоборот, после завершения работ по добыче песка, требуется проведение рекультивации.

Литература

1. Басов Ю.В. Гуляева К.Н., Оценка влияния разработки карьеров на состояние почвы. / Басов Ю.В. Гуляева К.Н. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2016. - №3(60). – С.59-63
2. Ефимов А.С., Экологическая оценка интенсивности антропогенного изменения серых лесных почв и их агрогенетической преобразованности. / Ефимов А.С. // Научный журнал молодых ученых. – 2021. - №1(22). – С.29-34
3. Сохибов Г.Х., Насридинов И.Б. Разработка месторождений строительных горных пород. / Сохибов Г.Х., Насридинов И.Б. // Central Asian Academic Journal of Scientific Research. – 2022. – С. 351-354
4. Справочник агронома-эколога: учебное пособие / В.И. Титова [и др.]. –Н.Новгород: НГСХА, Нижегородский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2012 – 76 с.

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ АВТОДОРОГ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ

Митянин И.О., к.с.-х.н.

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, mitjanin@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются изменения агрохимических свойств почв, происходящих под воздействием работ, производимых, при строительстве автодорог, а также дается оценка снижения плодородия почвы, произошедшая в результате проведения данных работ.*

Ключевые слова: *агрохимические показатели, строительство автодорог, нарушенные территории, плодородие почвы, сельскохозяйственные угодья.*

Развитая дорожная сеть является одним из столпов, без которого невозможно представить существование современного человеческого общества, будь то государственная, экономическая, социальная или иная деятельность.

При этом, при строительстве автомагистралей и дорожно-транспортной сети в целом, происходит значительное антропогенное воздействие на почвы, приводящее к изменению физических, химических и биологических свойств почв.

Современные асфальтированные дороги являются сложным и комплексным непочвенным образованием, а антропогенно-преобразованные почвы встречаются на прилегающих к дорожной полосе участкам. Образование данных почв обусловлено сооружением дорожно-транспортной сети или проведением биологической рекультивации при строительстве или реконструкции дорог. Также отмечено, что на протяжении всей прилегающей к транспортной сети территории выявлены преобразования почвенного покрова, а зоны с повышенной антропогенной нагрузкой по типу съездов, водосточных каналов и заправок могут также стать причиной загрязнения почв (Моргач Ю.Р., Захарова М.К., 2022; Строительство автомобильных дорог, 2013; Феоктистова И.Д., Сахно О.Н., Журавлева А.Г., 2011).

Согласно существующим правилам и нормам, перед началом строительства линейных сооружений (к которым относятся и автодороги) следует снимать плодородный слой почвы, хранить во временном отвале, расположенном вдоль строительной полосы в пределах, предусмотренных нормативами отвода, и использовать для рекультивации или землевания после окончания строительных и планировочных работ (ГОСТ Р 59057-2020).

Земли, временно отведенные для строительных баз, резервных дорог, стоянок машин и т.д., после строительства дорог должны быть восстановлены. Некоторые этапы строительства непосредственно связаны с рекультивацией, поэтому их выполняют одновременно. Рекультивацию во время строительства также проводят по причине возможного ухудшения качественных характеристик почвы, хранящейся в валах.

Цель исследований. В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение влияния мероприятий по сооружению автодороги, на агрохимические свойства почвы, а также оценка данных работ на возможное снижение плодородия почвы.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились на территории нарушенной при строительстве автодороги Москва – Казань в Гороховецком районе Владимирской области в 2023 году.

Территория на которой проводилось обследование, представляла из себя сельхозугодья, прилегающие к автодороге, где находилось три нарушенных участка (Рис. 1), на которых в результате строительных работ произошло снятие верхнего плодородного слоя, также здесь находился бурт со снятым плодородным слоем, смешанным с глиной.

Для выполнения поставленной цели был проведен осмотр данных территорий, сделаны прикопки для определения типа почвы, а также были отобраны почвенные образцы для дальнейшего агрохимического анализа.



Рис. 1 Общий вид одного из трех нарушенных земельных участков

Отбор почвенных образцов проводился как с нарушенных участков, так и с территории с ненарушенной (фоновой) почвой. Все пробы отобраны в

соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 и ГОСТ 17.4.4.02-2017. Анализ почвенных образцов проводился в аккредитованной лаборатории.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика нарушенных участков рядом с трассой Москва-Казань

№ п/п	Слой, см	Место отбора пробы	рН, ед. рН	Органическое вещество, %	Фосфор	Калий
					подвижные формы	
					мг/кг	
1	0-20	Нарушенный участок 1	4,2	0,78	14	25
			сильнокислая*	меньше минимального**	оч. низкая*	оч. низкая*
2	0-20	Фон	4,3	2,17	96	108
			сильнокислая*	слабогумусированная*	средняя*	средняя*
3	0-20	Нарушенный участок 2	4,4	0,76	22	65
			сильнокислая*	меньше минимального**	оч. низкая*	низкая*
4	0-20	Фон	3,8	2,45	119	120
			оч. сильнокислая*	среднегумусированная*	повышенная*	средняя*
5	0-20	Нарушенный участок 3	3,9	0,48	39	53
			оч. сильнокислая*	меньше минимального**	низкая*	низкая*
6	0-20	Фон	4,1	1,95	117	97
			сильнокислая*	слабогумусированная*	повышенная*	средняя*
7	0-20	Бурт с почвой, смешанный с глиной	4,2	1,21	51	76
			сильнокислая*	оч. низкогумусированная*	средняя*	низкая*
8	0-20	Фон	4,3	2,64	132	127
			сильнокислая*	среднегумусированная*	повышенная*	повышенная*

*Справочник агронома-эколога: учебное пособие / В.И. Титова [и др.], 2012 – 76 с.

**ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы. Земли. Рекультивация земель. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.

Результаты исследований. Результаты исследования агрохимических показателей почвы представлены в таблице (Табл. 1).

В результате агрохимического обследования было установлено, что в почве нарушенного участка №1 по сравнению с фоновой территорией, содержание гумуса снизилось в 2,8 раза, содержание фосфора в 6,9 раза, калия в 4,3 раза.

На нарушенном участке №2, в результате работ по строительству автодороги уровень содержания органического вещества уменьшился в 3,2 раза, содержание фосфора в 5,4 раза, а калия в 1,9 раза.

Обследование нарушенного участка №3 показало, что его почва, содержала гумуса в 4,1 раза, фосфора в 3 раза и калия в 1,8 раза меньше, чем почва контрольного участка.

Сравнение почвы из бурта с почвой фонового участка показало уменьшение содержания гумуса в 2,2 раза, фосфора в 2,6 раза и калия в 1,7 раза.

При этом почва как нарушенных участков, так и фоновой территории обладала сильнокислой реакцией среды.

Следует обратить внимание, что снятие верхнего плодородного слоя почвы привело к такому уровню снижения содержания органического вещества, что в соответствии п.2.1.1.ГОСТ17.5.3.06-85, не позволяет отнести его к плодородному слою почвы.

Данные изменение агрохимических показателей гумусового горизонта почвы, связаны со снятием части плодородного слоя при проведении работ по строительству автодороги.

Таблица 2. Степень изменения показателей плодородия почвы обследуемого участка

Показатель	Ед. изм.	Значение показателя		± к фону	
		фон	нарушенный участок	абсолютн. знач.	%
Нарушенный участок №1					
Органическое вещество	%	2,17	0,78	-1,39	-64,1
рН солевой вытяжки	ед. рН	4,3	4,2	-0,1	-2,3
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	96	14	-82	-85
Подвижный калий (K ₂ O)	мг/кг	108	25	-83	-77
Нарушенный участок №2					
Органическое вещество	%	2,45	0,76	-1,69	-70
рН солевой вытяжки	ед. рН	3,8	4,4	+0,6	+15,8
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	119	22	-97	-81,5
Подвижный калий (K ₂ O)	мг/кг	120	65	-55	-45,8
Нарушенный участок №3					
Органическое вещество	%	1,95	0,48	-1,47	-75,4
рН солевой вытяжки	ед. рН	4,1	3,9	-0,2	-4,9
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	117	39	-78	-66,7
Подвижный калий (K ₂ O)	мг/кг	97	53	-44	-45,4
Бурт с почвой, смешанной с глиной					
Органическое вещество	%	2,64	1,21	-1,43	-54,2
рН солевой вытяжки	ед. рН	4,3	4,2	-0,1	-2,3
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	мг/кг	132	51	-81	-61,4
Подвижный калий (K ₂ O)	мг/кг	127	76	-51	-40,2

Состояние плодородного слоя почвы характеризуется содержанием органического вещества, рН_{ксл}, содержанием подвижных форм калия и фосфора на основе проб почвы при сравнении результатов их испытаний с пробами контрольного участка.

Для оценки изменения основных показателей плодородия почвы используются критерии, закрепленные Постановлением Правительства РФ от 22 июля 2011 г. №612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», существенным снижением плодородия земель сельскохозяйственного назначения является изменение числовых значений не менее 3^х следующих критериев:

- снижение содержания органического вещества в пахотном горизонте на 15% или более;
- снижение кислотности в кислых почвах на 10% или более;

- повышение щелочности щелочных почв на 10 % или более;
- снижение содержания подвижных форм фосфора и калия на 25%

или более.

Для установления факта существенности изменения показателей плодородия почвы рассчитано изменение показателей плодородия по отношению к фону в процентах. Результаты расчетов приведены в таблице (Табл. 2).

Результаты проведенных расчетов показали, что на всех нарушенных участках обследуемой территории произошло существенное снижение плодородия почвы, так как во всех пробах с нарушенной территории по отношению к фону существенно изменились 3 из 4-х обследуемых показателей.

Выводы. Почва обследуемой территории на нарушенных участках (со снятым плодородным слоем), обладает содержанием гумуса не соответствующему плодородному слою (менее 1%), низко и очень низко обеспечена подвижными формами фосфора и калия, обладает сильнокислой реакцией почвенной среды, и нуждается в проведении известкования (Справочник агронома-эколога, 2012).

Почвогрунт из бурта очень низкогумусирован, средне обеспечен подвижными формами фосфора и низко калия, обладает сильнокислой реакцией почвенной среды, и нуждается в проведении известкования (Справочник агронома-эколога, 2012).

На всей нарушенной территории (включая бурт), произошло существенное снижения плодородия почвы. Так как на нарушенной территории по сравнению с контрольными участками уровень содержания органического вещества уменьшился в 2,2-4,1 раза, подвижного фосфора в 2,6-6,9 раза, а калия в 1,7-4,3 раза, то это означает невозможность использования их в соответствии с установленной категорией земель и разрешенным видом (сельскохозяйственные угодья), и требует проведения рекультивационных работ.

Литература

1. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: межгосударственный стандарт: дата введения 2019-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 12 с.

2. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа: межгосударственный стандарт: дата введения 2019-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 16 с.

3. ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы. Земли. Рекультивация земель. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ: межгосударственный стандарт: дата введения 1986-07-01/Охрана природы. Земли:Сб. ГОСТов. – Изд. официальное. – Москва: ИПК Издательство Стандартов, 2002 – С. 60-63.

4. ГОСТ Р 59057-2020. Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель: национальный стандарт Российской Федерации: дата

введения 2020-09-30 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020 – 20 с.

5. Моргач Ю.Р., Захарова М.К. Трансформация почвенного покрова зоны автомобильных дорог. / Ю.Р. Моргач, М.К. Захарова //Сборник докладов Четвертой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов"/ М.: ФГБНУ ФИЦ «Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева», 2022 – С. 277-285.

6. Справочник агронома-эколога: учебное пособие / В.И. Титова [и др.]. –Н.Новгород: НГСХА, Нижегородский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, 2012 – 76 с.

7. Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования /В.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Пospelов; под ред.В.П. Подольского. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр«Академия», 2013 – 432 с. – (Сер. Бакалавриат).

8. Феоктистова И.Д., Сахно О.Н., Журавлева А.Г. Оценка экологического состояния почв урбанизированных территорий, загрязненных нефтепродуктами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1-5. С. 1233-1235.

УДК 631.472.56

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ТНВ «МИХЕЕВ И КОМПАНИЯ» БУТУРЛИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Новожилов И.А., Алакборова Д.Д., Чирков В.Д.
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
Novozhilov-nnsaa@yandex.ru*

Аннотация. Используя геоинформационные методы проведена оценка содержания гумуса в почвах в зависимости от почвенного покрова и рельефа местности. Выявлены территориальные границы гумуса и причины его вариабельности.

Ключевые слова: гумус, интерполяция, цифровое картографирование, почвенный покров, рельеф, серая лесная почва, дерново-карбонатная почва

Введение. Гумус является основным резервуаром питательных элементов в почве. Он связывает азот, фосфор, калий и микроэлементы, постепенно высвобождая их в доступной для растений форме. Существуют как традиционные, так и современные цифровые подходы к изучению и пространственному анализу гумуса. При этом акцентируется большое внимание на возможностях дистанционного зондирования и интерполяционных методов оценки запасов почвенного органического углерода.

Известно, что свойства почв сильно варьируют в пространстве, и почвенный покров даже небольшого по площади земельного участка может быть представлен достаточно контрастными по свойствам и функциям почвами (Самсонова В.П., 2008г.). Все это предопределяет важность учета пространственного варьирования почв при решении как фундаментальных, так и прикладных проблем почвоведения (Дмитриев Е.А., 1996г.). Ключевым

аспектом цифрового картографирования является применение геостатистических методов, которые позволяют интерполировать данные между точками отбора проб с минимальной погрешностью (Смирнов В.Г., 2023). В практике сельского хозяйства и землеустройства пространственное варьирование почв учитывается посредством использования почвенных карт. Поэтому совершенствование методов картографирования и мониторинга почв имеет большое практическое значение (Савин И.Ю., 2022 г.).

Важным аспектом применения интерполяционных методов является сравнительный анализ их эффективности при решении конкретных почвоведческих задач. В исследовании Т.Н. Мыслыва и О.А. Куцаевой (2018) было проведено детальное сравнение методов интерполяции в ГИС-системе для оценки пространственного распределения гумуса в почвах. Точность прогноза существенно зависит от выбранного метода интерполяции, при этом геостатистические подходы (например, обычный крикинг) демонстрируют лучшие результаты по сравнению с неизменными методами (например, ОВР) в условиях выраженной пространственной автокорреляции данных. Особое внимание уделено вопросам оптимизации параметров интерполяции для минимизации ошибок прогнозирования.

Методика исследования. В основу исследования было положено почвенное обследование, проведенное при оценке состояния плодородия неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйстве ТНВ «Михеев и Компания» в 2024 году. Всего обследовано 689,4 га залежных земель заложено 17 полнопрофильных разрезов, 68 полуюм и 115 прикопок. Были использованы GPS-навигаторы для точной привязки полученных результатов обследования к точкам отбора и дальнейшего использования этой информации на векторном слое в специализированных программных продуктах. Обследование проведено в соответствии с научно-методическими рекомендациями.

Для изучения был выбран ограниченный массив залежных земель, на котором происходит смена почвенного покрова с серых лесных на дерново-карбонатные. Общая площадь взятой территории исследования составила 76,2 га (рис.1).

На исследуемом участке были изучены 4 полнопрофильных разреза глубиной до 1,5 метров, из которых послойно, через каждые 10 см, были отобраны почвенные образцы на определение органического вещества (гумуса) по Тюрину.

Почвенный покров исследуемой области представлен преимущественно серой лесной и дерново-карбонатной почвами (рис.2).

Создания карт рельефа местности и интерполирования результатов исследования проводилось с использованием программного обеспечения ArcGIS и QGIS.



- Условные знаки**
- Границы почвенных разностей
 - ▲ Места заложения разрезов

Рисунок 1. Массив залежных земель ТНВ «Михеев и Компания» Бутурлинского муниципального округа

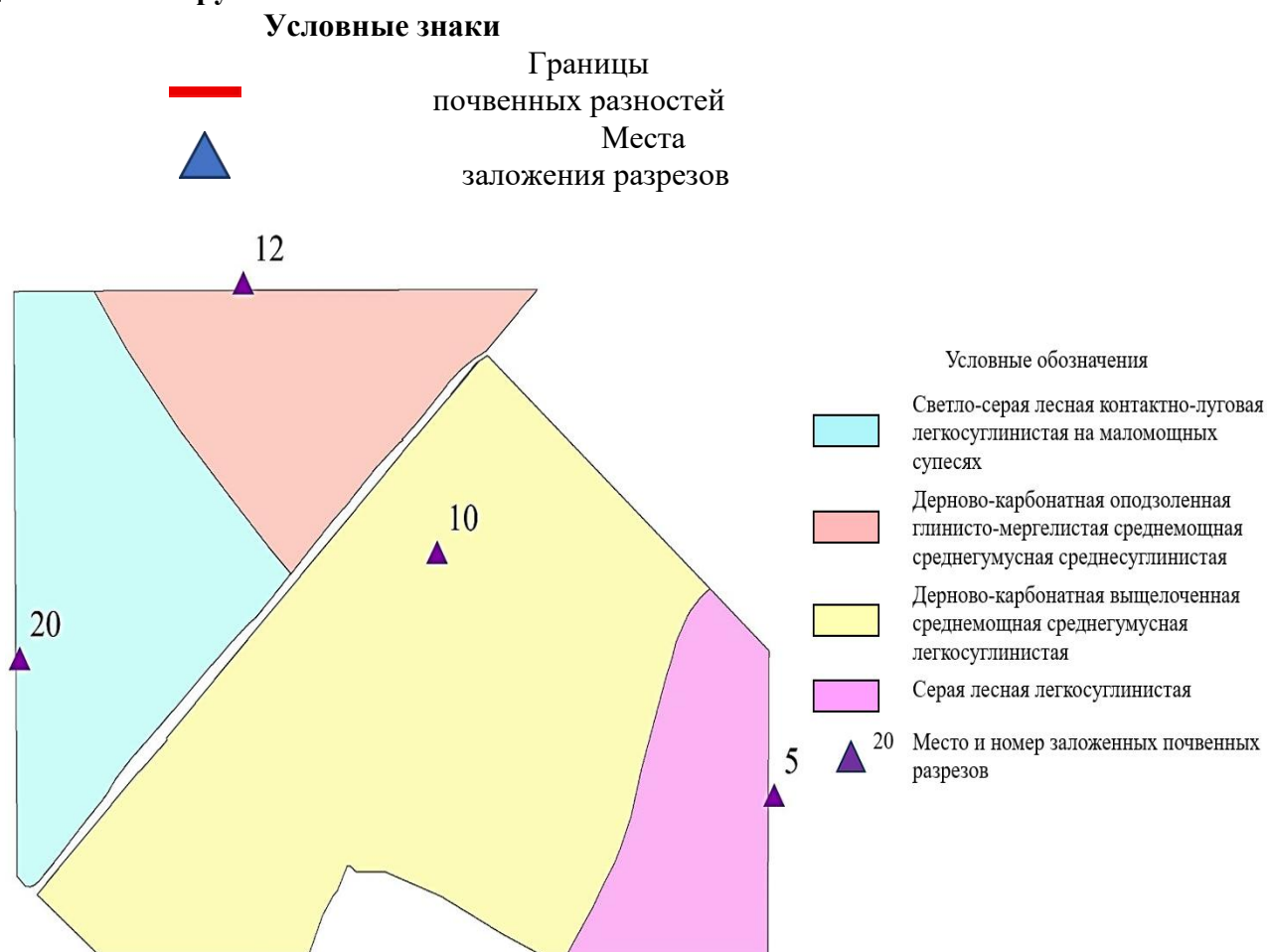


Рисунок 2. Почвенная карта исследуемой территории

Результаты исследований. Содержание органического вещества в изучаемых почвах представлен в таблице 1. Результаты представлены для

органогенного – старопахотного горизонта для каждого из исследуемых почвенных разрезов, согласно почвенной карте.

Таблица 1. Содержание гумуса в почве

№	Глубина, см			
		0-10	10-20	20-30
5	Серая лесная легкосуглинистая на флювиогляциальных суглинках, подстилаемых элювием пермских глин	4,6	4,5	3,7
20	Светло-серая лесная контактно-луговая легкосуглинистая на маломощных супесях, подстилаемых флювиогляциальными суглинками	2,3	2,3	2,2
10	Дерново-карбонатная выщелоченная среднемощная среднегумусная легкосуглинистая на элювии пермских глин	3,2	2,9	2,5
12	Дерново-карбонатная оподзоленная глинисто-мергелистая среднемощная среднегумусная среднесуглинистая на элювии пермских глин	3,1	2,9	2,6

Из таблицы видно, что верхние горизонты серой лесной почвы (5) отличаются повышенным содержанием гумуса до 4,6%, содержание органического вещества в верхних слоях у светло-серой лесной почвы (20) низкое – 2,3%. Эти показатели соответствуют литературным данным по серым лесным почвам Нечерноземной зоны, где аккумуляция органического вещества происходит преимущественно в верхних слоях

Верхние горизонты дерново-карбонатная выщелоченной почвы (10) характеризуются средним содержанием гумуса от 3,2 до 2,5%, что типично для дерново-карбонатных почвы. Содержание гумуса в верхних слоях дерново-карбонатной оподзоленной почвы колеблется от 3,1 до 2,6%, что соответствует среднему содержанию органического вещества.

На основании приведенных табличных данных была проведена интерполяция гумуса методом крикинга до глубины 30 см., в среднем по горизонту. Данный метод широко применяется для изучения свойств почвы благодаря своей способности учитывать пространственную корреляцию между точками данных. В отличие от традиционных методов, крикинг обеспечивает оптимальную оценку значений в неизвестных точках с минимальным отклонением.

В результате интерполяции были построены картографические модели местности, наглядно показывающие пространственную вариабельность содержания гумуса. При этом для более точного анализа гумуса были построены 2 картограммы: распределение гумуса методом крикинга без границ (рис. 3) и содержания гумуса с границами (рис. 4)

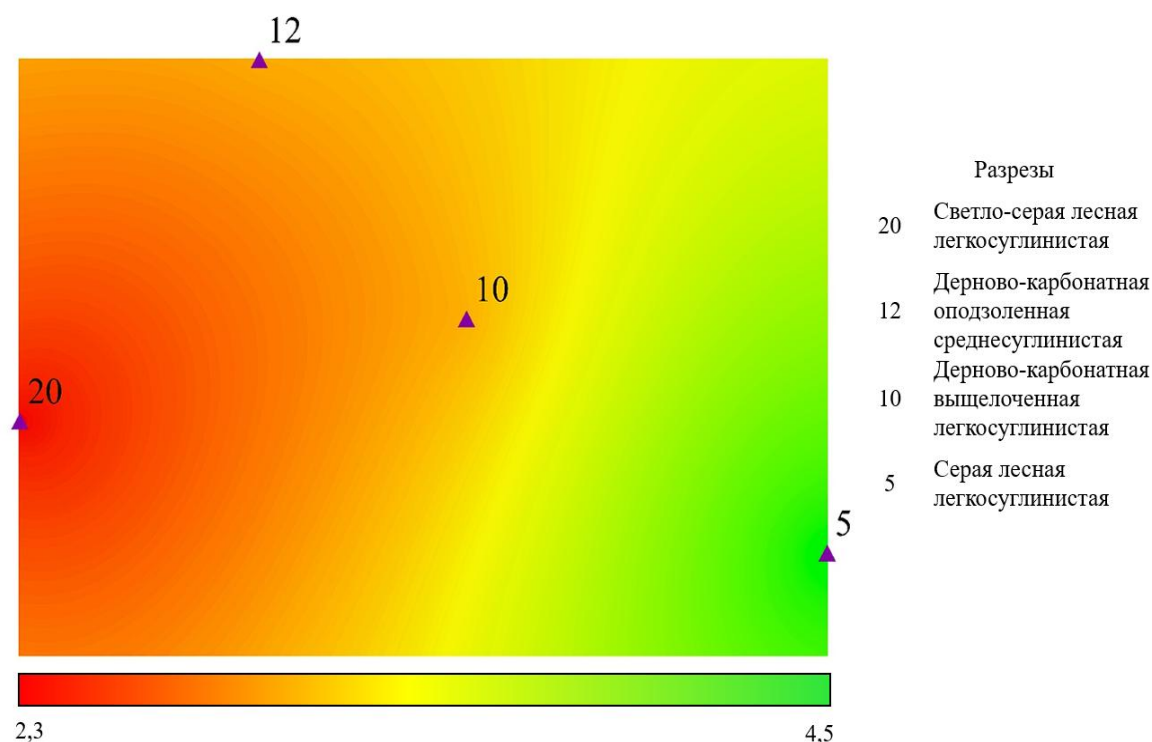


Рисунок 3. Картограмма содержания гумуса в пахотном слое методом крикинга

Анализ полученной карты демонстрирует четкую взаимосвязь между содержанием гумуса и особенностями почвенного покрова. Наименьшее значение содержания гумуса (2,3%) наблюдаются в точке 20, соответствующей разрезу светло-серой лесной почвы, что характерно для данного типа. Промежуточные показатели (3%) отмечаются в точках 12 (дерново-карбонатная оподзоленная) и 10 (дерново-карбонатная выщелоченная), что также соответствует типичному содержанию гумуса в данных почвах. Максимально содержание органического вещества можно увидеть в точке 5 (серая лесная).

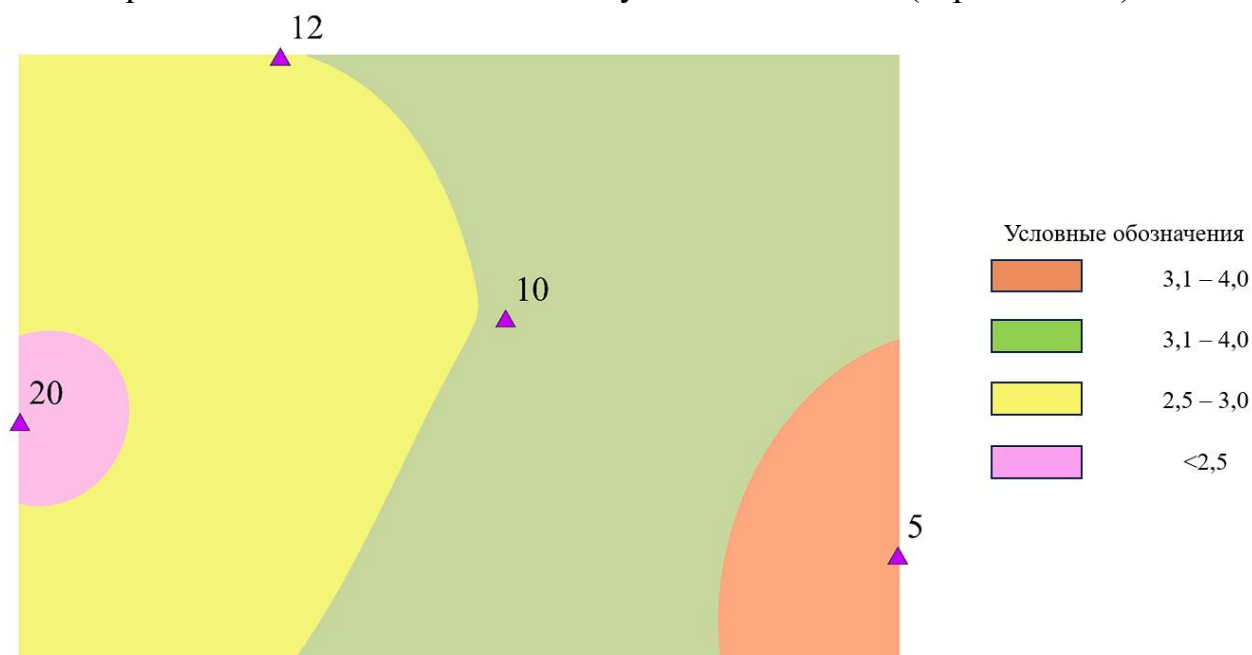


Рисунок 4. Карта содержания гумуса с выделением границ в пахотном слое методом крикинга

Проведенный анализ данных позволил рассмотреть новые границы почвенных разностей на основе содержания гумуса. Полученные данные показывают значительную вариабельность гумусового состояния почвенного покрова в пределах исследуемой территории.

Для изучения влияния рельефа местности на содержание и изменения гумусового состояния почв была создана карта рельефа местности (рис. 5), так как рельеф территории играет важную роль в формировании почвенного покрова, не только определяя пространственное распределение почвенных разностей, но и их свойства.

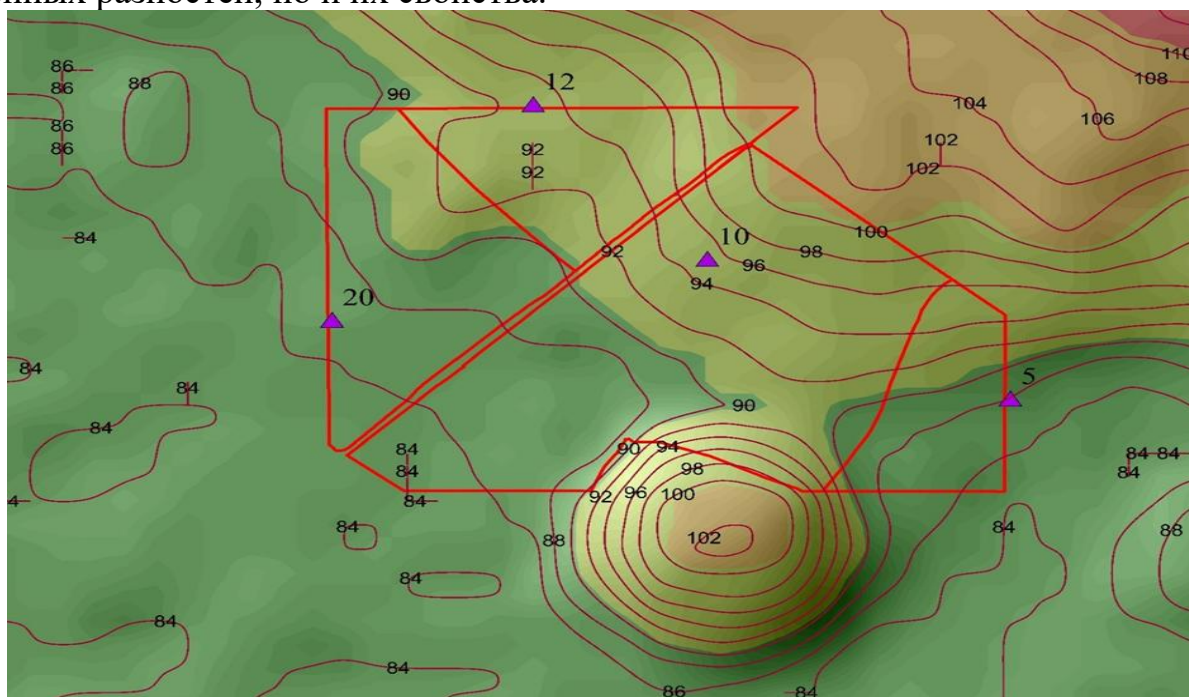


Рисунок 5. Рельеф исследуемой территории

Рельеф исследуемой территории характеризуется вариабельностью высот, что оказывает влияние на физико-химические свойства. Абсолютные отметки высот варьируются от 84 до 110 метров, формируя слабоволнистую поверхность с плавными перепадами. На повышенных элементах рельефа сформировались дерново-карбонатные почвы, а в пониженных участках серая лесная и светло-серая лесная с низким содержанием гумуса.

Для детального изучения влияния рельефа на органическое вещество почв была наложена картограмма содержания гумуса на рельеф местности. На рисунке 6 представлена картограмма распределения гумуса в зависимости от рельефа. Рельеф дает четкое представление об изменении содержания органического вещества в зависимости от профиля почвы. Основное накопление гумуса происходит в серой лесной почве (точка 5) на уровне 84м, средние значения в дерново-карбонатных разностях (10 и 12 точки) на 94 – 92м, минимальные в светло-серых лесных (точка 20) также на уровне 84 м.

Можно предположить, что происходит смыв гумусового горизонта с дерново-карбонатных почв и намывание на серые лесные, а также дальнейшее смывание гумуса с светло-серых лесных вниз по профилю почвы.

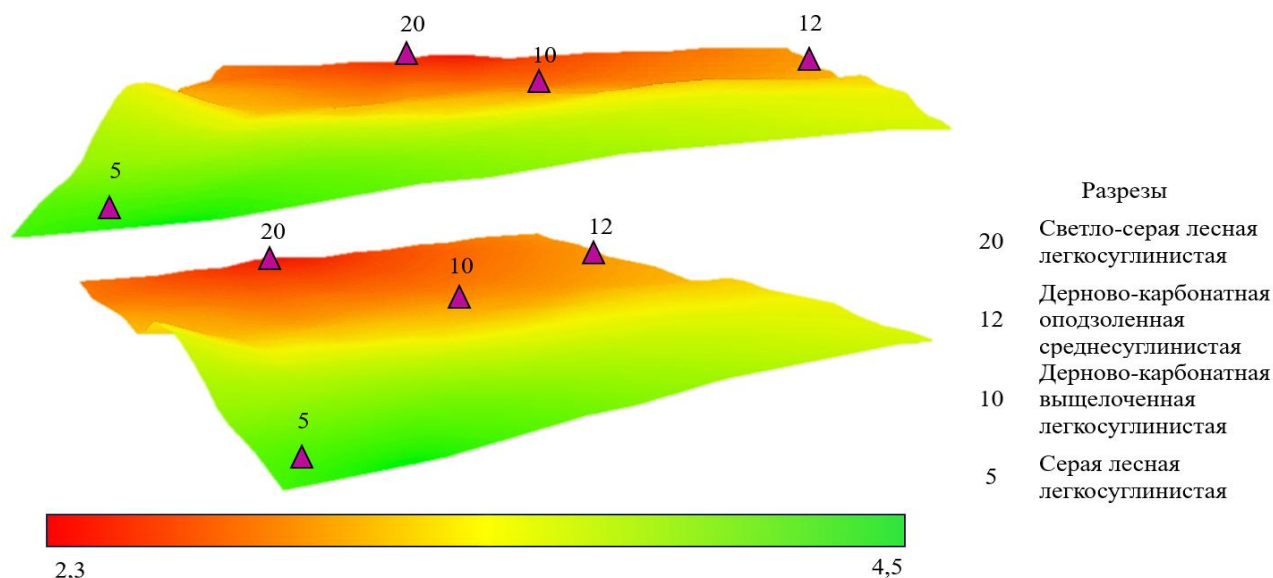


Рисунок 6. Картограмма содержания гумуса по рельефу

Всего скорее именно поэтому дерново-карбонатные выщелоченные почвы обладают укороченным профилем, мощность гумусового горизонта составляет всего 30 см, а у серых лесных более выраженный профиль.

Для подтверждения взаимосвязи между рельефом и содержанием гумуса была проведена статистическая корреляция, значение которой составило 0,8. Расчеты выполнялись с использованием программы ArcGIS, применяя инструменты статистики каналов. Таким образом была доказана четкая зависимость между органическим веществом почвы, рельефом и почвообразовательными процессами.

Выводы. Впервые для изучения содержания гумуса в Нижегородской области был использован метод интерполяции данных. Содержание гумуса и являются типичными для изучаемых почв. На основании обобщённых данных были выявлены границы содержания гумуса в зависимости от почвенных разностей. Обнаружена прямая зависимость между рельефом и гумусом, коэффициент корреляции составил 0,8.

Литература

1. Дмитриев Е.А. Почва и почвоподобные тела // Почвоведение. 1996. № 3.
2. Мыслыва, Т.Н. Сравнение эффективности методов интерполяции на основе ГИС для оценки пространственного распределения гумуса в почве / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1(62). – С. 89–97.
3. Проведение почвенного обследования сельскохозяйственных земель. Научно-методические рекомендации. – М. ФГБНУ «Росинформагротех», 2022 – 188 с.
4. Савин, И.Ю. Перспективы развития картографирования и мониторинга почв на основе интерполяции точечных данных и дистанционных методов / И.Ю. Савин // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2022. – № 2. – С. 45–53.
5. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств. М., 2008.
6. Смирнов, В.Г. Дистанционные методы в почвоведении: проблемы и решения / В.Г. Смирнов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли. – 2023. – № 1. – С. 22–30.

ИСТОРИЯ ОСУШЕНИЯ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ СОСТОЯНИЕ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

*Полякова Н.В., д. с.-х. н., профессор,
Бобриков А.Н., аспирант, Кулагина Н.А., к.б.н., ст. преподаватель,
Куприянов М.А., магистрант, Демичев П.А., аспирант
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
polaykova_nv19@mail.ru*

Аннотация. Аллювиальные почвы речных пойм характеризуются высоким потенциальным плодородием, отрицательным фактором, ограничивающим их использование под культурные растения, является очень высокая влажность вследствие затопления наводковыми водами. Основным приемом регулирования водных свойств аллювиальных почв является осушительная мелиорация, эффективность которой отмечена в разные исторические периоды, начиная с 13-15 веков. Целью исследований было определить динамику почвенных свойств аллювиальной болотной осушенной почвы в годичном цикле и в зависимости от условий рельефа и влажности, как основных факторов, определяющих неоднородность почвенных свойств.

Ключевые слова: аллювиальная болотная осушенная почва, влажность, ОВП, аморфное железо, подвижный фосфор, вариабельность.

Введение. По территории РФ протекает около 2,5 млн рек общей протяженностью более 8 млн километров. Пойменные земли в Российской Федерации занимают 3,16% от общей площади страны, что составляет 53,7 млн га. В Нижегородской области около 9 тыс. рек различной протяженности, включая крупные (р. Волга, р. Ока), большое количество средних (р. Кудьма, Сура, Теша и др.) и малых рек. Площадь пойменных земель на территории области составляет около 400 тыс. га.

По данным Департамента мелиорации Минсельхоза России, площадь осушенных сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации в 2023 г. составила 5 млн га, из них в сельскохозяйственном производстве использовалось 3 млн га, в Нижегородской области осушенные пойменные земли составляют 44 тыс. га.

Методы исследования. Для проведения исследований на участке центральной поймы р. Кудьма было заложено четыре стационарных площадки площадью по 12 м²; две на повышениях, две – в микропонижениях. Абсолютная разница между участками составляла около 1,5 метров. Образцы почв отбирали из 5-ти точек с каждой площадки. Влажность почвы определяли весовым методом, ОВП – потенциометром БПК- «Эксперт-001», содержание аморфного железа в вытяжке Тамма, подвижный фосфор по Кирсанову (ГОСТ 26207-91). Почва характеризовалась следующими физико-химическими показателями: содержание углерода гумуса – от 3,5% на повышениях, до 5,0% в понижениях, обменная кислотность от 5,1 до 5,4 ед. рН; ЕКО – 25,3...28,5 ммоль/100 г.

Результаты. История осушения пойменных заболоченных земель в Нижегородской области начинается в 12-13 веках на монастырских землях, где

применялись примитивные приспособления: «плетневые запруды» и трехступенчатые канавы от затопления паводковыми водами огородов. В раскопах у села Подвязье была обнаружена уникальная система раннесредневековых дрен – обожженные глиняные трубки, соединенные дубовыми муфтами (Кузнецов Д.В. 2018).

В 18 веке Указ Петра первого (1724 год) «О осушении болот в казенных селениях» стал первым документом в России, придавшим мелиорации государственный масштаб. На основании этого указа были приглашены голландские мастера со своими инструментами и чертежами, создавшими первый проект по осушению заболоченных участков в пойме реки Теша Арзамасского уезда.

После земской реформы 1864 года в Васильсурском уезде появились первые профессиональные мелиоративные артели, использующие для осушения нивелиры и дренажные трубы, которые укладывали в траншеи (Вронский О.Г. 2005, Герасименко Г.А. 1990).

В 1920-ые годы продолжилось осушение заболоченных земель, в том числе в пойме р. Кудьма Богородского района вблизи с. Лакша и Доскино; на мелиорированных землях выращивали зерновые культуры, картофель, овощи на продовольственные цели и в качестве кормовой базы для животноводства.

Активное осушение заболоченных земель продолжилось в послевоенные 50...60-ые годы и к 1980-ым годам осушенные земли обеспечивали до 30% производства овощей и кормовых культур в регионе.

В настоящее время система мелиоративных каналов находится в аварийном состоянии. Большая часть каналов не функционирует в связи с заилением и зарастанием древесно-кустарниковой растительностью (Рис.1).

В рабочем состоянии находятся 16 осушительных систем, в основном в центральных поймах рек Правобережья области: р. Кудьма и р. Теша (Рис. 2) и которые требуют проведения мониторинговых исследований осушенных участков. Река Кудьма является правым притоком р. Волга, имеет протяженность около 150 км, площадь водосборного бассейна составляет 3200км². Река Теша впадает в р. Ока, ее протяженность 311 км, площадь водосбора 7800 км². Обе реки имеют двухстороннюю пойму.



Рисунок 1. Заросший водоотводной канал, пойма р. Кудьма

В структуре почвенного покрова центральной поймы рек Кудьма и Теша преобладают аллювиальные болотные почвы синлитогенного ствола, отдел аллювиальные почвы; тип: аллювиальные торфяно-глеевые (Классификация и диагностика почв России, 2004); в соответствии с «Классификацией почв СССР» (1977) изучаемые почвы относятся к типу аллювиальные болотные иловато-торфяные, подтип аллювиальные болотные иловато-торфяно-глеевые осушенные на песчано-иловатых аллювиальных отложениях.

Особенности почвообразования в условиях центральной поймы речных систем заключаются в следующем: проявление поемного и аллювиального процессов в ежегодном цикле; неоднородность микрорельефа (наличие микропонижений и повышенных участков) и различная интенсивность гидроморфизма; контрастность влажности, ОВП, содержания железа, питательных элементов.

Проблемы использования аллювиальных осушенных почв.

1) Некачественно проведенная планировка территории поймы после осушительных работ обусловила проявление геоморфологического фактора на уровне микрорельефа.

2) Поемность в результате осушения снизилась до 7-10 дней, при этом в микропонижениях из-за застоя паводковых вод наблюдаются более устойчивые условия гидроморфизма.

3) Неравномерность проявления гидрологических условий обусловила пестроту почвенных свойств на отдельно взятых осушенных участках (полях) центральной поймы, в первую очередь влажности, ОВП, режима органического вещества, содержания питательных элементов (Кулагина Н.А., Полякова Н.В., 2020).

4) В силу генезиса аллювиальные болотные почвы средних рек Нижегородской области обогащены соединениями железа, в том числе аморфным, который, в результате пульсации ОВП, участвует в закреплении фосфора, переводя его из подвижного в недоступное состояние (Зонн С.В., 1982; Каргин В.И. и др., 2019; Трускавецкий Р.С. и др., 2019).



Рисунок 2. Пойма р. Теша с «рабочим» водоотводным каналом

В результате четырех лет исследований, проведенных с 2019 по 2022 год, было установлено, что свойства аллювиальных почв различались в разные годы в зависимости от гидрологических условий, в частности, от интенсивности паводка и погодных условий вегетационных периодов. Во-вторых, на динамику свойства сильно повлияли геоморфологические условия участка, расположенного в центральной пойме реки Кудьма (Табл.1). Наличие повышенных форм рельефа и микропонижений обусловило повышенную влажность в понижениях и, соответственно, окислительно-восстановительных условий, так, в понижениях поймы влажность была выше на 7%, а значения ОВП ниже на 93мВ, что свидетельствует о преобладании восстановительных условий (Полякова Н.В. и др., 2023). В пределах изучаемых участков наибольшей вариабельностью отличалось содержание подвижного фосфора на повышениях вследствие более контрастной влажности и высокого содержания аморфного железа, участвующего в закреплении фосфора.

Таблица 1. Средние значения показателей по элементам рельефа (2019-2022; июнь, июль, август)

Участки	Влажность почвы, %	ОВП, мВ	Fe ₂ O ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
Возвышение поймы (<i>среднее</i>)	29,4	325,6	6490	10,1
К вар % (n=120)	11,2	13,4	5,6	53,0
Понижение поймы (<i>среднее</i>)	36,6	232,7	5788	36,5
К вар, % (n=120)	5,2	12,0	5,9	46,0
HCP ₀₅	0,5	25,0	111	2,1

В целом по участку (Табл.2), с учетом всех форм микрорельефа, значения вариационных показателей значительно возросли практически по всем свойствам (за исключением железа), а главным образом подвижного фосфора – до 78%.

Таблица 2. Вариационные показатели свойств в целом по участку (n= 240)

Свойства почв	среднее	min	max	med	К вар, %
Влажность почвы, %	33	25	41	35	14
ОВП, мВ	279	178	409	270	21
Fe ₂ O ₃ , мг/кг	6139	5223	7258	6163	8
P ₂ O ₅ , мг/кг	23	2	62	16,5	78

При этом среднее значение вариационного показателя по фосфору, минимальное и медиана свидетельствуют о резком дефиците данного питательного элемента в аллювиальной болотной осушенной почве.

Заключение

1. Значительная часть осушенных пойменных земель выведена в настоящее время из состава сельскохозяйственных угодий и представляет собой залежь различного возраста.

2. Установлено, что наличие в ее центральной пойме повышенных участков и микропонижений оказывает первостепенное влияние на высокую вариабельность почвенных свойств.

3. Высокая изменчивость показателей влажности, ОВП, содержания подвижного фосфора обусловлена также временной динамикой свойств в годичном цикле из-за различной интенсивности поёмного процесса.

4. Широкий диапазон содержания подвижного фосфора (2...62 мг/кг) при очень высоком значении коэффициента вариации на уровне 78% свидетельствует о лимитирующей роли фосфора в продуктивности аллювиальной осушенной почвы и необходимости регулирования баланса питательных элементов под культуры.

Литература

1. Зонн С.В. Железо в почвах. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
2. Каргин В.И., Иванова Н.Н., Сальникова А.В. Физические и агрохимические свойства аллювиальных почв под многолетними травами и картофелем // Аграрный научный журнал. 2019. № 1. С. 9 – 15.
3. Кулагина Н.А., Полякова Н.В. Динамика окислительно–восстановительного потенциала в зависимости от температурного режима и влажности аллювиальной осушенной почвы // Вестник НГСХА, – 2020. – № 12. – С.5-9.
4. Полякова Н.В. Влияние условий увлажнения и рельефа центральной поймы р. Кудьма на динамику ОВП, содержание аморфного железа и подвижного фосфора в аллювиальной болотной осушенной почве [Электрон. ресурс] / Н.В. Полякова, **Н.А. Кулагина**, А.А. Полякова, М.А. Куприянов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – №5. – Режим доступа: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_514.pdf
5. Трускавецкий Р.С., Зубковская В.В., Паламарь Н.Ю. Роль соединений железа в изменении фосфатного состояния почв поверхностного гидроморфизма // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 4. – С.18-27.

УДК 631.41.

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОБРАБОТОК НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА С БОБОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

*Полякова Н.В. д. б. н., профессор,
Богомолова Ю.А., к.с.-х. н., ст. научный
сотрудник, Байдала Д.Д., магистрант
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
polaykova_nv19@mail.ru*

Аннотация. Исследования проводились в полевом опыте на светло-серой лесной почве в звеньях севооборота с соей и горохом. Изучалось влияние энергосберегающих обработок на физико-химические показатели и содержание доступных форм фосфора и калия за два года наблюдений. Установлено, что эффективность минимальной и

нулевой обработок почвы на показатели плодородия нивелировалась погодными условиями вегетационных периодов.

Ключевые слова: *светло-серая лесная почва, обработка, контроль, NPK, биопрепарат, фосфор, калий.*

Введение. Система обработки почвы является важнейшим звеном в технологии возделывания культур. В лесостепной зоне с преобладанием в составе почвенного покрова серых лесных почв основным видом является традиционная обработка с глубокой вспашкой и последующим боронованием и культивацией. В последнее время получили распространение энергосберегающие технологии – минимальные и нулевые (Чуркина Г.Н., 2016). Вопрос об их эффективности остается открытым, т.к. проявляющиеся в отдельные годы неблагоприятные погодные условия нивелируют экономические показатели от энергоносителей ввиду высокой засоренности полей, несбалансированного применения удобрений, ухудшения почвенных свойств. Поэтому в настоящее время стоит задача разработки эффективных систем обработки почвы применительно к разным условиям интенсификации земледелия, обеспечивающих экономически обоснованную продуктивность растений.

Целью работы было установить целесообразность применения минеральной и нулевой обработок в сравнении с традиционной на агрохимические показатели светло-серой лесной почвы в звене севооборота с горохом и соей.

Объекты и методы. Объектом исследования была светло-серая лесная среднесуглинистая почва, сформированная на лессовидном суглинке (Полякова Н.В., 2017). Исследования проводились в полевом опыте, заложенном на территории Кстовского района Нижегородской области в посевах сои (2022 год, сорт Чера-1) и гороха (2024 год, сорт Красивый), предшественниками под бобовые культуры была озимая (в 2021г) и яровая (в 2023г) пшеница. Схема опыта включала традиционную обработку (зяблевую вспашку на 20 см, весеннее боронование, культивацию); минимальную (послеуборочное дискование и весеннее боронование); нулевую (No-till) с прямым посевом культур. Изучение влияния обработок проводили в вариантах с минеральным удобрением ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и биопрепаратом (Стимикс®Нива) в сравнении с контролем. Повторность опыта четырехкратная, площадь делянки 192м². Для зернобобовых культур важное значение имеют погодные условия, особенно в первые фазы вегетации. Особенностью 2022 года было большое количество осадков в мае и июле (в 1,7 раза выше нормативных), при этом в мае температура была ниже на 3,5°C, а в июле на 2°C выше, июнь был засушливым и теплым, в августе наблюдалась засуха. Температурный режим 2024 года приближался к среднепогодным, но осадки выпадали очень неравномерно, так, их практически не было во второй и третьи декады мая и в течение месяца с 20 июня по 20 июля.

Результаты. Бобовые культуры предпочитают плодородные почвы с кислотностью, близкой к нейтральной. Значения pH по вариантам опыта

изменялось в пределах от 5,6...6,0 ед. pH на контроле; от 6,0 до 6,3 ед. с минимальной обработкой и практически не отличалась в вариантах с нулевой обработкой (6,1...6,3 ед. pH). Наиболее заметное подкисление проявилось в варианте с NPK по традиционной обработке (на 0,4..0,6 ед. pH).

Величина суммы обменных оснований (табл. 1) находилась в диапазоне значений от 9,4 до 17,8 ммоль/100 г, соответствующих подтипу светло-серых лесных почв легкосуглинистого гранулометрического состава (Платонычева Ю.Н., 2011). Различия наблюдались в зависимости от системы обработки почвы, некоторые коррективы вносили используемые удобрительные материалы и погодные условия.

На контроле в условиях 2024 года более высокие значения показателя отмечались по традиционной и минимальной обработкам. Минеральные удобрения оказали лучший результат за оба года исследований только с нулевой обработкой, где сумма обменных оснований увеличилась на 4,0 и 5,4 ммоль/100г (или в 1,3 раза). Использование биопрепарата снизило количество основных катионов ППК с традиционной вспашкой и повысило значение показателя в варианте с нулевой обработкой на 7,3 ммоль/100г по сравнению с традиционной.

Таблица 1. Изменение суммы обменных оснований (моль/100 гр. почвы), за два года исследований

Система обработки	2022 год (опыт с соей)			2024 год (опыт с горохом)		
	контроль	NPK	БП	контроль	NPK	БП
1.Традиционная	14,4	11,5	10,2	16,2	13,4	9,4
2.Минимальная	13,8	14,6	14,4	14,8	14,4	14,5
3.Нулевая	13,5	15,5	15,2	13,3	17,8	16,7
Среднее	13,9	13,8	13,2	14,8	15,2	13,5
НСР ₀₅ : 0,3ммоль/100г (2022 г.); 0,4 (2024 г.)						

При формировании урожая зерна соя выносит большое количество питательных элементов, в первую очередь азота, в два раза меньше калия и в три раза фосфора, в результате почва после возделывания культуры значительно обедняется доступными элементами питания. Результаты исследований показали, что после уборки сои наименьшим содержанием подвижного фосфора характеризовался вариант с внесением минерального удобрения при традиционной обработке (табл. 2), где его количество было в 1,4 раза ниже по сравнению с контролем. При этом по минимальной и нулевой обработкам содержание подвижного фосфора было более высоким по сравнению с глубокой вспашкой на 96...110 мг/кг, что свидетельствует о негативном влиянии малой глубины обработки и ее отсутствия на усвоение питательного элемента культурой сои. В вариантах с биопрепаратом, внесенным после уборки предыдущей культуры, содержание фосфора было практически одинаковым независимо от вида обработки.

Таблица 2. Динамика содержания фосфора в светло-серой лесной почве в опыте с соей (2022 г.) и горохом (2024 г.), мг/кг

Система обработки	2022 год			2024 год		
	контроль	НРК	БП	контроль	НРК	БП
1.Традиционная	338	238	277	323	357	286
2.Минимальная	284	348	270	321	389	307
3.Нулевая	233	334	266	330	461	322
Среднее значение	285	307	271	325	402	305
HCP ₀₅ = 16,3мг/кг (среднее по опыту, 2022 г.); 17,4 мг/кг (2024 г.)						

По сравнению с соей горох менее требователен к плодородию почвы, на единицу урожая он выносит примерно в 1,4 раза меньше азота и фосфора и в 1,5 раза калия. Данные за 2024 год свидетельствуют, что на контроле по всем обработкам содержание доступного фосфора было практически одинаковым, различия находились на уровне ошибки опыта. Внесение удобрения достоверно повысило содержание питательного элемента по сравнению с контролем на всех обработках, особенно в варианте с нулевой (на 104 мг/кг по сравнению с традиционной). Это может объясняться засушливыми условиями вегетационного периода 2024 года в фазу формирования и созревания зерна гороха. В вариантах с биопрепаратом содержание доступного фосфора было наименьшим, вероятно, за счет использования питательного элемента штаммами микроорганизмов, внесенных с препаратом.

Зернобобовые культуры весьма чувствительно относятся к низкой обеспеченности доступным калием, данный элемент на втором месте по выносу после азота. Соя более калиелюбивая по сравнению с горохом, она выносит его на единицу урожая в 1,5 раза больше, чем горох (табл. 3).

Таблица 3. Динамика содержания обменного калия за 2 года исследований в опыте с соей (2022 г.) и горохом (2024 г.)

Система обработки	2022 год			2024 год		
	контроль	НРК	БП	контроль	НРК	БП
1.Традиционная	183	173	167	176	229	153
2.Минимальная	207	225	142	157	218	224
Среднее	173	185	141	201	295	181
HCP ₀₅ = 21,6 мг/кг (среднее по опыту, 2022 г.); 19,7 мг/кг (2024 г.)						

Содержание доступного калия составляло после уборки сои от 114 до 225 мг/кг, после уборки гороха в 2024 году оно варьировало в диапазоне 153...438 мг/100г почвы, последнее свидетельствует о меньшем потреблении калия горохом, что может учитываться при внесении минеральных удобрений в севообороте под следующую культуру.

Сравнивая варианты с обработками, можно отметить, что в посевах сои меньшим содержанием калия характеризуются варианты с нулевой обработкой, а в посевах гороха контроль и вариант с НРК при минимальной обработке. Также можно отметить минимальную обеспеченность почвы калием во всех вариантах с биопрепаратом в 2022году и по традиционной вспашке в 2024году

за счет его выноса горохом. Содержание доступного калия в варианте с NPK при отсутствии обработки почвы достигло максимальной для светло-серой лесной почвы величины в 438 мг/кг, что в 1,9 раза выше по сравнению с традиционной обработкой, аналогичные данные, но в меньших значениях, были получены и по фосфору.

Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют, что содержание в светло-серой лесной почве питательных элементов зависело как от способа обработки почвы, так и внесения минерального удобрения. Наибольший вынос питательных элементов культурой сои наблюдался при традиционной обработке с NPK и на контроле с нулевой обработкой.

Вынос подвижных форм фосфора и калия горохом проявился в меньшей степени, особенно в варианте с нулевой обработкой. Лимитирующее влияние на усвоение питательных элементов могли оказать засушливые условия вегетационного периода 2024 года, когда внесенное поверхностным способом удобрение не поступило полностью в корнеобитаемый слой и не оказало должного эффекта.

Литература

1. Жеряков Е.В. Баланс фосфора и калия в зависимости от применения различных систем удобрения и химической мелиорации // Агрохимия и экология: история и современность. Материалы международной научно-практической конференции / Нижегородская ГСХА. – Н. Новгород. – 2008 – Т. 2. – С. 25-28.

2. Платонычева Ю.Н. Изменение физико-химических показателей и пищевого режима при земледельческом использовании светло-серых лесных почв/Ю.Н. Платонычева, Н.В. Полякова, А.В. Берчук//Материалы международной научно-практической конференции «Нетрадиционные источники и проблемы организации питания растений», Н. Новгород. – 2011. – С. 345-348.

3. Полякова Н.В. Рабочая классификация почв Нижегородской области: учеб. пособие для бакалавров, магистров, аспирантов и специалистов в сфере АПК, землеустройства и лесного дела/Н.В. Полякова, Е.Н. Володина, Ю.Н. Платонычева / Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. - 61 с.

4. Чуркина Г.Н. Экологическая оценка ноу-тилл технологии в северном Казахстане //Владимирский земледелец. №2. -2016.- С. 13-17.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

*Платонычева Ю.Н.¹, к.б.н., доцент,
Гетманченко Е.А.², инженер-эколог*

¹ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ имени Л.Я. Флорентьева,

²ФГКУ «Дирекция по ликвидации НВОС»,
kos-julia008@rambler.ru

Аннотация. В работе представлена оценка состояния подземных вод в районе действия полигона промышленных отходов «Красный бор» Ленинградской области. Установлено, что по многим показателям выявлены существенные превышения содержания загрязняющих веществ в подземных водах относительно фоновой скважины. Максимальные превышения при сравнении с ПДК установлены по марганцу, железу и фенолу.

Ключевые слова: грунтовые воды, промышленные отходы, загрязняющие вещества.

Промышленные полигоны, предназначенные для захоронения отходов производственных предприятий, являются важным элементом инфраструктуры обращения с отходами. Эти объекты играют ключевую роль в утилизации и долговременном хранении отходов, которые не могут быть переработаны или уничтожены иными способами. Неправильное проектирование, строительство или эксплуатация полигона потенциально приводит к протечкам и утечкам загрязняющих веществ. Это особенно существенно для полигонов, где не обеспечена достаточная гидроизоляция или где произошло повреждение защитных слоёв (Коньгин А.А., 2013). Механические повреждения, коррозия материалов и другие технические дефекты могут способствовать прямому попаданию загрязняющих веществ в грунтовые воды. Анализ случаев загрязнения подземных вод на полигонах в различных регионах мира показывает, что эти утечки могут содержать широкий спектр химических веществ, включая органические растворители, пестициды и тяжёлые металлы (Челядинова Е.Ю., Курбатова А.И., 2018).

Проблема загрязнения подземных вод является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Вода, будучи основным элементом жизни на Земле, играет ключевую роль в поддержании экосистем, сельского хозяйства, промышленности и удовлетворении бытовых нужд человека. Однако, с ростом урбанизации и индустриализации, антропогенное воздействие на водные ресурсы существенно возросло, что привело к значительному ухудшению качества подземных вод (Бузина И.Н., Пузик В.К., 2014).

Полигон «Красный бор» был создан в 1970-е годы как место захоронения промышленных отходов. За более чем полувековую историю своего существования он стал источником многочисленных экологических проблем, включая загрязнение подземных вод различными токсичными веществами. Предприятие расположено на площади 73 га в 1,2 км от одноименного поселка Красный бор и 30 км от города Санкт-Петербург. Данную территорию выбрали

с учетом ее геологических и гидрологических характеристик, а именно: наличия мощных залежей голубых кембрийских глин; отсутствия сезонных затоплений; достаточной удаленности от населенных пунктов; близости промышленных зон; наличия транспортных коммуникаций и отсутствия в зоне расположения полигона эксплуатируемых для водоснабжения водоемов.

Для определения состояния почв и подземных вод на территориях полигонов применяются различные методы мониторинга и оценки. Важным инструментом является химический анализ проб почвы и воды, который позволяет определить концентрации загрязнителей и сравнить их с нормативными показателями. Гидрогеологические исследования помогают установить направления и скорость распространения загрязняющих веществ в подземных водах (Хертек С.Г., Татаренко В.И., 2022).

Основной целью данных исследований является сравнение концентраций загрязняющих веществ в подземных водах полигона с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), что позволит определить степень загрязнения и выявить наиболее опасные вещества. Пробы отбирались в 2023 году раз месяц из четырех контрольных скважин, расположенных в различных частях полигона, представленных на рисунке 1, а также из одной фоновой скважины, расположенной за пределами возможного влияния полигона, для сравнения.

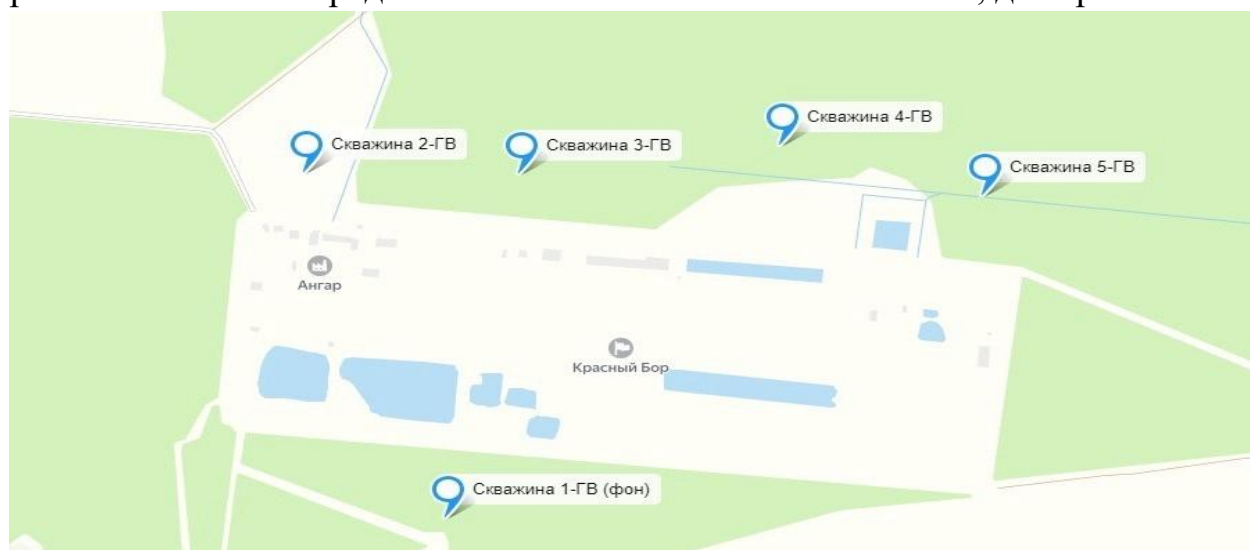


Рис. 1. Схема расположение карт-котлованов на территории полигона

Полученные среднегодовые значения веществ, которые подлежат мониторингу в грунтовых водах представлены в таблице 1. При проведении анализа доли загрязняющих веществ в общем объеме исключены водородный показатель, так как он не является загрязняющим веществом и такие показатели, среднегодовые значения которых были меньше или равны единице, что говорит об отсутствии превышений значений в контрольной скважине над значениями фоновой по этим веществам.

Наглядно представить долю каждого загрязняющего вещества от общего количества в среднегодовом выражении поможет диаграмма, представленная на рис. 2., из данных которого видно, что в скважине 2-ГВ в грунтовых водах

основными загрязнителями являются фенолы и марганец. На долю марганца приходится 19% от общего количества загрязняющих веществ, что свидетельствует о значительном превышении фоновых уровней. Фенолы занимают второе место, составляя 17% от общего загрязнения, что указывает на серьезное загрязнение этим элементом. Также стоит отметить значительное превышение цинка, доля которого составляет 14%.

Состояние грунтовых вод в скважине 2-ГВ оценивается как неудовлетворительное, так как среднегодовые значения в контрольных скважинах значительно превышают фоновые практически по всем показателям.

В скважине 3-ГВ видим несколько другую картину (рис. 3), нежели в скважине 2-ГВ. Здесь наибольший вклад в загрязнение грунтовых вод вносит марганец, который составляет 28% от общего количества загрязняющих веществ. Значительные доли также занимают общее железо и ванадий, составляя 17% и 14% соответственно. Совокупно эти вещества составляют более половины (59%) от общего объема загрязнения.

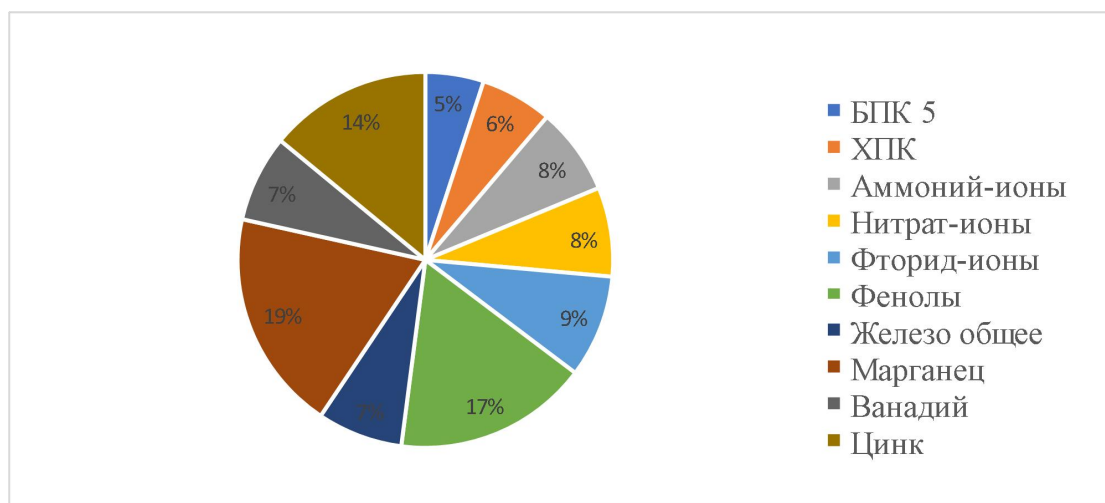


Рис. 2. Доля среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в грунтовых водах в скважине 2-ГВ

Состояние грунтовых вод в скважине 3-ГВ также признано неудовлетворительным, поскольку среднегодовые значения концентраций в контрольных скважинах значительно превышают фоновые уровни по многим показателям, включая не только марганец, общее железо и ванадий, но и другие важные загрязнители, такие как аммоний-ионы, нитрат-ионы, фторид-ионы и фенолы. Эти данные свидетельствуют о серьезном влиянии полигона на качество подземных вод и подчеркивают необходимость принятия мер по их очистке и мониторингу.

В скважине 4-ГВ основными загрязнителями грунтовых вод являются цинк, марганец и общее железо (рис. 4). Цинк занимает наибольшую долю среди всех загрязняющих веществ, составляя 27% от общего количества. Марганец и общее железо также вносят значительный вклад в загрязнение, их доли составляют 11% и 12% соответственно. Эти три вещества суммарно составляют половину от общего объема загрязнения.

В скважине 5-ГВ наблюдается схожая ситуация со скважиной 4-ГВ. Основным загрязнителем здесь также является цинк, который составляет 27% от общего объема загрязняющих веществ. Существенные доли также принадлежат марганцу и фенолам, составляя 11% и 13% соответственно.

Состояние грунтовых вод в скважине 4-ГВ и 5-ГВ признано также неудовлетворительным, так как среднегодовые значения концентраций в контрольных скважинах значительно превышают фоновые уровни по многим показателям.

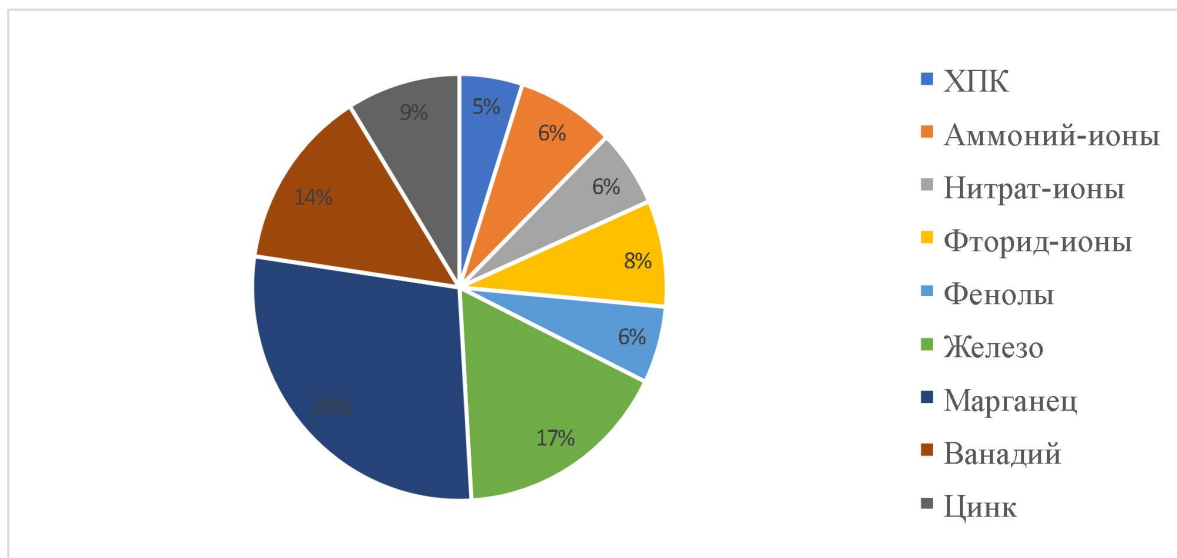


Рис. 3. Доля среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в грунтовых водах в скважине 3-ГВ

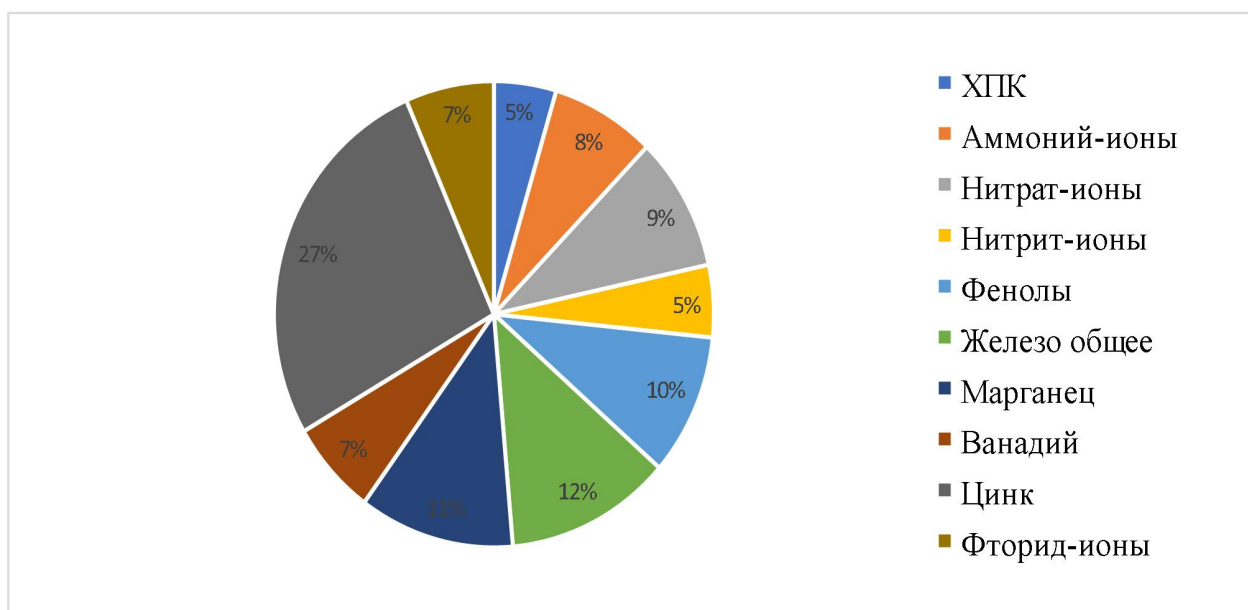


Рис. 4. Доля среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в грунтовых водах в скважине 4-ГВ

Таблица 1 – Среднегодовые значения концентраций веществ в грунтовых водах исследуемых скважин по сравнению с фоном, мг/дм³

Наименование вещества	1-ГВ (фон)	2-ГВ	3-ГВ	4-ГВ	5-ГВ
Водородный показатель	7,04	6,56	6,79	6,72	6,66
БПК 5	2,44	3,06	2,34	2,44	3,75
ХПК	46,17	72,25	47,92	59	68,5
Сухой остаток	773,33	300,17	384,83	337,42	308,5
Аммоний-ионы	0,57	1,06	0,91	1,21	1,14
Нитрат-ионы	0,78	1,48	0,95	2,02	2,33
Нитрит-ионы	0,09	0,07	0,10	0,13	0,10
Сульфат-ионы	172,64	19,30	65,33	30,78	29,43
Хлорид-ионы	105,64	26,58	39,47	28,10	43,13
Фторид-ионы	0,36	0,79	0,61	0,65	0,45
СПАВ анионактивные	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Нефтепродукты	0,06	0,05	0,02	0,03	0,04
Фенолы	0,004	0,02	0,005	0,01	0,02
Железо общее	1,30	2,38	4,59	4,41	3,97
Кадмий	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Кальций	89,17	41,25	39,68	35,48	38,54
Магний	46,39	14,92	15,46	11,89	13,85
Марганец	0,13	0,60	0,76	0,41	0,45
Медь	0,07	0,05	0,04	0,01	0,06
Мышьяк	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Свинец	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Хром	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Цинк	0,34	1,19	0,64	2,56	2,85
Ртуть	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004
Аммиак	0,01	0,01	0,01	0,002	0,004
Ванадий	0,003	0,005	0,01	0,005	0,004

Для получения полной оценки состояния подземных вод на полигоне «Красный бор» важно не только сравнить концентрации загрязняющих веществ с фоновыми значениями, но и оценить их в контексте предельно допустимых концентраций. ПДК представляют собой нормативные значения, которые обеспечивают безопасность для здоровья человека и окружающей среды. Тем не менее, поскольку не все исследуемые вещества показывают значительное превышение фоновых значений, целесообразно сосредоточиться на тех, которые действительно представляют потенциальную угрозу. Данные таблицы 2 свидетельствуют, что показатель ХПК был существенно выше ПДК во всех образцах воды, достигая максимума в скважине 2-ГВ. Такие высокие значения свидетельствуют о значительном органическом загрязнении подземных вод, что может быть связано с разложением органических веществ, поступающих в грунтовые воды с полигона. Максимальные превышения были выявлены по содержанию железа и составили 8-15 ПДК, а также фенолам 5-20 ПДК и марганцу 4-8 ПДК во всех исследуемых объектах. Анализ среднегодовых

данных выявил превышения и по содержанию цинка до 2,8 ПДК за исключением скважины 2-ГВ. Эти вещества представляют серьёзную угрозу как для экосистемы, так и для здоровья человека, поскольку марганец и цинк в высоких концентрациях обладают токсичными свойствами и могут оказывать негативное воздействие на различные биологические процессы.

Таблица – 2. Сравнение среднегодовых значений концентраций загрязняющих веществ, превышающих фоновое значение с предельно допустимыми концентрациями (ПДК)

Наименование вещества	ПДК	Среднегодовые значения по скважинам			
		2-ГВ	3-ГВ	4-ГВ	5-ГВ
БПК 5, мг/дм ³	4,00	3,06	2,34	2,44	3,75
ХПК, мг/дм ³	30	72	48	59	690
Аммоний-ионы, мг/дм ³	1,50	1,06	0,91	1,21	1,14
Нитрат-ионы (нитраты), мг/дм ³	45	1,48	0,95	2,02	2,33
Нитрит-ионы (нитриты), мг/дм ³	3,30	0,07	0,10	0,13	0,10
Фторид-ионы (фториды), мг/дм ³	1,20	0,79	0,61	0,65	0,45
Фенолы, мг/дм ³	0,001	0,02	0,005	0,01	0,02
Железо общее, мг/дм ³	0,3	2,38	4,59	4,41	3,97
Марганец, мг/дм ³	0,1	0,60	0,76	0,41	0,45
Цинк, мг/дм ³	1,0	1,19	0,64	2,56	2,85
Ванадий, мг/дм ³	0,1	0,005	0,01	0,005	0,004

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что Современные методы мониторинга и очистки подземных вод, применяемые на полигоне, требуют модернизации. Внедрение инновационных технологий и повышение квалификации персонала помогут значительно улучшить состояние подземных вод. Необходимо разработать комплексные программы по модернизации очистных сооружений, что позволит более эффективно удалять загрязнители и снижать их концентрации до допустимых уровней. Решение проблемы загрязнения подземных вод требует комплексного подхода, включающего участие специалистов из различных областей, таких как гидрология, химия, экология и инженерия. Также важно наладить международное сотрудничество для обмена опытом и лучшими практиками в области контроля и очистки подземных вод. Совместные усилия помогут разработать эффективные стратегии и технологии для борьбы с загрязнением.

Литература

1. Бузина И.Н., Пузик В.К. Состояние почв и оценка окружающей среды вокруг полигона твердых бытовых отходов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - №3.
2. Коньгин А.А. Комплексная технология очистки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов // Academia. Архитектура и строительство. - 2011. - № 4.
3. Хертек С.Г., Татаренко В.И. Мониторинг состояния почвенного покрова земли в местах размещения твердых коммунальных отходов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022.

4. Челядинова Е.Ю., Курбатова А.И. Современные подходы к проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов // МНИЖ. -2018. - №7 (73).

УДК 631.147(470)

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В РОССИИ, ЗА И ПРОТИВ

Стекольников К.Е., д. с.-х. н., профессор,

¹Воронежский ГАУ им. императора Петра I, soil@agrochem.vsa.ru

Аннотация. В интенсивном земледелии за 40 лет химизации не удалось достичь даже нулевого баланса макроэлементов питания. Он до настоящего времени дефицитный. С 1991 по 2023 год суммарный отрицательный баланс трёх основных элементов минерального питания растений (NPK) на российской пахине достиг 160 млн. тонн д.в.. Органическое земледелие, основанное на отказе от минеральных удобрений обусловит прогрессирующий дефицит элементов питания и соответственно будет способствовать снижению производительной способности почв. По ГОСТ Р 57022-2016 сертификации подлежит способ производства, а не продукция.

Ключевые слова: баланс элементов питания, органическое земледелие.

О значении сельского хозяйства в жизни любого современного государства написано много и убедительно. Однако мы считаем, что лучше всего это значение показал выдающийся мыслитель XVIII века Жан-Жак Руссо. Он писал: «Единственное средство удержать государство в состоянии независимости... – это сельское хозяйство. Обладай вы хоть всеми богатствами мира, если вам нечем питаться, вы зависите от других. Торговля создаёт богатство, а сельское хозяйство обеспечивает свободу». Выбор за нами – богатство для немногих, или свобода для всех. Население страны нужно кормить. В современном мире более миллиарда людей голодают. Такое же количество испытывают недостаток продуктов. Эта простая и страшная истина является мощной силой для управления населением мира. Лучше всего понимание этой истины выразил Эрль Батц, министр с.-х. США, в администрации президента Форда – «Тот, кто обладает продовольствием, тот обладает оружием сильнее атомной бомбы. В мире есть две реальные силы – сила энергетических ресурсов и сила продовольствия. Будем разговаривать с населением мира силой продовольствия». Именно этим самым страшным оружием – *голодом*, население крестьянской России чуть более 100 лет назад, большевики загнали в социализм.

Современная Россия обладает энергетическими ресурсами и может иметь продовольствие в количестве, превышающем потребности населения. Исходя из этого, она должна была стать центром мира, но не стала.

В России огромные площади с.-х. угодий не используются для производства с.-х. продукции. По официальным данным Минсельхоза [3] неиспользуемая площадь с.-х. угодий составляет 31,5 млн. га, или 16% от общей площади. По исследованию института РАНХиГС («Мониторинг экономической ситуации в России») [4] общая площадь неиспользуемых

сельхозугодий в России более чем в 3 раза превышает официальные показатели Минсельхоза и Росреестра и составляет 97,2 млн. га. (49,2% площади с.-х. земель). Современная Россия вышла на первое место в мире по экспорту зерна. Но экспортируя продовольственное зерно, хлеб для населения пекут из фуражного зерна. С экспортируемым зерном российскую пашню навсегда покидает 1,5 млн. т. элементов питания.

Вот на таком фоне в России с использованием мощного административного ресурса буквально насаждается органическое земледелие. За органическое земледелие. Да кто же против? Ведь цель благородная. Запустить в полную силу природные процессы. Снизить нагрузку на экосистему. Оздоровить почву. Здоровые продукты и здоровье людей.

Органическое земледелие является одним из альтернативных способов производства продукции с.-х. Эта агротехнология, в которой наложен запрет на применение минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и других химических средств. *Этот запрет не имеет объективного, научного обоснования.* По мнению академика Кирюшина В.И., в целом *органическое земледелие не является научной категорией* и практикуется во *избежание агрохимических рисков при недостаточном уровне квалификации специалистов.* С этим мнением трудно не согласиться, а мы ещё и докажем это.

Внедрение органического земледелия осуществляется сверху административным способом. В нём есть нюансы. Они в характере воплощения идеи органического земледелия. Напомним основные критерии органического земледелия:

- **здоровье** – поддержка и улучшение здоровья почвы, растений, животных, людей и планеты как единого и неделимого целого;
- **экология** – основа принципов существования естественных экологических систем и циклов (работая, существуя с ними и поддерживая их);
- **забота** – управление должно носить предупредительный и ответственный характер для защиты здоровья и благополучия нынешних и будущих поколений и окружающей среды.

Где в этих принципах *научная основа*. Это лозунги, а использование лозунгов без всякого обоснования, это метод *пропаганды*, но не *науки*. Наука основана на фактах, которые можно проверить, уточнить или опровергнуть. Лозунги в пропаганде принимаются за веру, именно на вере основано органическое земледелие. Призывы следовать природе, соблюдать её законы и максимально их использовать остаются научно не обоснованными призывами. Чего стоит утверждение о том, что химический элемент из навоза, безусловно, безвреден и полезен, а тот же самый химический элемент из удобрения столь же, безусловно, вреден и опасен для здоровья почв и людей. Так это уже средневековая алхимия.

Биологизация земледелия основана на следующих положениях:

- создание агроландшафтных систем земледелия;
- изучении, научном сопровождении и внедрении новых почво- и ресурсосберегающих технологиях;

- разработке севооборотов;
- широком использовании сидератов;
- увеличении доли органических удобрений.

Что же в этих положениях нового, специфического именно для биологизации земледелия, не используемого в интенсивном земледелии? Ответ – ничего. Проблема ландшафтного обустройства с.-х. территорий возникла в середине 70-х годов прошлого столетия и до настоящего времени не решена. Но и в биологизации земледелия оно не решается уже более четверти века. Такой же давности и проблема почво- и ресурсосберегающих технологий, и она тоже не решена.

И уж совсем одиозной, является разработка севооборотов. Эта проблема усиленно решалась в стране с тех же 70-80-х годов. В этот период для каждого хозяйства были разработаны системы севооборотов, и какой от них эффект? Ответ – никакого. Да его и не могло быть в плановой экономике. Или современные агрохолдинги так заинтересованы в системах земледелия? Так у них другая задача – максимальная прибыль – маржа, в кратчайшие сроки. Агрохолдинги в целях получения максимальной прибыли, нарушая все законы земледелия и пресловутых систем земледелия занимаются только культурами, приносящими максимальную и быструю прибыль – зерновые, сахарная свёкла, подсолнечник и соя. И некому за это с них спросить или наказать за нарушения. Там такие деньги, что законы могут отдыхать.

Так ведь и у органического земледелия основная цель только максимальная маржа, а вот забота о здоровье почв и населения – это всего лишь вуаль, маскирующая бесстыдные цели. Неужели пенсионеры могут себе позволить продукцию биологического земледелия? По признанию Госдумы России более 20 млн. человек находятся за чертой бедности, т. е. каждый седьмой россиянин не может позволить себе просто продукты по своей нищете. К ним следует добавить 20-40 млн. человек из так называемой предбедной категории людей. Неужели органическое земледелие озаботилось здоровьем этих 40-60 млн. человек? Так ведь это форменное бесстыдство. По данным [6] россияне тратят на продукты питания более трети своих доходов. Неужели здоровье и справедливость это всё о них?

Агрохолдинги не станут заморачиваться органическим земледелием. Но ведь эту задачу могут решить фермеры. А могут ли? Капитализм батенька, однако, не терпит конкуренции. Агрохолдинги всеми возможными и чаще всего **невозможными** методами от конкурентов успешно избавляются, они **их просто поглощают**. Они, видите ли, изволят кушать, это ведь так же естественно, как и дышать. Да с их триллионами доходов это вовсе не проблема, **кушать подано**. В связи с этим приведём цитату из работы [1] «Согласно Всероссийской с.-х. переписи 2016 г. количество крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих с.-х. деятельность, снизилось почти на 40% - с 285,1 тыс. в 2006 году, до 174,8 тыс. в 2016 году, а с.-х. организаций – с 59,2 тыс. до 36,0 тыс. (также 40%). При этом согласно той же переписи, общая площадь обрабатываемой земли в среднем на

одно хозяйство увеличилась с 103,0 га до 240,9 га, то есть почти в 2,5 раза. Подобная статистика свидетельствует о том, что одним из **ключевых процессов** в сельском хозяйстве последнего десятилетия является **поглощение мелких фермерских хозяйств крупными агрохолдингами** – основными получателями государственных субсидий.

Очевидно, что постепенная монополизация с.-х. отрасли приводит к росту безработицы среди сельского населения, разорению мелких крестьянских хозяйств, увеличению цены на конечную продукцию». Так кто же «накормит» население России «экологически чистой» продукцией?

Главный тезис органического земледелия «экологически чистая» продукция. А ещё призывы быть ближе к природе, ведь природный продукт «экологически чистый». На чём это всё основано, где научные факты, подтверждающие «экологическую чистоту» природных и органических продуктов? В почве наличествуют практически все химические элементы. В составе живого вещества, от примитивного одноклеточного организма до человека наукой доказано наличие более 70 химических элементов до урана включительно [2]. По мнению академика Виноградова А.П. [2], **все химические элементы**, так или иначе, участвуют в метаболизме. А как быть с микроэлементами, ведь все они относятся к тяжёлым металлам. Ведь грань между микроэлементом и тяжёлым металлом очень условная. Это концентрация элемента. До предельно допустимой концентрации он микроэлемент, а при превышении – тяжёлый металл. Но всё это нисколько не мешает деятелям органического земледелия заявлять о «экологической чистоте» органических продуктов. Если они об этом не знают, то всё плохо, а если знают, но продолжают убеждать всех в своей правоте, то это фальсификат и уголовное преступление. По данным общественных организаций и Росконтроля [5] фальсификат составляет половину всей производимой в стране продукции. За выпуск недоброкачественной продукции и за выпуск продукции с нарушением обязательных стандартов в СССР, директора, главных инженеров и начальников технического контроля промышленных предприятий, карали как за противогосударственное преступление, равносильном вредительству по статье 128а Уголовного кодекса РСФСР и соответствующих статей уголовных кодексов союзных республик тюремным заключением на срок от 5 до 8 лет.

Обязательное соответствие продуктов питания ГОСТам было отменено после введения 27 декабря 2002 года Федерального закона №184 «О техническом регулировании», а помимо национальных стандартов, допускалась разработка технических условий самими предприятиями. Эта мера позволила производителям использовать при производстве продукции различные пищевые добавки, снижающие качество и себестоимость конечной продукции. Именно после введения этого закона в России наступила эпоха «продовольственного изобилия», и не важно, что вместо продуктов на полках магазинов откровенная отравка, к тому же ещё и дорогая и постоянно дорожающая. За введение потребителей в заблуждение относительно качества продуктов КоАП РФ, статья 14.7, предусматривает административный штраф

для граждан в размере 3-5 тыс. руб., для должностных 12-20 тыс. руб., для юридических лиц 100-500 тыс. руб. Эта мера никого и никогда не остановит в производстве фальсификата.

«Земля, природы мать – её же и могила: что породила, то и схоронила» – Уильям Шекспир, писатель. Писателю закон природы ясен и понятен, это закон о биологическом круговороте химических элементов. Этот закон в органическом земледелии не соблюдается и не может быть соблюден. В естественном ценозе круговорот биогенных элементов носит **замкнутый характер**. Вся биомасса остаётся на месте образования и после разрушения органики биогенные элементы используются в новом цикле.

В агроценозе до 75% биогенных элементов отчуждается с урожаем и навсегда покидает поле. Баланс биогенных элементов **отрицательный** и его надо покрывать. С 1991 по 2023 год суммарный отрицательный баланс трёх основных элементов минерального питания растений (NPK) на российской пашни достиг 160 млн. тонн д.в.. За 25-летний период в земледелии России вынос азота, фосфора и калия урожаями с.-х. культур превысил их внесение со всеми видами удобрений в 3 раза. В современной России продовольственная безопасность и экспорт с.-х. продукции осуществляются за счёт накопленного ранее плодородия почв. Этот «природно-ресурсный кредит» нужно отдавать. В органическом земледелии с полным отказом от минеральных удобрений это неосуществимо, зато гибель почв от агроистощения гарантирована. Вот аргументы против органического земледелия. Альтернативы минеральным удобрениям нет, и в ближайшем обозримом будущем не будет, если не преследовать цель организовать для населения планеты голод.

Литература

1. Бабкин К. Ключевые проблемы агропромышленного комплекса России // АПК: ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, 2019.-№5.- С.4-20.
2. Виноградов АП. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР; 1957.
3. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.akkor.ru/sites/default/files/i.s.kozubenko.pdf>.
4. Мониторинг экономической ситуации в России: тенденции и вызовы социально-экономического развития. 2017. №21 (59). Декабрь / В. Ляшок, В., Узун, М. Хромов, С. Цухло Институт экономической политики имени Е.Т. Гайдара, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. - 27 с. URL: http://www.iep.ru/files/text/crisis_monitoring/2017_21-59_December.pdf
5. Росконтроль: Половина продуктов в магазинах является фальсификатом. Национальная служба новостей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://nsn.fm/economy/economy-roskontrol-50-produktov-yavlyaetsya-falsifikatom>
6. Россияне тратят на еду почти треть дохода. РИА новости [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ria.ru/20181217/1548076516.html>

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ «ОСЕННЕЕ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Белоусова Е.Г., доцент

*Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
tyurnikova.e@yandex.ru*

Аннотация. В статье приведены данные по изучению влияния доз органоминерального удобрения «Осеннее» на продуктивность льна-долгунца. В ходе исследований установлено, что в зависимости от дозы внесенного удобрения урожайность льносоломки относительно контроля повысилась на 28-71%, семян – на 6-25%. Изучаемые дозы Буйского органоминерального удобрения – 500-700 кг/га оказали существенное влияние на морфологические показатели культуры, на содержание льноволокна и его выход. Исходя из полученных данных, наиболее эффективным было применение удобрения в дозе 700 кг/га.

Ключевые слова: лен-долгунец, органоминеральное удобрение, микрополевой опыт, урожайность, льноволокно.

Введение. Органоминеральные удобрения (ОМУ) содержат в своем составе основные макро- и микроэлементы, что позволяет за один прием внесения обеспечить сельскохозяйственные растения необходимыми питательными веществами. При этом производители создают их с разным соотношением элементов питания, что позволяет подобрать их для той или иной культуры.

Лен-долгунец много тысячелетий возделывался ради получения семян, используемых в медицинских и пищевых целях, а также волокна. Одной из его физиологических особенностей является относительно слабая корневая система. Поэтому для обеспечения высоких урожаев требуется наличие элементов питания в доступной форме в периоды развития растений остро нуждающихся в том или ином питательном веществе. Для формирования крепкого стебля необходимо обеспечить лен элементами питания в начальный период развития, поэтому важно уделить внимание, основному внесению удобрений, обеспечивая сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. Как утверждают многие исследователи на одну часть азота должно приходиться 2-3 части фосфора и калия. Избыток азота приводит к снижению качества получаемого волокна (Ладухин А.Г., Налиухин А.Н., 2013; Белоусова Е.Г., Спиридонов А.В., Титова В.И., 2019; Белоусова Е.Г., Варламова Л.Д., 2023).

Методика исследований. Для определения оптимальной нормы органоминерального удобрения нового поколения ОМУ «Осеннее», которое по набору элементов подходит для внесения под лен-долгунец на опытной площадке кафедры «Агрохимия и агроэкология» Нижегородского ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева в 2021 году был заложен микрополевой опыт, в трехкратной повторности методом обычных повторений. Изучали три дозы органоминерального удобрения 500, 600, 700 кг/га, внесенные до посева льна-долгунца сорта «Универсал». Площадь делянки составляла 1,5 м². Агротехника возделывания культуры общепринятая для данной зоны. Уборка проводилась вручную.

Органоминеральное комплексное гранулированное удобрение «Осеннее» производится на основе низинного торфа и содержит в своем составе гуминовые соединения, азот, фосфор, калий, магний и микроэлементы.

Состав ОМУ «Осеннее», %: азота 2, фосфора 5, калий 10, MgO 1,5, серы 3,62, содержание гумуса 13,5, меди 0,01, цинк 0,01, марганца 0,07, бора 0,02.

Опыт заложен на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, сформированной на покровных суглинках. Она характеризовалась слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5,5 ед.), средне обеспечена гумусом (1,9%), имела высокую степень насыщенности основаниями (90%), повышенную обеспеченность подвижными формами фосфора (115 мг/кг) и калия (130 мг/кг).

Анализы почвенных и растительных образцов выполнены в лаборатории кафедры в соответствии с принятыми в современной лабораторной практике методами. Математическую обработку результатов исследований проводили с использованием метода дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985) и стандартного пакета программы Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследований. Усовершенствование системы применения удобрений под лен долгунец, за счет введения в технологию возделывания новых высокотехнологичных комплексных удобрений с добавками микроэлементов при основном внесении, обеспечит ресурсосбережение и высокую рентабельность производства.

Эта культура выращивается не только для обеспечения текстильной промышленности сырьем, но и получение семян, используемых как на переработку, так и пополнение семенного фонда.

Изменение продуктивности льна-долгунца под действием органоминерального удобрения Буйского производства приведено в таблице 1.

Урожайность льносоломки при внесении органоминерального удобрения существенно возросла относительно контроля на 28-70%. Основное внесение первой опытной дозы ОМУ «Осеннее» позволило увеличить выход соломки льна в 1,3 раза относительно варианта без внесения удобрений.

Применение 600 кг/га органоминерального удобрения «Осеннее» способствовало росту урожайности культуры как относительно контроля, так и предыдущей опытной дозы на 60% и 24% соответственно. Увеличение дозы Буйского органоминерального удобрения (до 700 кг/га) оказало позитивное влияния на величину полученного урожая соломки льна-долгунца. Несмотря на то, что урожайность культуры на этом варианте была существенно выше относительно контроля на 71%, но, тем не менее, она не привела к достоверному росту урожая по сравнению с предыдущей дозой ОМУ «Осеннее».

Минимальная урожайность льносемян зафиксирована в варианте с нормой ОМУ 600 кг/га и составила 7,8 ц/га. Вторая опытная доза снизила уровень продуктивности семян по сравнению с контролем на 4% и на 9,3% относительно варианта с первой опытной дозой.

Таблица 1. Влияние органоминерального удобрения на урожайность льносоломки и семян льна-долгунца

Вариант опыта	Урожайность льносоломки			Урожайность семян		
	в среднем по варианту	± к контролю		в среднем по варианту	± к контролю	
		ц/га	%		ц/га	%
1. Контроль	20,8	-	-	8,1	-	-
2. ОМУ 1	26,7	+5,9	+28	8,6	+0,5	+ 6
3. ОМУ 2	33,2	+12,4	+60	7,8	-0,3	- 4
4. ОМУ 3	35,5	+14,7	+71	10,1	+2,0	+ 25
<i>HCP₀₅</i>		4,2			0,9	

Применение дозы органоминерального удобрения 500 кг/га позволило увеличить урожай семян льна-долгунца лишь на 6%.

Только использование ОМУ «Осеннее» под лен-долгунец в дозе 700 ц/га существенно повысило урожай семян как относительно контроля на 25%, так и в сравнении с другими опытными дозами.

Проведенные исследования показали, что наиболее целесообразно внесение под глубокую обработку органоминерального удобрения «Осеннее» Буйского предприятия при выращивании льна на волокно – в дозе 600 кг/га, что приводит к повышению продуктивности на 60%. Для получения семян существенный прирост продукции получен от дозы ОМУ «Осеннее» в 700 кг/га.

Изучаемое удобрения оказало влияние на общую и техническую высоту растений (рис. 1).

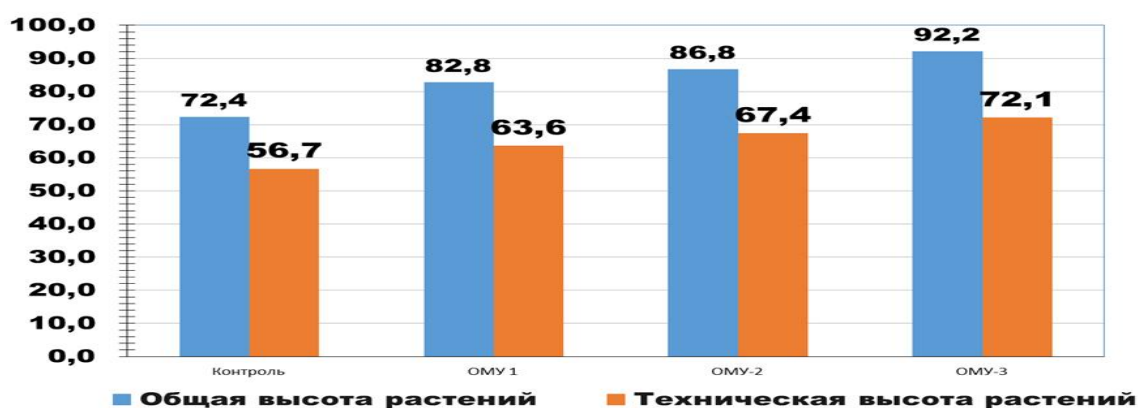


Рис. 1. Влияние органоминерального удобрения «Осеннее» на высоту льна-долгунца

Высота растений возрастает с увеличением дозы органоминерального удобрения «Осеннее». Наиболее высокие растения отмечены в варианте с дозой внесения 700 кг/га, что на 27,2% больше, чем на контроле, и на 11,4% больше, чем в варианте с дозой ОМУ 600 кг/га.

Для оценки эффективности изучаемого органоминерального удобрения на льне-долгунце важно учесть его влияние на морфологические показатели получаемой льнопродукции, так как от них напрямую зависит рентабельность производства.

Наименьшее количество коробочек образовалось на контрольном варианте (табл. 2).

Применение Буйского органоминерального удобрения «Осеннее» на 12,4-21,6% увеличили число коробочек на растении.

Таблица 2. Влияние доз органоминерального удобрения «Осеннее» на структуру урожая льна-долгунца

Вариант опыта	Количество				Масса			
	коробочек, шт/раст.		Семян в коробочке, шт.		семян, г/раст.		1000 семян, г.	
	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю	среднее	± к контролю
1. Контроль	9,7	-	6,2	-	0,42	-	4,0	-
2. ОМУ1	11,3	1,6	6,7	0,5	0,42	0	4,4	0,4
3. ОМУ2	10,9	1,2	6,9	0,7	0,43	0,01	4,3	0,3
4. ОМУ3	11,8	2,1	7,1	0,9	0,45	0,03	4,5	0,5
<i>HCP₀₅</i>		1,1		0,7		0,05		0,5

В то же время необходимо подчеркнуть, что достоверные отклонения выявлены только на варианте с первой и третьей опытной дозами ОМУ «Осеннее» относительно контрольного варианта. При этом изучаемые дозы рассматриваемого удобрения по своему влиянию на формирование коробочек были равноценны.

Применение разных доз органоминерального удобрения способствовало образованию семян в коробочке. Однако достоверное возрастание данного показателя по отношению к контролю отмечено только на варианте с внесением 7 ц/га ОМУ «Осеннее». Использование органоминерального удобрения под глубокую обработку существенно не отразилось на массе семян с одного растения. Достоверных отклонений от контроля не выявлено также в изменении массы 1000 семян культуры от изучаемых доз удобрения.

В ходе проведения исследований было отмечено, что на количество волокна в продукции увеличивается при внесении органоминерального удобрения (табл. 3).

Содержания льноволокна существенно возрастает при использовании второй и третьей опытной дозы органоминерального удобрения по сравнению с контролем на 11,0% и 19,8%. При этом следует отметить, что полученные прибавки льноволокна от применения средней и максимальной дозы препарата были равноценны.

Таблица 3. Влияние органоминеральных удобрений на содержание льноволокна

Вариант опыта	Содержание льноволокна, %		Выход льноволокна, кг/га
	в среднем по варианту	± к контролю	
1. Контроль	23,8	-	49,5
2. ОМУ 1	25,3	1,5	67,7
3. ОМУ 2	26,7	2,9	88,6
4. ОМУ 3	28,9	5,1	102,6
<i>HCP₀₅</i>		2,8	

В ходе проведенных исследований было установлено, что выход льноволокна возрастает при внесении органоминерального удобрения и превышает значение контрольного варианта на 26,5-68,3%.

Выводы

1. Внесение органоминерального удобрения в дозах 500, 600 и 700 кг/га под лен долгунец на светло-серой лесной почве способствует увеличению урожайности льносоломки на 28-71% и семян на 6-25%, достигая максимальных значений на варианте с третьей опытной дозой.
2. Изучаемые дозы Буйского органоминерального удобрения «Осенее» оказали достоверно значимое влияние на общую и техническую высоту льна-долгунца.
3. Дозы ОМУ «Осеннее» отразились на структуре урожая льна-долгунца: возросло число коробочек на растении и семян в коробочке. Количество семян с 1 растения и масса 1000 семян существенно не увеличились относительно контроля.
4. Содержание льноволокна достоверно возросло под действием 600 и 700 кг/га органоминерального удобрения относительно контроля на 12,2-21,4%.

Литература

1. Белоусова Е.Г. Влияние удобрений на урожайность льна и качество льнопродукции при выращивании его на светло-серой лесной легкосуглинистой почве / Е.Г. Белоусова, А.В. Спиридонов, В.И. Титова // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. №1 (367). С. 32-34.
2. Белоусова Е.Г. Изучение действия органоминерального удобрения «Универсал» на льне-долгунце / Е.Г. Белоусова, Л.Д. Варламова // Актуальные вопросы аграрной науки/Сб. тр. по итогам Всероссийской науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию со дня рождения канд. с.-х. н., проф., декана агрономического факультета с 1983 г. по 1994 г. Осипова А.П. – Н. Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2023 – С. 314-319
3. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Ладухин А.Г. Применение специальных видов комплексных удобрений на льне-долгунце в условиях северной части Нечерноземной зоны России / А.Г. Ладухин, А.Н. Налиухин // Вестник Алтайского ГАУ. 2013. №12 (110). С. 7-12.

**Роль агрохимикатов в создании растительной
продукции и поддержании устойчивости биосферы.
Агростартап как эффективный прием внедрения
инновационных технологий в сельском хозяйстве.**

УДК 631.465 (416.2)

**КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ**

*Белоусова Е.Н., к.б.н., доцент, Белоусов А.А., к.б.н., доцент,
Красноярский ГАУ, svobodalist571301858@mail.ru,
svoboda57130@mail.ru*

Аннотация. Цель исследований – оценить влияние минеральных удобрений на обеспеченность элементами питания озимой ржи. Использовались методы комплексной диагностики условий минерального питания. Результаты почвенного анализа свидетельствовали о низком классе содержания азота, повышенном содержании подвижного фосфора и слабокислой реакции среды под посевами озимых в фазу всходов. В период «кущение – восковая спелость» диагностировалась очень слабая обеспеченность минеральным азотом, что обусловило низкую эффективность использования фосфора удобрений растениями.

Ключевые слова: озимая рожь, фактор емкости, фактор интенсивности, тканевая диагностика.

Введение. По определению А.Е. Ферсмана, фосфор – «элемент жизни и мысли» – он будет нужен человечеству всегда, и это необходимо иметь ввиду, как сегодня, так и в будущем. В настоящее время агрогеохимический баланс основных питательных элементов на территории России весьма неблагоприятный. Наибольшую тревогу вызывает острый дефицит фосфора (Кудеяров, 2015). По результатам обследования около 30 % площади пашни земледельческой зоны Красноярского края занимают почвы с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора (Пути сохранения ..., 2020). Вопросы, направленные на решение проблемы обеспеченности агрочерноземов элементами питания в регионе может быть решена благодаря применению комплексной диагностики условий минерального питания (Белоусова и др., 2023). Цель исследований – оценить влияние видов и доз минеральных удобрений на уровень обеспеченности элементами минерального питания посевов озимой ржи.

Методика исследований. Полевые наблюдения проводили на опытном стационаре, расположенном в типичных условиях в центре Красноярской лесостепи (N56,430°, E 92,915°). В пределах опытного поля выражена пятнистость чернозёмов выщелоченных и обыкновенных высокогумусных среднесиловых легкоголистых. Исходная агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: содержание гумуса – 7,6 % (по Тюрину), рН_{Н2О} – 6,4,

гидролитическая кислотность – 0,3-3,5, содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 194 и 213 мг/кг, соответственно.

Схема опыта: 1) аммофос – АФ (20) + К_с (60) – стандарт (st); 2) аммофос – АФ (40) + К_с (60); 3) фосфоритная мука – Р_ф (1 т/га) + сульфат аммония – N_а (100) + калий сернокислый – К_с (60); 4) фосфоритная мука – Р_ф (1,5 т/га) + сульфат аммония – N_а (100) + калий сернокислый – К_с (60). Исследования проводились в звене севооборота: соя – озимая рожь – картофель. Посев озимой ржи сорта Красноярская универсальная – 1 сентября 2023 года посевным комплексом Agrator-4800M. Фосфоритную муку вносили осенью 2022 года. В этот же период фоном под основную обработку заделан калий сернокислый в дозе 60 кг д.в./га. Аммофос в указанных дозах – локально при посеве культуры. Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) с соотношением N:P = 11:37 применяли в дозе 30 кг/га с нормой расхода 150 л/га в фазу кущения озимой ржи на основе результатов тканевого анализа.

Метод размещения делянок на опытном поле – систематический последовательный, число повторностей – 4, общая площадь делянки – 96 м², учетная – 45 м², форма - прямоугольная. Отбор почвенных проб проводили из слоев 0-10 и 10-20 см, рандомизированно. Урожайность и структуру урожая озимой ржи учитывали методом пробного снопа. Химические и физико-химические показатели определены по Л.А. Воробьевой (2006). Растительные пробы в пятикратной повторности с каждой повторности варианта и анализировали по экспресс-методу В.В. Церлинг (1990).

Агроклиматические условия вегетационного периода оценивались следующим образом: термические условия, в целом, соответствовали норме, а по количеству атмосферных осадков в июне, августе и сентябре превышали средние многолетние значения. В мае и июле их количество было ниже нормы.

Результаты. Анализ данных почвенной диагностики свидетельствовал о влиянии применяемых минеральных удобрений на значения реакции среды, фоновые значения которой составляли 7,2 ед. В течение вегетационных сезонов сои и озимой ржи уровень рН сместился до слабокислых значений в почве всех исследуемых вариантов. Содержание аммонийного и нитратного азота на протяжении всего периода наблюдений соответствовало низкому классу обеспеченности. Очевидно, фактором, обусловившим дефицит минерального азота, являлся существенный уровень его иммобилизации микроорганизмами.

При использовании метода Ф.В. Чирикова (фактор емкости) выявлена высокая концентрация фосфат-ионов в почве пахотного слоя агрочерноземов в период всходов озимой ржи. В летний период 2024 года обеспеченность подвижным фосфором существенно варьировала по вариантам опыта и срокам отбора. В период нарастания зеленой массы, в мае, уровень содержания фосфора в слое 0-10 см был существенно выше относительно слоя 10-20 см и соответствовал высокому уровню обеспеченности. К фазе выхода в трубку, вероятно, происходило интенсивное поглощение подвижных фосфатов растениями. Озимые культуры, как известно, имеют более мощную корневую систему, чем яровые зерновые и обладают высокой усваивающей способностью. Кроме того, могло иметь место, влияние гидротермических условий, когда

дефицит влаги при сухой и жаркой погоде, способствовал переходу фосфатов в труднорастворимые формы (табл. 1), что нарушало их перенос к корням в почвенном растворе. В фазу колошения наблюдалось существенное снижение уровня обеспеченности.

Таблица 1. Сезонная динамика подвижного фосфора в агрочерноземе

Вариант	P ₂ O ₅ по Чирикову, мг/100 г				
	27.09.23	15.05.24	10.06.24	27.06.24	27.07.24
1. Аммофос 20 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га (st)	30,8	<u>21,7</u> 12,4	<u>14,3</u> 15,4	<u>19,3</u> 10,5	<u>19,2</u> 10,6
2. Аммофос 40 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	30,1	<u>20,4</u> 11,7	<u>11,8</u> 13,1	<u>13,0</u> 12,1	<u>20,5</u> 10,0
3. Фосфоритная мука 1 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	29,2	<u>23,7</u> 12,7	<u>13,6</u> 10,9	<u>11,3</u> 11,2	<u>12,8</u> 9,7
4. Фосфоритная мука 1,5 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	28,1	<u>22,7</u> 11,9	<u>13,6</u> 15,3	<u>10,8</u> 10,0	<u>12,4</u> 9,3
НСР ₀₅	F _ф < F _т	<u>F_ф < F_т</u> F _ф < F _т	<u>F_ф < F_т</u> F _ф < F _т	<u>3,0</u> 1,5	<u>6,2</u> F _ф < F _т

Примечание: * в сентябре образцы отбирались из слоя 0-20 см; ** над чертой – содержание показателя в слое 0-10 см, под чертой – содержание показателя в слое 10-20 см

Данные фактора емкости не всегда адекватно характеризуют условия фосфорного питания растений. В связи с этим легкоподвижные фосфаты извлекали раствором 0,03 н K₂SO₄ по Карпинскому-Замятиной (фактор интенсивности). Полученные результаты выявили повышенный уровень содержания легкорастворимых соединений фосфора в осенний период, спустя месяц после посева озимой ржи и внесения минеральных удобрений. Исключением был вариант с применением фосфоритной муки в дозе 1,5 т/га – средний (табл. 2).

Таблица 2. Сезонная динамика содержания соединений легкоподвижного фосфора

Вариант	P ₂ O ₅ по Карпинскому-Замятиной, мг/л				
	27.09.23	15.05.24	10.06.24	27.06.24	24.07.24
1. Аммофос 20 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га (st)	0,76	<u>1,41</u> 0,38	<u>0,50</u> 0,62	<u>0,62</u> 0,51	<u>0,52</u> 0,66
2. Аммофос 40 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	0,99	<u>0,56</u> 0,38	<u>0,63</u> 0,47	<u>0,56</u> 0,45	<u>0,60</u> 0,57
3. Фосфоритная мука 1 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	0,68	<u>0,57</u> 0,40	<u>0,54</u> 0,58	<u>0,46</u> 0,54	<u>0,55</u> 0,47
4. Фосфоритная мука 1,5 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	0,52	<u>0,53</u> 0,41	<u>0,38</u> 0,55	<u>0,59</u> 0,51	<u>0,54</u> 0,55
НСР ₀₅	0,25	<u>0,32</u> F _ф < F ₀₅	<u>F_ф < F₀₅</u> F _ф < F ₀₅	<u>F_ф < F₀₅</u> F _ф < F ₀₅	<u>F_ф < F₀₅</u> F _ф < F ₀₅

Данные растительной диагностики иллюстрируют потребность посевов озимой ржи в элементах питания в критические фазы ее онтогенеза (табл. 3).

Таблица 3. Результаты тканевой диагностики минерального питания озимой ржи

Вариант	Элемент питания	Балл обеспеченности				Урожайность, ц/га
		27.09.23	15.05.24	10.06.24	27.06.24	
1. Аммофос 20 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га (st)	N-NO ₃	4,6	1,0	0,2	0,1	21,4
	P ₂ O ₅	1,8	2,3	3,1	2,5	
	K ₂ O	1,2	0,8	0,4	0	
2. Аммофос 40 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	N-NO ₃	3,8	1,8	0,9	0,8	35,8
	P ₂ O ₅	1,7	1,9	2,1	3,1	
	K ₂ O	1,4	0,8	1,0	0,5	
3. Фосфоритная мука 1 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	N-NO ₃	4,6	1,7	0,2	0,45	32,2
	P ₂ O ₅	1,7	0,9	1,8	3,5	
	K ₂ O	1,2	0,4	0,9	0,1	
4. Фосфоритная мука 1,5 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	N-NO ₃	4,2	1,7	0,1	0,1	20,4
	P ₂ O ₅	1,5	2,8	2,3	2,5	
	K ₂ O	1,4	0,7	1,0	0,1	
НСР ₀₅	N-NO ₃	1,2	0,8	0,5	0,62	
	P ₂ O ₅	0,9	0,9	0,7	0,83	
	K ₂ O	0,3	0,5	0,4	0,83	

Выделим основные особенности обеспеченности. В сентябре, перед уходом озимой ржи в зиму уровень обеспеченности азотом был высокий на всех вариантах с максимумами на вариантах с внесением фосфоритной мукой в дозе 1 т/га и аммофоса в дозе 20 кг/га. Обеспеченность фосфором и калием соответствовала низкому классу и свидетельствовала о высокой аккумуляции растениями. Весной 2024 года, в фазу кущения озимой ржи обнаружена низкая обеспеченность всеми элементами питания. Это могло свидетельствовать о существенном их использовании растениями в обменных процессах. Данное, позволило нам рассчитать дозу внесения подкормки жидкого комплексного удобрения (ЖКУ) с содержанием N:P = 11:37.

Далее, после проведения подкормки (10 июня), в фазу начало выхода в трубку, тканевая экспресс-диагностика продемонстрировала слабую обеспеченность азотом и калием, тогда как концентрация фосфора в клеточном соке растений возрастала. К окончанию активного жизненного цикла озимой культуры, в фазу цветения, обеспеченность фосфором на вариантах с внесением аммофоса в дозе 40 кг/га и фосфоритной муки в дозе 1 т/га достигала уровня 3 балла обеспеченности фосфором.

Рассмотрим, как применение доз и видов удобрений отразилось на формировании элементов структуры и величине урожая озимой ржи (табл. 4).

По количеству продуктивных стеблей исследуемые варианты показали, что максимальный продуктивный стеблестой был характерен для варианта с использованием аммофоса в дозе 40 кг/га. По числу колосков в колосе

выделялись варианты с использованием аммофоса и фосфоритной муки в минимальных дозах. Причем, этот показатель определялся массой 1000 зерен. Число зерен в колосе было максимальным при внесении аммофоса в дозе 40 кг/га. Урожайность озимой ржи в опыте определялась числом зерен в колосе ($r = 0,88$) и количеством продуктивных стеблей ($r = 0,56$).

Таблица 4. Элементы структуры урожая озимой ржи

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт.	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
1. Аммофос 20 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га (st)	116	49	32,4	18,0	25,4
2. Аммофос 40 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	139	42	43,2	17,7	35,8
3. Фосфоритная мука 1 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	119	49	34,3	19,6	28,3
4. Фосфоритная мука 1,5 т/га + сульфат аммония 100 кг/га + калий сернокислый 60 кг/га	129	36	22,4	18,4	23,0
НСР ₀₅					7,8

Выводы. 1. Применение минеральных удобрений в рассчитанных дозах не обеспечило оптимальный азотный фон для превращения фосфорсодержащих соединений и их аккумуляции растениями. 2. Внекорневая подкормка жидким комплексным удобрением в фазу полного кущения способствовала аккумуляции фосфора в тканях растений озимой ржи и не влияла на обеспеченность азотом. 3. Разные виды удобрений неравнозначно воздействовали на продукционный процесс культуры.

Литература

1. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А., Демьяненко Т.Н., Ульянова О.А. [Проблемы подвижного фосфора в земледелии Красноярского края](#) / Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири. Материалы международной научно-производственной конференции с международным участием // Красноярск, 2023. С. 155-160.
2. Воробьева, Л.А. Теория и практика химического анализа почв / Л.А. Воробьева М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Кудеяров В.Н., Семенов В.М. Оценка современного вклада удобрений в агрогеохимический цикл азота, фосфора и калия // Почвоведение. 2004. № 12. – С. 1440-1446.

4. Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края: науч.-практ. рекомендации / Е.В. Алхименко, Е.Н. Белоусова, О.Н. Вебер [и др.]. – Красноярск, 2020. 48 с.
5. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. Справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.

УДК 378:63(004.9); 378.15; 338.47

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗАХ КАК ДРАЙВЕР ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Ветчинников А.А., д.с.-х.н., профессор,

Митрофанов В.Е., Повелайтитис В.А.

ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,

vetchinikov@rambler.ru

Аннотация. В статье обоснована необходимость развития проектно-ориентированного обучения в высших учебных заведениях как ключевого фактора формирования у студентов готовности к восприятию и внедрению инноваций в агропромышленном комплексе. Проведён анализ теоретических моделей (Problem-Based Learning, Project-Based Learning, Design Thinking) и исторической эволюции проектного подхода в образовании. Выявлены педагогические принципы, обеспечивающие самостоятельность, междисциплинарность и продуктоориентированность учебных проектов, а также ключевые компетенции студента-инноватора – критическое мышление, креативность и умение работать в команде. Описаны организационно-методические механизмы внедрения: создание лабораторий, инкубаторов и центров инноваций, этапы проектной работы от идеи до пилотного решения, методы оценки (портфолио, экспертная и индустриальная оценка). Отмечены основные риски – институциональная инерция и ресурсные ограничения – и предложены рекомендации по их минимизации через стимулирование преподавателей, повышение квалификации менторов и участие студентов в грантовых программах Фонда содействия инновациям и «Студенческого стартапа». Развитие проектной деятельности повышает научно-исследовательскую активность вузов, укрепляет их связи с реальным сектором и способствует устойчивому росту инновационного предпринимательства в агросекторе России.

Ключевые слова: инновации в агросекторе, проектная деятельность, высшее образование, Problem-Based Learning, Project-Based Learning, Design Thinking, компетенции студента-инноватора, наставничество, студенческая экосистема, Фонд содействия инновациям, студенческий стартап

Введение

В современных условиях глобализации и ускоренной технологической трансформации инновации выступают ключевым фактором роста экономик и повышения их конкурентоспособности. Особенно чувствительно эти процессы отражаются в аграрном секторе, где интеграция цифровых решений (интернет вещей, системы управления на основе больших данных и искусственного интеллекта), биотехнологий и «зелёных» практик обеспечивает значительное

увеличение продуктивности при одновременном снижении затрат ресурсов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В условиях, когда мировые продовольственные рынки испытывают повышенную волатильность, а требования по экологической устойчивости ужесточаются, способность сельскохозяйственных предприятий быстро адаптироваться и внедрять прорывные технологии становится стратегическим преимуществом.

1. Роль, проблематика и сущность инноваций в современной экономике

В постиндустриальной экономике инновации являются главным драйвером роста и конкурентоспособности. Внедрение новых продуктов, технологий и бизнес-моделей создаёт добавленную стоимость, укрепляет экспортный потенциал и диверсифицирует экономику. Экономика знаний, основанная на научных исследованиях и высококвалифицированных кадрах, подчёркивает долгосрочную значимость инноваций и их роль в адаптации к внешним вызовам.

В аграрном секторе инновации помогают решать задачи продовольственной безопасности, ресурсосбережения и экологической устойчивости. Цифровые технологии (IoT, большие данные, ИИ), биотехнологии и «зелёные» практики повышают урожайность и качество продукции, снижая потребление энергии и воды. Это стимулирует развитие сельских территорий и усиливает значение инновационного предпринимательства среди молодёжи. Высшие учебные заведения формируют у студентов прочные теоретические знания по аграрным наукам, но практическая подготовка часто ограничена лабораторными исследованиями. Между тем реальный сектор нуждается в специалистах, способных проектировать «умные» системы и внедрять цифровые инструменты управления. Отсутствие системных проектных заданий мешает приобретать навыки работы в условиях ограниченных ресурсов и взаимодействия с индустрией.

Этот разрыв тормозит трансфер инноваций: студенческие разработки редко переходят к пилотным образцам. Предприятия вынуждены обучать молодых специалистов «с нуля», что увеличивает издержки и замедляет цифровую трансформацию. Кроме того, дефицит проектного опыта снижает мотивацию к предпринимательской активности и препятствует формированию культуры инноваций.

Проектная деятельность – это целенаправленный процесс совместного решения практических задач с созданием осязаемого продукта (прототипа, модели, технологического решения). Методология опирается на Problem-Based Learning и Project-Based Learning, предполагая междисциплинарные проекты, где студенты анализируют ситуацию, планируют этапы и презентуют результаты экспертам. Такой формат связывает теорию и практику и приучает к самостоятельной постановке целей и выбору способов их достижения.

Сущность учебно-проектной деятельности заключается в сочетании чёткой постановки задачи, разработки поэтапного плана её решения и глубокого анализа проделанной работы. Этот подход превращает студентов из

пассивных слушателей в активных создателей инноваций и готовит кадры, способные внедрять новые технологии в агропромышленный комплекс.

2. Историческая эволюция проектно-ориентированного обучения

Эволюция проектно-ориентированного обучения начинается с идей Дж. Дьюи о «обучении через деятельность» (learning by doing) в начале XX в., когда акцент сместился с пассивного запоминания фактов на активное конструирование знаний в процессе решения практических задач. В 1918 г. У. Килпэтрик формализовал «метод проекта» (Project Method), предложив организовывать обучение вокруг самостоятельных исследовательских или творческих заданий, близких к реальной жизни.

В советской педагогике зародились аналогичные практики: А. С. Макаренко в 1920–30-х гг. использовал в воспитательной работе трудовые бригады, где молодёжь сама планировала и выполняла производственные и общественные проекты. В послевоенный период в системе высшего образования стали внедрять практико-ориентированные курсы ПТО (производственного технического обучения), однако без полноценной методологической поддержки они зачастую оставались фрагментарными.

В 1960–80-е гг. в СССР и странах Восточной Европы получила развитие проблемно-ориентированная педагогика: на базе идей Л. С. Выготского и С. Л. Рубинштейна формировался деятельностный подход, где учебные задания приближались к профессиональным ситуациям, но внутри жёстко регламентированных лабораторий.

С распадом СССР и интеграцией в мировые образовательные тренды в 1990–2000-е гг. в российской практике активно стали применять западные модели PjBL и Problem-Based Learning. Появились инновационные лаборатории, учебные центры проектного обучения, Студенческие конструкторские бюро и FabLab на технических факультетах.

Начиная с 2010 г., в вузах обозначилась векторная интеграция Design Thinking, Lean Startup и цифровых инструментов управления проектами (Agile, Scrum), что значительно расширило возможности междисциплинарных стартап-процессов и позволило студентам проходить полный цикл от генерации идей до пилотного внедрения в реальный сектор.

Современные подходы к проектно-ориентированному обучению объединяют три взаимодополняющие модели: проблемно-ориентированное обучение, обучение на основе проектов и дизайн-мышление. Проблемно-ориентированное обучение (Problem-Based Learning) строится вокруг реальных или моделируемых проблем, решение которых требует междисциплинарного анализа. Студенты самостоятельно формулируют исследовательский вопрос, собирают и критически оценивают информацию, разрабатывают гипотезы и проверяют их экспериментально. Такой формат развивает способность работать в условиях неопределённости, принимать решения при ограниченных ресурсах и формирует критическое мышление.

Обучение на основе проектов (Project-Based Learning) делает акцент на создании осязаемого продукта: прототипа, технологического процесса или бизнес-модели. Учебный цикл охватывает все стадии – от генерации идеи до её

презентации внешним партнёрам или заказчикам. Благодаря этому студенты приобретают опыт управления проектом, планирования ресурсов и оценки рисков, а также учатся координировать работу междисциплинарной команды и адаптировать решения под конкретные требования реальной отрасли.

Дизайн-мышление (Design Thinking) дополняет эти модели человеко-ориентированным подходом, фокусируясь на глубоком понимании потребностей конечного пользователя. В основе метода лежат этапы эмпатии, определения проблемы, интенсивной генерирования идей, быстрого прототипирования и тестирования в реальных условиях. Итеративность процесса и раннее привлечение пользователей позволяют минимизировать риски и повысить качество инновационных решений. Синергия этих трёх концепций создаёт прочную методологическую основу для подготовки студентов-инноваторов, готовых эффективно трансформировать научные идеи в конкурентоспособные продукты и услуги для агропромышленного комплекса.

3. Проектная деятельность как инструмент формирования инновационного мышления

Проектно-ориентированное обучение создаёт среду, в которой студенты учатся не только применять знания, но и генерировать новые идеи и решения. За счёт целевой постановки задачи и работы над реальными кейсами формируется установка на поиск нестандартных подходов и эксперименты, что является основой инновационного мышления.

Проектная деятельность опирается на принципы целеориентированности, самостоятельности и интеграции знаний. Во-первых, каждый проект начинается с чёткой постановки задачи, что задаёт направление исследования и мотивирует к её решению. Во-вторых, студентам предоставляется свобода выбора методов, инструментов и источников информации, что развивает ответственность за результат. В-третьих, проектная работа предполагает междисциплинарность: студенты используют знания из разных областей, осознавая их взаимосвязь и комплексное применение. Наконец, рефлексия на каждом этапе помогает анализировать ошибки и достигнутые успехи, закладывая привычку к постоянному совершенствованию.

Участие в проектах формирует критическое мышление – способность выявлять противоречия, анализировать данные и строить аргументированную позицию. Креативность проявляется в генерации альтернативных решений и поиске новых форматов реализации идей. Командная работа развивает навыки совместного планирования, распределения ролей и эффективной коммуникации, что необходимо для комплексных инновационных проектов. В результате студенты приобретают умение быстро адаптироваться к изменениям, оценивать риски и видеть перспективы внедрения разработок.

Преподаватель в проектном обучении выступает не только источником знаний, но и фасилитатором процесса – он формулирует ключевые ориентиры, помогает распределять этапы работы и обеспечивает доступ к необходимым ресурсам. Ментор, чаще приглашённый эксперт из индустрии, вносит практическую экспертизу, оценивает реалистичность идей и направляет команду на учёт бизнес- и производственных ограничений. Постоянная

обратная связь от преподавателя и ментора позволяет корректировать стратегию выполнения проекта и повышает вероятность того, что полученные решения найдут применение в реальном секторе экономики.

4. Организационно-методические аспекты внедрения проектной деятельности в вузах

В основе эффективного развития проектной активности в университете лежит создание и поддержка специализированной инфраструктуры. Лаборатории прикладных исследований, центры инноваций и стартап-инкубаторы обеспечивают студентам доступ к оборудованию, программным средствам и консультативной поддержке. Лаборатории служат площадками для проведения экспериментов и апробации технических решений, центры инноваций координируют междисциплинарные команды и помогают формализовать идею в технологический или бизнес-проект, а инкубаторы создают среду для разработки бизнес-модели, сопровождения юридических и финансовых аспектов и выстраивания взаимодействия с менторами и инвесторами.

Проектная работа в вузе должна строиться по чёткой методологии, включающей несколько этапов: генерация идеи, предварительное обоснование (технико-экономическое и маркетинговое), разработка прототипа, тестирование в лабораторных или полевых условиях, подготовка пилотного решения и его презентация партнёрам из индустрии. На стадии идеи студенты анализируют проблематику, формулируют гипотезы и определяют ключевые ресурсы. Прототипирование проходит в формате быстрых итераций с применением принципов Agile, что позволяет оперативно корректировать направление работы. Завершающий этап – пилотирование – предусматривает апробацию решения на реальном предприятии или в условиях демо-площадки, сбор обратной связи и доработку продукта перед масштабированием.

Результаты проектной деятельности оцениваются по совокупности критериев, отражающих как образовательный, так и коммерческий потенциал работы. Академическое портфолио студента включает описание цели, этапов и полученных результатов, а также личный вклад каждого участника. Экспертная оценка со стороны преподавателей и индустриальных менторов учитывает инновационность подхода, качество реализации и жизнеспособность решения. Индустриальные KPI (эффективность ресурсопотребления, снижение затрат, рост продуктивности) позволяют объективно судить о конкурентоспособности и готовности проекта к внедрению в реальный сектор экономики. В совокупности эти инструменты создают прозрачную и объективную систему контроля качества проектной работы и стимулируют студентов к созданию действительно полезных инноваций.

5. Риски, рекомендации и перспективы развития

Основными рисками интеграции проектного обучения в вузах остаются институциональная инерция и ограниченность ресурсов. Противодействие изменениям со стороны преподавательского состава и администрации может привести к формальному подходу к проектам, что снизит их практическую значимость. Недостаток финансирования, устаревшая материально-техническая

база и дефицит опытных менторов осложняют организацию эффективных студенческих инициатив и ослабляют мотивацию участников.

Для снижения этих рисков рекомендуется: во-первых, закрепить ответственность преподавателей-кураторов за курируемые проекты и ввести стимулирующие выплаты за успешную реализацию студенческих стартапов. Во-вторых, организовать регулярные обучающие сессии для педагогов по методикам PjBL, Design Thinking и Agile и активно привлекать выпускников-предпринимателей в качестве индустриальных наставников. В-третьих, развивать инфраструктуру студенческих инкубаторов и технопарков, обеспечивая доступ к современным лабораториям и оборудованию.

Эффективным механизмом поддержки молодёжной инновационной культуры являются государственные и внебюджетные программы. В частности, Фонд содействия инновациям предоставляет гранты на ранних стадиях разработки и пилотного внедрения, что позволяет студентам снизить финансовые риски и сосредоточиться на доведении проектов до рабочих образцов. Программа «Студенческий стартап» создаёт площадку для акселерации, объединяя команды с наставниками, инвесторами и потенциальными промышленными партнёрами. Интеграция вузовских инкубаторов с механизмами Фонда и «Студенческого стартапа» позволит масштабировать успешные кейсы, обеспечивая выпускникам доступ к экспертизе и seed-финансированию.

Перспективы развития проектного обучения в аграрных вузах связываются с формированием единой экосистемы поддержки: централизованные порталы для подачи заявок на гранты Фонда и участие в акселерационных программах «Студенческого стартапа», онлайн-платформы для управления и мониторинга проектов, а также регулярные студенческие конференции и демо-дни. Такая интегрированная модель стимулирует культуру инноваций, помогает преодолеть разрыв между образованием и индустрией и обеспечивает устойчивый приток молодых специалистов-инноваторов в реальный сектор экономики.

Вывод

Развитие проектной деятельности в вузах позволяет университетам существенно укрепить свои позиции в конкурентной образовательной среде. Создание и поддержка студенческих стартапов, участие в грантовых программах Фонда содействия инновациям и акселерационных треках «Студенческого стартапа» способствуют росту научно-исследовательской активности, расширяют масштабы практико-ориентированных проектов и повышают мотивацию преподавателей и студентов. В результате университет получает современную инновационную инфраструктуру, формирует кадровый резерв из выпускников-предпринимателей и укрепляет связи с реальным сектором экономики.

Для экономики России стимулом служит приток молодых специалистов, уже обладающих навыками разработки и внедрения технологических решений в агропромышленном комплексе. Студенческие проекты, доведённые до стадии пилотных образцов и сопровождаемые грантовой поддержкой, становятся

источником новых продуктов и сервисов, повышают эффективность растениеводства и животноводства, стимулируют цифровую трансформацию отрасли. Массовое вовлечение молодёжи в инновационное предпринимательство укрепляет региональные экосистемы, создаёт высокопроизводительные рабочие места и обеспечивает устойчивый рост добавленной стоимости в сельскохозяйственном секторе.

Литература

1. Зеер Э. Ф. Теоретико-прикладные основания психологии профессионального развития: монография. Екатеринбург: Урал. ун-т, 2015. 194 с.
2. Кубрушко П. Ф., Назарова Л. И. Формирование инновационного мышления студентов университета // Вестник МГАУ им. В. П. Горячкина. 2012. № 4-1 (55). С. 25–28.
3. Литвиненко Г. Н., Эсеккуева А. А. Инновации в сельском хозяйстве как фактор повышения эффективности агропромышленного комплекса РФ // Colloquium-journal. 2019. № 2 (50). С. 181–182.
4. Лысенко Е. Е., Колпакова Н. Н., Мамаева И. А. Формирование навыков самостоятельной работы: учебно-методическое пособие. Караваево: КГСХА, 2014. 38 с.
5. Максимова М. М. Инновации в агропромышленности Сингапура // International agricultural journal. 2022. № 3. С. 1120–1128.

УДК 631.527:635.111:628.924

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРОВ LED-ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИКРОЗЕЛЕНИ РЕДЬКИ

*Ветчинников А.А., д.с.-х.н., профессор, Петухова А.С., Баранов Е.В.
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
vetchinikov@rambler.ru*

*Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ влияния полного (400-700 нм) и узкополосного красного (650 нм) LED-освещения на рост, морфологию и биомассу микрозелени редьки (*Raphanus sativus* L.) в аэропонной установке. Цель исследования – установить, как спектральный состав освещения влияет на длину проростков, свежую и сухую массу растений, а также урожайность с 1 г семян. Эксперименты проведены в двух изолированных вегетационных камерах при трёхкратной повторности каждого варианта. Полученные результаты показали, что красный узкополосный спектр стимулирует удлинение hypocotyle на 8 % и корней на 22 %, увеличивает свежую массу одного проростка на 126 % и урожайность с 1 г семян на 71 %, тогда как сухая масса надземной части снижается на 30 %, а корневой – возрастает на 36 %. Влажность продукции под красным светом достигает 95 % против 92 % в контроле. Выявленная спектральная зависимость позволяет рекомендовать узкополосный красный свет для максимизации быстрого роста и свежей урожайности микрозелени при аэропонном выращивании.*

Ключевые слова: микрозелень редьки, светодиодное освещение, спектральный состав, аэропоника, рост растений, накопление биомассы, сельское хозяйство в

Микрозелень редьки (*Raphanus sativus* L.) представляет собой перспективный функциональный продукт благодаря высокой концентрации биологически активных соединений и быстрому вегетационному циклу. Спектральный состав освещения является ключевым фактором, определяющим скорость роста, морфогенез и фотосинтетическую активность растений в контролируемых системах аэропоники. В последние годы светодиодные (LED) источники с возможностью точного подбора длины волны активно применяются для оптимизации условий культивирования микрозелени, однако сравнительные данные о влиянии широкого и узконаправленного спектров остаются недостаточно изученными. В настоящей работе выполнен сравнительный анализ эффектов полного спектра (400-700 нм) и монохромного красного света (650 нм) на рост, биомассу и зольность микрозелени редьки в условиях выращивания методом аэропоники.

Широкий спектр LED-освещения, имитирующий солнечный свет (400-700 нм), обеспечивает сбалансированный фотоморфогенез микрозелени, где ключевую роль играют синие (440-470 нм) и красные (640-680 нм) волны [1]. Узконаправленные красные LED (640-660 нм) стимулируют прирост биомассы до 20-30 % по сравнению с синим светом, однако без синего спектра снижается содержание хлорофиллов и каротиноидов [2,3]. Включение зелёного диапазона в сочетании с красно-синим освещением улучшает накопление фенольных соединений и повышает антиоксидантную активность у микрозелени крестоцветных культур [4,5].

Объекты и методы исследования

Цель исследования - Установить влияние спектрального состава освещения на рост и развитие микрозелени редьки в контролируемых условиях аэропонной установки.

Задачи исследования:

1. Вырастить микрозелень редьки в установке Schoollab в двух независимых камерах методом аэропоники при двух режимах освещения: Полный спектр (LED-50 Вт, 400-700 нм, пики 450 нм и 620 нм) и Красный свет (LED-50 Вт, узкий спектр 650 нм);
2. Измерить свежую и сухую биомассу, длину надземной части и корней;
3. Определить зольность;

Объектом исследований являлась микрозелень редиса (*Raphanus sativus* L., сорт Sakurajima), обладающая коротким (7-10 дн.) вегетационным циклом и высокой чувствительностью к спектру освещения.

Предварительная подготовка семян состояла в дезинфекции в 3 % H_2O_2 (10 мин), промывка, стратификация при +4 °C (12 ч). Посев осуществлялся (5 г семян) в чашки Петри на стеклянную поверхность. Повторность в опыте трёхкратная. Вегетация осуществлялась 7 дней в вегетационных камерах с заданными режимами освещения методом аэропоники. В опыте

использовались стандартные методы измерения биомассы, линейных размеров и зольности.

Результаты. Измерение длины вегетативной части проростка служит важным индикатором интенсивности фотоморфогенеза и клеточного удлинения под действием света. При преобладании красной составляющей спектра активируется фитохромная система, что стимулирует синтез ауксинов и способствует более быстрому удлинению гипокотилия; напротив, синий свет через криптохромы и фототропины ограничивает чрезмерное вытягивание, обеспечивая более компактный и гармоничный рост надземных органов.

Длина корневой системы отражает эффективность распределения фотосигнала от зелёных тканей к корням посредством гормональных потоков – в частности ауксинов и цитокининов – а также перемещения продуктов фотосинтеза. Красный свет усиливает транслокацию фотосинтетических продуктов в корневую зону и повышает концентрацию ауксинов, что стимулирует деление и удлинение клеток корня, тогда как синий спектр модулирует развитие боковых корешков через фототропиновую регуляцию.

Интегральный показатель – общая длина проростка, складывающаяся из надземной и подземной частей – позволяет судить об общем характере роста и физиологической активности микрозелени на ранних фазах развития. Сопоставление суммарных значений длины органов в разных световых режимах даёт возможность выявить оптимальный спектральный баланс, обеспечивающий максимальную биомассу и гармоничное соотношение между вегетативным и корневым ростом. В совокупности анализ указанных параметров позволяет глубже понять механизмы фотоприёма, гормональной регуляции и морфогенеза микрозелени редьки в условиях аэропного выращивания.

Таблица 1 Длина проростков, мм

Вариант	Проросток (вегетативная часть)			Корневая система			Общая длина проростка		
	Хср	± к контролю		Хср	± к контролю		Хср	± к контролю	
		ед.	%		ед.	%		ед.	%
Полный спектр	26	-	-	49	-	-	75	-	-
Красный свет	28	2	8	59	11	22	88	13	17
НСР ₀₅		2			3			4	

При использовании узкого спектра (красного) света средняя длина вегетативной части проростков увеличилась с 26 до 28 мм, что на 2 мм (8 %) превышает контроль и превышает значение НСР₀₅ (2 мм), указывая на статистически значимый рост надземной части. Корневая система под красным освещением вытянулась с 49 до 59 мм, прибавив 11 мм (22 %), что заметно выше порога значимости в 3 мм. В результате общая длина проростка возросла с 75 до 88 мм (на 13 мм, или 17 %), что также достоверно превосходит НСР₀₅ (4 мм). Таким образом, узконаправленный спектр 650 нм обеспечил существенное

усиление как надземного, так и подземного роста микрозелени редьки по сравнению с полным спектром.

В таблице 2 представлены детальные статистические характеристики длины проростков редьки по вариантам освещения: полный спектр и узконаправленный красный свет (650 нм). Для каждого варианта и органа (вегетативная часть, корневая система и общая длина) приведены минимальные и максимальные значения (min, max), среднее арифметическое (M) с погрешностью ($\pm m$) и коэффициент вариации (V, %). Такой формат позволяет оценить разброс данных и надёжность полученных усреднённых показателей в каждом световом режиме.

Таблица 2 Влияние спектра на длину проростков редьки, мм

Вариант	Длина, мм	min	max	M	$\pm$	m	V, %
Полный спектр	Вегетативная часть	12	52	26	$\pm$	2	28
	Корневая система	17	89	49	$\pm$	4	34
	Общая длина проростка	51	116	75	$\pm$	5	24
Красный свет	Вегетативная часть	18	41	28	$\pm$	1	20
	Корневая система	25	96	59	$\pm$	4	29
	Общая длина проростка	45	131	88	$\pm$	5	23

Под полным спектром длина вегетативной части проростков варьировала от 12 до 52 мм ($M = 26 \pm 2$ мм; $V = 28$ %), тогда как при освещении красным светом диапазон сместился к более узким, но более однородным значениям - от 18 до 41 мм ($M = 28 \pm 1$ мм; $V = 20$ %). Это свидетельствует о том, что узконаправленный спектр 650 нм стимулирует более стабильный и равномерный рост надземной части.

Для корневой системы под полным спектром наблюдался широкий разброс длин - от 17 до 89 мм ($M = 49 \pm 4$ мм; $V = 34$ %), тогда как при красном освещении минимальные и максимальные значения составили 25 и 96 мм соответственно, а средняя длина выросла до 59 ± 4 мм с коэффициентом вариации 29 %. Увеличение среднего значения при сходном уровне вариабельности указывает на усиленное развитие корней под красным светом.

Интегративный показатель - общая длина проростка - при полном спектре колебался от 51 до 116 мм ($M = 75 \pm 5$ мм; $V = 24$ %), в то время как при красном свете диапазон расширился до 45-131 мм, а среднее значение достигло 88 ± 5 мм при $V = 23$ %. Рост абсолютных показателей общей длины и снижение коэффициента вариации подчёркивают эффективность узконаправленного спектра в обеспечении более предсказуемого и интенсивного развития микрозелени редьки.

В таблице 4 представлены сравнительные данные по массе одного проростка микрозелени редьки при естественном содержании влаги. Для каждого светового режима (полный спектр и узконаправленный красный свет 650 нм) приведены абсолютные значения массы вегетативной части, корневой системы и общей биомассы (в мг), а также относительные изменения по

отношению к контролю (%). Значение НСР₀₅ указано для оценки статистической достоверности различий между вариантами.

Таблица 4. Масса 1 проростка, мг (естественная влажность)

Вариант	Вегетативная часть (проросток)			Корневая система			Общая биомасса		
	масса, мг	± к контролю		масса, мг	± к контролю		масса, мг	± к контролю	
		мг	%		мг	%		мг	%
Полный спектр	86	-	-	39	-	-	125	-	-
Красный свет	182	96	111	100	61	157	282	157	126
НСР ₀₅		13			10			16	

Под красным светом (650 нм) масса вегетативной части проростков увеличилась более чем вдвое – с 86 до 182 мг, что на 96 мг (111 %) превышает контроль и значительно превосходит порог НСР₀₅ (13 мг). Корневая система при этом наращивала массу с 39 до 100 мг (+61 мг; 157 % при НСР₀₅ = 10 мг), что указывает на мощное стимулирующее действие красного спектра на подземные органы. В итоге общая биомасса одного проростка выросла с 125 до 282 мг (+157 мг; 126 % при НСР₀₅ = 16 мг), подтверждая статистически значимое и выраженное усиление как надземного, так и корневого роста под действием узконаправленного красного освещения.

В таблице 5 приведены данные по массе одного проростка микрозелени редьки в пересчёте на абсолютно сухое вещество. Для каждого варианта освещения (полный спектр и узконаправленный красный свет) указаны средние значения массы вегетативной части, корневой системы и общей биомассы, а также абсолютные и относительные отклонения от контроля и порог НСР₀₅ для оценки статистической значимости различий.

Таблица 5 Масса одного проростка, мг (абсолютно сухое вещество)

	Вегетативная часть (проросток)			Корневая система			Общая биомасса		
	Х _{ср} , мг	± к контролю		Х _{ср} , мг	± к контролю		Х _{ср} , мг	± к контролю	
		мг	%		мг	%		мг	%
Полный спектр	54,0	-	-	27,5	-	-	81,5	-	-
Красный свет	38,0	-16,0	-30	37,3	9,8	36	75,3	-6,2	-8
НСР ₀₅		7,1			6,1			7,1	

При освещении узкополосным красным спектром (650 нм) масса абсолютно сухого вещества надземной части проростков снизилась с 54,0 до 38,0 мг (-16,0 мг; -30 %), что значительно превышает порог НСР₀₅ (7,1 мг) и свидетельствует о статистически достоверном замедлении накопления сухой биомассы вегетативных органов. В то же время корневая система наращивала сухую массу с 27,5 до 37,3 мг (+9,8 мг; +36 %), причём прирост превысил

НСР₀₅ для корней (6,1 мг), что указывает на существенную стимуляцию корневого роста. В результате суммарная сухая биомасса одного проростка уменьшилась с 81,5 до 75,3 мг (-6,2 мг; -8 %), однако это изменение оказалось ниже порога НСР₀₅ (7,1 мг) и не является статистически значимым.

На основе полученных морфометрических и биомассовых показателей переходим к оценке урожайности микрозелени редьки. В следующей таблице будут приведены данные по общему выходу свежей биомассы с единицы площади и за вегетационный цикл, а также рассчитан коэффициент урожайности (отношение массы съёмного продукта к массе исходного посевного материала). Эти показатели позволяют интегрировать результаты эксперимента в практический контекст и определить эффективность разных спектральных режимов освещения для коммерческого производства микрозелени.

Таблица 6 Масса микрозелени (урожайность), получаемая с 1 г семян

	масса, г (естественная влажность)			масса, г (абсолютно сухое вещество)			Влажность
	Хср	± к контролю		Хср	± к контролю		
		ед.	%		ед.	%	
Полный спектр	46,074	-	-	3,879	-	-	92
Красный свет	78,633	32,559	71	3,874	-0,005	-0,132	95
НСР05		9,444			0,484		

При узкополосном красном спектре урожайность микрозелени редьки по свежей биомассе с 1 г семян увеличилась с 46,074 до 78,633 г, что на 32,559 г (71 %) превышает контроль и значительно превосходит порог НСР₀₅ (9,444 г). При этом масса абсолютно сухого вещества осталась практически неизменной: 3,879 г для полного спектра и 3,874 г под красным светом (-0,005 г; -0,13 %), что ниже НСР₀₅ (0,484 г) и не является статистически достоверным. Влажность готовой продукции возросла с 92 % до 95 %, что указывает на более высокое содержание воды в тканях при узкополосном красном освещении. Таким образом, красный спектр значительно повышает выход свежей микрозелени, не влияя на накопление сухого вещества, при этом увеличивая её водоудерживающую способность.

Заключение

В настоящей работе проведён сравнительный анализ влияния полного (400-700 нм) и узкополосного красного (650 нм) светодиодного освещения на рост, биомассу и физиологические показатели микрозелени редьки в аэропонной установке Schoollab. Основные выводы сводятся к следующему:

1. Узкополосный красный спектр стимулирует удлинение надземной части на 8 % и корневой системы на 22 % по сравнению с полным спектром, что приводит к общему приросту длины проростков на 17 %. Снижение коэффициента вариации показателей роста (V) при красном освещении указывает на более однородное развитие растений.

2. Масса свежих проростков под красным светом возросла на 126 % (с 125 до 282 мг на растение) и урожайность с 1 г семян увеличилась на 71 % (с 46,07 до 78,63 г), что значительно превосходит НСР₀₅. При этом сухая масса надземной части уменьшилась на 30 %, а корневой – увеличилась на 36 %, в результате чего общая сухая биомасса слегка снизилась (-8 %), но это изменение оказалось статистически незначимым.

3. Влажность микрозелени при выращивании под узкополосным красным спектром возрастает с 92 % до 95 %, свидетельствуя о более высоком содержании воды в тканях при интенсивном росте.

Таким образом, узкий спектр излучение в 650 нм обеспечивает значительное повышение длины проростков и выход свежей биомассы микрозелени редьки при умеренном снижении сухой надземной массы. Полученные данные позволяют рекомендовать использование красно-узкого спектра для максимизации быстрого роста и коммерческой урожайности в системах контролируемого выращивания, тогда как комбинированные или полный спектр режимы могут быть предпочтительны для оптимального накопления сухого вещества и сбалансированного формирования фотосинтетических пигментов.

Литература

1. Analysis of light recipe, seeding density, and fertilization effects on growth and antioxidant profile of Brassicaceae microgreens [Электронный ресурс] // ScienceDirect. – 2024. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429224005017> (дата обращения: 06.05.2025).
2. Artés-Hernández F., Castillejo N., Martínez-Zamora L. UV and Visible Spectrum LED Lighting as Abiotic Elicitors of Bioactive Compounds in Sprouts, Microgreens, and Baby Leaves: A Comprehensive Review Including Their Mode of Action [Электронный ресурс] // Foods. – 2022. – Т. 11, № 3. – Арт. 265. – DOI: 10.3390/foods11030265. – Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8834035/> (дата обращения: 06.05.2025).
3. Filatov D.A., Vetchinnikov A.A., Olonina S.I., Olonin I.Yu. Intermittent LED lighting helps reduce energy costs when growing microgreens on vertical controlled environment farms [Text] // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference. – London, 2022. – P. 01296.
4. Kopsell D.A., Sams C.E., Barickman T.C. Sprouting Broccoli Accumulate Higher Concentrations of Nutritionally Important Metabolites under Narrow-Band Light-Emitting Diode Lighting [Электронный ресурс] // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2014. – Т. 139, № 4. – С. 469-477. – DOI: 10.21273/JASHS.139.4.469. – Режим доступа: <https://doi.org/10.21273/JASHS.139.4.469> (дата обращения: 06.05.2025).
5. The effect of red LED light on growth parameters of Brassicaceae microgreens [Электронный ресурс] // ResearchGate. – 2017. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/figure/The-effect-of-red-LED-light-on-growth-parameters-1-of-Brassicaceae-microgreens_tbl1_309086727 (дата обращения: 06.05.2025).

ЖКУ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ: ЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Диаките Б., аспирант

Нижегородский ГАУ им. Л.Я. Флорентьева, baco.diak@gmail.com

*Аннотация. Жидкие удобрения привлекают все большее внимание в современном сельском хозяйстве благодаря своей способности повышать эффективность использования питательных веществ, особенно бобовыми культурами, такими как стручковая фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.). Удобрение типа $N_{11}P_{37}K_0$, содержащее большое количество фосфора, демонстрирует значительный потенциал для стимуляции роста и увеличения урожайности культур. Статья обобщает опыт зарубежных исследований и российских испытаний, изучающих влияние данного удобрения на различные культуры. Приводятся данные о его агрономической эффективности, способах внесения и практических рекомендациях, разработанных на основании научных экспериментов.*

Ключевые слова: система удобрения; ЖКУ; стручковая фасоль

Современное сельское хозяйство сталкивается с двойственной задачей: необходимость повысить производительность для удовлетворения растущего спроса на продукты питания одновременно с минимизацией негативного влияния на окружающую среду. В данном контексте жидкие удобрения представляют собой инновационное и гибкое решение проблемы. Жидкое удобрение $N_{11}P_{37}K_0$, содержащее 11% азота (N), 37% доступного фосфора (P_2O_5) и отсутствие калия (K_2O), особенно эффективно на начальных этапах роста растения, стимулируя развитие корневой системы и укрепляя вегетативную массу. Однако оптимальное использование такого удобрения предполагает глубокое понимание особенностей его взаимодействия с почвенными условиями и растениями.

Одно из растений, под которое возможно использовать жидкое комплексное удобрение ЖКУ 11:3 – стручковая фасоль. Это овощная культура, имеющая важное экономическое и питательное значение. Как и многие бобовые, она чувствительна к доступности питательных веществ, особенно во время цветения и развития стручков. В этом контексте использование жидких удобрений, особенно комплексов, содержащих азот (N), фосфор (P) и калий (K), дает преимущества с точки зрения быстрого усвоения, точного внесения и повышения урожайности.

Во всем мире использование жидких удобрений возросло благодаря широкому распространению систем фертигации, без плужного земледелия и технологий точного земледелия. Согласно данным Международной ассоциации производителей удобрений (IFA, 2022), доля жидких удобрений составляет около 10-15% от общего объема применяемых азотных и фосфорных удобрений в развитых странах, включая США, Канаду, Бразилию, Австралию и Китай. Жидкие фосфорсодержащие удобрения, такие как NP-комплекс состава $N_{11}P_{37}K_0$, высоко ценятся за свою высокую подвижность и быстрое усвоение растениями, удобство локального или листового внесения, а также простоту интеграции в современные автоматизированные агротехнические системы.

На глобальном уровне наблюдается расширение использования жидких удобрений для выращивания различных сельскохозяйственных культур. Исследования на кукурузе демонстрируют, что применение жидких растворов на основе жидкого комплексного удобрения существенно повышает биомассу и урожайность зерна, увеличивая показатели на 10-25% в зависимости от особенностей почвы и климатических условий (Zhang и al., 2018; Hernandez и al., 2020).

Испытания в Австралии на посевах пшеницы показывают, что жидкие фосфорсодержащие удобрения (формула 10:34:0) способствуют увеличению урожайности на 15% в условиях поливного земледелия (Smith и al., 2019). В Средиземноморье внекорневые подкормки жидкими удобрениями положительно влияют на качественные характеристики помидоров и сладкого перца: повышается содержание сахара, улучшается структура тканей, устраняется недостаток необходимых микроэлементов (Raviv и Wallach, 2021).

Специальные исследования по зеленой (стручковой) фасоли

Международные научные исследования, посвященные конкретно зеленой фасоли, немногочисленны, однако отдельные публикации подтверждают положительные эффекты от применения жидких комплексных удобрений. Например, бразильская группа ученых (Silva и al., 2020) и индийские исследователи (Kumar и al., 2021) установили, что обработка жидкими составами, такими как комплексы 12:36:6 или 11:37:0, во время фазы цветения растения ускоряют формирование плодов, увеличивают массу бобов и уменьшают риск поражения листьев болезнями.

Использование жидких удобрений в России заметно увеличилось, начиная с 2010-х годов, чему способствовала общая тенденция модернизации сельскохозяйственного сектора страны. Ведущие российские регионы, такие как Краснодарский край, Ростовская область, Воронежская область, Татарстан и Башкортостан, начали активно внедрять технологии внесения жидких удобрений, часто совмещая их с системами прямого посева («no-till») и системой фертигации. Ответом на рост спроса стали инвестиции крупных российских компаний – «Уралхим», «ФосАгро» и «ЕвроХим» – в развитие производства специализированных форм жидких удобрений, таких как формула $N_{11}P_{37}K_0$.

Российскими учеными было проведено ряд исследований, подтверждающих эффективность жидких фосфорных удобрений, таких как $N_{11}P_{37}K_0$. Так, например, Козлов и коллеги (2018) доказали, что использование жидкой формы фосфора при выращивании яровой пшеницы на чернозёмах Сибири повышает всхожесть семян и укрепляет структуру стеблей. Трофимов и другие авторы (2020) обнаружили, что применение жидких удобрений на полях подсолнечника юга России обеспечивает прирост урожайности на 12-18% по сравнению с традиционными гранулированными формами. Селиванова и Дмитриев (2021) исследовали преимущества использования жидких удобрений в теплицах при выращивании овощей методом фертигации. Они отметили, что такой подход позволяет точнее регулировать потребление фосфора растениями и избегать ранних дефицитов питательных веществ.

Несмотря на относительно небольшую базу научных данных, новейшие исследования Саратовского аграрного университета (2023 г.) свидетельствуют о перспективности использования жидких комплексных удобрений (ЖКУ 11:37:0) путем фертигации или листовых обработок в фазе развития растений от трех-пяти настоящих листьев до начала цветения. Такие методы позволяют повысить коммерческую урожайность зеленых стручков на 15-20%. Дополнительно отмечается позитивное воздействие на биохимический состав продукции: увеличивается содержание белков и незаменимых аминокислот в плодах.

Особенности и рекомендации к использованию

К наиболее распространенным методам внесения ЖКУ 11:37 относят фертигацию, которая используется преимущественно в тепличных хозяйствах и системах капельного полива. Эта система позволяет обеспечить точное дозирование элементов питания и их внесение непосредственно в корневую зону растений, обеспечивая оперативное и эффективное усвоение компонентов.

Используют для внесения ЖКУ и листовую подкормку, т.е. опрыскивание листьев. Такой метод особенно актуален для восполнения недостатка микроэлементов, применяется на стадиях активного роста и цветения культуры. Метод позволяет оперативно устранить визуальные признаки нехватки конкретных элементов, влияющих на фотосинтез и метаболизм растений.

Предпосевное внесение ЖКУ применяется перед посадкой растений или сразу после высадки рассады. Обеспечивает оптимальную доступность важнейших макроэлементов (фосфор, азот) на начальном этапе вегетационного периода, поддерживая активное развитие корней и вегетативных органов. Метод особенно эффективен и активно используется при работе с таким удобрением, как ЖКУ 11:37:0.

Оптимальная норма расхода жидкого комплексного удобрения ЖКУ 11:37:0 – 20-30 литров на гектар. Обычно удобрение вносят в критически важные фазы развития растений: фаза формирования 3-5 листьев; ранняя фаза цветения; период завязывания плодов. Наиболее эффективным является дробное внесение препарата в течение сезона (2-3 раза), поскольку оно гарантирует равномерное питание растений и стабильный эффект, превосходящий разовое применение одной большой дозы.

К преимуществам регулярного использования жидких удобрений с высоким содержанием фосфора (таких как ЖКУ 11:37:0) можно отнести следующее: повышается интенсивность роста и общий уровень развития растений; увеличивается количество цветков и процент завязей; стручки становятся более крупными, выровненными по размеру и форме; потенциальный прирост урожайности варьирует от 10 до 30 % в зависимости от природных факторов и агротехники; улучшаются потребительские свойства продукции: внешний вид и качество продукции, длина стручков, насыщенность цвета, обогащение витаминами и минералами.

Однако важно учитывать, что эффективность использования жидких комплексных удобрений сильно зависит от правильности выбора сроков и

способов внесения, а также региональных климатических и почвенно-климатических условий местности.

Для дальнейшего изучения и внедрения эффективных методик возделывания зеленой фасоли предлагается провести масштабные полевые опыты в различных регионах России с разными климатическими условиями и типами почв, охватывая различные агроэкологические зоны; изучить взаимодействие жидких удобрений с другими элементами управления урожаем, такими как биопрепараты-стимуляторы роста, водоснабжение и средства защиты растений; создать научно обоснованные рекомендации по рациональному использованию удобрений, комбинируя жидкие и традиционные твёрдые виды удобрений, учитывая особенности конкретной сельскохозяйственной практики и экологии территории.

Международная и российская научная литература показывают, что жидкие удобрения, особенно на основе фосфора, представляют собой эффективную стратегию повышения урожайности и качества зеленых бобов. Их использование, хотя и многообещающее, требует тщательной адаптации к стадиям развития растения и местным ограничениям. Оптимизированная система удобрения на основе жидких соединений питательных веществ может стать крупным прорывом для производителей бобовых.

Литература

1. Козлов А.Н., Иванов И.В. Применение жидких фосфорных удобрений в земледелии России // Вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. – С. 35-42.
2. Селиванова Е.П., Дмитриев Н.С. Влияние жидких удобрений на тепличные овощи методами фертигации // Современные проблемы растениеводства. 2021. № 2. – С. 45-53.
3. Трофимов Ю.А., Петрова О.Л. Опыт использования жидких удобрений в производстве подсолнечника // Научные труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. Том 10, вып. 2. – С. 89-97.

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ

Карпова А.Ю.,¹ канд. с.-х.н., Кадышева М.Э.,¹ магистрант,
Нелюбина Ж.С.,² д. с.-х.н., Касаткина Н.И.,² д. с.-х.н.

¹Удмуртский ГАУ, agrohim@udsau.ru

²УдмФИЦ УрО РАН, ugniish-nauka@yandex.ru

Аннотация. При возделывании смешанных агрофитоценозов изменяются агрохимические и биологические свойства почвы. В течение пяти лет пользования травостоем произошло заметное подкисление дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы за счёт корневых выделений растений. Кроме того, снизилось содержание подвижных форм фосфора и калия. Содержание органического вещества увеличилось. Бобово-злаковые травосмеси благоприятно воздействуют на нитрифицирующую способность почвы.

Ключевые слова: агрохимические показатели, биологическая активность, агрофитоценозы, дерново-подзолистые почвы.

Возделывание многолетних трав является неотъемлемой частью современного земледелия Нечернозёмной зоны, так как травянистые растения формируют хорошую продуктивность в течение вегетационного периода, при этом благоприятно влияют на почвенное плодородие. Особенно популярно в последнее время выращивание бобово-мятликовых травосмесей, которые обеспечивают животноводческую отрасль сельского хозяйства энергетически ценными кормами с высоким содержанием протеина. Кроме того, смешанные агрофитоценозы обладают определенным долголетием, в связи с чем выполняются принципы ресурсосбережения (Кузнецов И.Ю., Самигуллиева А.С., 2014; Исаков А.Н., Лукашов В.Н., 2018; Лазарев Н.Н., Тюлин В.А., 2020).

В Среднем Предуралье широкое распространение получила люцерна изменчивая, так как она обладает высокой кормовой продуктивностью, устойчивостью к засушливым условиям и длительным использованием травостоя (Лазарев Н.Н. и др., 2019; Feng Y. and etc., 2020). Часто в практическом земледелии смешанные агрофитоценозы формируются на основе бобового компонента с добавлением злаковых трав – тимофеевки луговой, костреца безостого, овсяницы луговой, фестулолиума и других (Эседуллаев С.Т., 2020; Сельманович В.Л., 2022; Степанова Т.В., Филиппов И.А., 2022; Тимошкин О.А., 2022). При совместном произрастании с бобовыми злаки используют азот, который накапливается клубеньковыми бактериями. В свою очередь, злаки также способствуют развитию клубеньковых бактерий на корнях бобового компонента благодаря своим корневым выделениям (Физиология сельскохозяйственных ..., 1970).

Доказано, что многолетние травы благоприятно влияют на почвенное плодородие, в частности, улучшают структуру, способствуют накоплению органического вещества (Колобков Е.В., Постников П.А., 2012; Козлов А.В., Уромова И.П., 2016), активизируют почвенный микробиом (Титова В.И., Козлов

А.В., 2012). Таким образом, многолетние травы не только обеспечивают высококачественными кормами сельскохозяйственных животных, но и способствуют сохранению и повышению плодородия почв.

Цель исследований – изучить изменение агрохимических и биологических свойств дерново-подзолистой суглинистой почвы при возделывании одно- и поливидовых агрофитоценозов многолетних трав.

Методика исследований. Исследования проводили на опытном поле Удмуртского НИИСХ в 2024 г. Полевой опыт включает различные комбинации бобовых и мятликовых трав. За основу взята люцерна изменчивая сорта Виктория. Компонентами травосмесей являются: лядвенец рогатый Солнышко, овсяница луговая Свердловская 37, кострец безостый Свердловский 38, фестулолиум ВИК 90 – всего 9 вариантов в четырёхкратной повторности с систематическим расположением делянок. Учётная площадь делянки на корм – 10 м². Уборка агрофитоценозов проводилась два раза за вегетацию по достижении люцерны фазы начала цветения. Перед посевом трав в 2019 г. вносили сложное удобрение в дозе N₃₀P₆₀K₆₀, далее ежегодно весной при отрастании трав, а также после первого и второго укоса, проводится подкормка аммиачной селитрой в дозе N₃₀.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая с нейтральной реакцией среды (рН_{KCl} 6,13), с низким содержанием гумуса (2,2%), очень низкой гидролитической кислотностью (1,42 ммоль/100 г), средней величиной суммы обменных оснований (13,0 ммоль/100 г), очень высоким содержанием подвижных форм фосфора (346 мг/кг) и средним – калия по Кирсанову (101 мг/кг).

Результаты исследований. В таблице 1 представлены агрохимические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы при выращивании смешанных агрофитоценозов на 5 г.п. В целом по опыту отмечается подкисление почвы с нейтрального уровня (2019 г.) до слабокислого (2024 г.), и, соответственно, значительное увеличение гидролитической кислотности. Это происходит из-за того, что в процессе роста и развития растения поглощают в большем количестве катионы, чем анионы, и для поддержания химического баланса в почвенной среде они с корневыми выделениями продуцируют в почвенный раствор протоны водорода (Соколова Т.А. и др., 2012). Кроме того, разлагающиеся пожнивно-корневые остатки в почве могут образовывать органические кислоты, которые также способствуют подкислению почвы.

В то же время, за период исследований увеличилась сумма обменных оснований по всем изучаемым вариантам с 13,0 ммоль/100 г в 2019 г. до 16,6...17,9 ммоль/100 г в 2024 г., что также подтверждается исследованиями других учёных (Многолетние травы..., 2015; Молчанова Н.П., 2007).

Травосмеси люцерны с кострцом, овсяницей, а также трёхкомпонентная смесь люцерны + лядвенец + овсяница оказали наилучшее влияние на физико-химические свойства почвы относительно контрольного варианта с одновидовым посевом люцерны. Стоит отметить, что в травосмесях с овсяницей на 5 г.п. доля злакового компонента не превышала 3-6%.

Таблица 1. Влияние смешанных агрофитоценозов на агрохимические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (2024 г.)

Вариант	pH _{KCl}	Нг	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	ОВ,%
		ммоль/100 г			мг/кг		
1. Люцерна (к)	5,11	2,19	17,2	88,7	283	30,0	2,89
2. Лядвенец	4,89	2,66	16,7	86,3	287	36,0	2,99
3. Люцерна + лядвенец	5,03	2,46	16,9	87,3	281	43,3	2,68
4. Люцерна + кострец	5,35	1,81	16,9	90,3	303	60,3	2,83
5. Люцерна + овсяница	5,21	1,95	17,5	90,0	287	40,0	3,07
6. Люцерна + фестулолиум	5,36	2,39	16,8	87,7	289	34,0	3,25
7. Люцерна + лядвенец + кострец	5,06	2,55	17,2	87,0	270	45,0	3,07
8. Люцерна + лядвенец + овсяница	5,32	1,87	17,9	90,7	247	71,7	3,28
9. Люцерна + лядвенец + фестулолиум	5,05	2,39	16,6	87,3	290	34,0	2,91
НСР ₀₅	0,03	0,10	0,60	0,8	26	5,0	0,20

Несмотря на разную интенсивность потребления соединений фосфора бобовыми и мятликовыми травами, изменения содержания подвижных форм фосфора по вариантам незначительны. За период исследований данный показатель снизился в среднем по опыту на 64 мг/кг, но уровень обеспеченности этим элементом питания остаётся на очень высоком уровне.

Содержание подвижного калия в пахотном слое почвы на пятый год пользования травостоями снизилось со среднего уровня до низкого, то есть все изучаемые агрофитоценозы в течение вегетации потребляют доступные формы калия для формирования урожая. Большой вынос калия многолетними травами подтверждается также исследованиями Моторина А.С. (2022). По вариантам выявлены существенные изменения содержания подвижных форм калия в почве, в частности, комбинации люцерны с кострцом, люцерны с лядвенцем и овсяницей на 5 г.п. показали наибольшее содержание этого элемента питания, относительно контроля разница составила 30,3 и 41,7 мг/кг при НСР₀₅=5,0 мг/кг.

Содержание органического вещества при закладке опыта оценивалось как низкое. За 5 лет роста многолетних трав уровень содержания органического вещества остался низким, но в целом увеличился в зависимости от вида агрофитоценоза на 0,69...1,08 %, что подтверждает благоприятное воздействие многолетних трав на этот показатель агрохимической характеристики почвы.

В таблице 2 представлена характеристика биологической активности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зависимости от вида травосмеси.

Корневые выделения многолетних трав по-разному влияют на нитрифицирующую способность почвы. Некоторые вещества, которые выделяются из корней растений, влияют на активность почвенных микроорганизмов и, таким образом, на нитрификацию (Shah Saud and etc., 2022; Сельманович В.Л., 2022). В наших исследованиях наибольшая нитрифицирующая активность (95,4 мгNO₃⁻/кг) выявлена в почве под посевом люцерны с лядвенцем и овсяницей. В сравнение, травосмесь люцерны с

лядвенцем и фестулолиумом существенно снизила этот показатель до 46,8 мгNO₃⁻/кг при контроле 62,8 мгNO₃⁻/кг. Таким образом, влияние корневых выделений многолетних трав на нитрифицирующую способность почвы может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от конкретных веществ, которые выделяются из корней растений. В целом по опыту нитрифицирующая активность почвы оценивается как очень высокая.

Таблица 2. Влияние смешанных агрофитоценозов на биологические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (2024 г.)

Вариант	Биологическая активность почвы			
	Нитрифицирующая, мг NO ₃ ⁻ /кг	Аммонифицирующая, мг NH ₄ ⁺ /кг	Целлюлозолитическая, %	Дыхание, мгCO ₂ /10 г /сут.
1. Люцерна (к)	62,8	25,2	44,3	0,77
2. Лядвенец	65,9	16,2	30,9	0,58
3. Люцерна + лядвенец	74,2	32,3	38,7	0,63
4. Люцерна + кострец	71,0	-1,2	25,1	0,77
5. Люцерна + овсяница	66,5	-9,5	40,6	0,58
6. Люцерна + фестулолиум	75,1	-5,9	26,2	0,42
7. Люцерна + лядвенец + кострец	71,9	20,9	23,1	0,51
8. Люцерна + лядвенец + овсяница	95,4	2,3	40,3	0,51
9. Люцерна + лядвенец + фестулолиум	46,8	-17,0	32,4	0,37
НСР ₀₅	4,3	3,8	10,1	F _ф <F _т

Аммонифицирующая активность почвы, напротив, была подавлена и в некоторых вариантах даже показала отрицательный результат. Достоверное увеличение содержания аммонийного азота после компостирования было обнаружено в почве варианта люцерна + лядвенец; в остальных вариантах данный показатель существенно снизился на 4,3...42,2 мг NH₄⁺/кг при НСР₀₅ = 3,8 мг NH₄⁺/кг. Изменения данного показателя по вариантам сложно объяснить, так как травы комплексно влияют на микробиом почвы, в том числе на численность аммонифицирующих бактерий. Относительно проведённого анализа можно сделать вывод, что за счёт созданных в термостате условий влажности и температуры (влажность=60%, t=28°C) аммонифицирующая активность почвы была подавлена, доминировала нитрифицирующая активность. Этот факт подтверждается другими учёными (Новосёлов С.И., 2015).

Целлюлозолитическая способность почвы определялась в полевых условиях. По полученным результатам можно оценить интенсивность разрушения клетчатки как слабую в вариантах 4,6,7 и среднюю в остальных изучаемых вариантах. Некоторые двух- и трёхкомпонентные травосмеси показали достоверное снижение целлюлозолитической активности почвы относительно контроля, что может быть вызвано большим количеством корневой массы и, как следствие, низкой влажностью почвы.

Интенсивность выделения углекислого газа почвой оценивается как очень слабая и не существенно изменяется по вариантам.

Урожайность сухой массы трав на 5 г.п. получена относительно высокая, однако не один из вариантов с подсевом трав существенно не повысил урожайность сухой массы в сравнении с одновидовым посевом люцерны. Наибольшую урожайность показали варианты люцерны (6,88 т/га), лядвенец (7,00 т/га) и люцерны + лядвенец (6,68 т/га). Другие изучаемые травосмеси значительно снизили продуктивность на 0,89-1,27 т/га относительно контроля при $НСР_{05} = 0,49$ т/га.

Выводы.

1. Многолетние смешанные агрофитоценозы проявляют подкисляющее действие на дерново-подзолистую среднесуглинистую почву: за пять лет пользования нейтральная почва стала слабокислой. За счёт корневых выделений увеличилась сумма обменных оснований в среднем по опыту на 4 ммоль/100 г. Содержание подвижных форм фосфора и калия при выращивании трав в среднем по опыту снизилось на 64 и 57 мг/кг, соответственно. Многолетние травы способствуют накоплению органического вещества в почве.

2. Корневые выделения многолетних трав благоприятно влияют на нитрифицирующую способность дерново-подзоистой среднесуглинистой почвы. Аммонифицирующая способность достоверно снизилась при выращивании практически всех изучаемых двух- и трёхкомпонентных травосмесей. Целлюлозолитическая способность определена на слабом и среднем уровне, дыхание почвы – слабое и не зависит от вида травосмесей.

3. В условиях 2024 г. наибольшая урожайность сухой массы трав была получена в вариантах люцерны (6,88 т/га), лядвенец (7,00 т/га) и люцерны + лядвенец (6,68 т/га).

Литература

1. Исаков А.Н., Лукашов В.Н. Роль бобовых и бобово-злаковых травосмесей в создании кормовой базы и биологизации земледелия // Природообустройство, 2018. – № 3. – С. 105-108.
2. Козлов А.В., Уромова И.П. Структура бактериального сообщества светло-серых лесных почв в условиях различных фитоценозов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. – № 11-3. – С. 473-476.
3. Колобков Е.В., Постников П.А. Микробиологическая активность почвы как фактор оценки биологизированных севооборотов // Аграрный вестник Урала. 2012. – № 2(94). – С. 4-6.
4. Кузнецов И.Ю. Самигуллиева А.С. Влияние сроков скашивания на кормовую ценность зеленой массы люцерны // Перспективы инновационного развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Башкирский государственный аграрный университет; ООО «Башкирская выставочная компания», 2014. – С. 64-68.
5. Лазарев Н.Н., Тюлин В.А. Адаптивная интенсификация луговодства: Монография. М.: Издательство РГАУ – МСХА, 2020. – 158 с.
6. Лазарев Н.Н., Кухаренкова О.В., Куренкова Е.М. Люцерны в системе устойчивого кормопроизводства // Кормопроизводство. 2019. – № 4. – С. 18-25.
7. Многолетние травы как фитомелиоранты / Е.П. Денисов, Д.А. Уполовников, Н.П. Молчанова, Д.В. Сураев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(53). – С. 48-50.

8. Молчанова Н.П. Влияние многолетних трав как фитомелиорантов на плодородие орошаемых темно-каштановых почв в Заволжье : специальность 06.01.02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Молчанова Надежда Петровна. – Саратов, 2007. – 23 с.
9. Моторин А.С. Влияние агромелиоративных приёмов на калийный режим и урожайность однолетних и многолетних трав на торфяных почвах Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 5(97). – С. 24-30.
10. Новоселов С.И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2015. – Т. 1, № 4(4). – С. 42-47.
11. Сельманович В.Л. Фитоценотическая совместимость многолетних трав // Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК : сборник научных статей II Международной научно-практической конференции (Минск, 9-10 июня 2022 г.). – Минск : БГАТУ, 2022. – С. 348-352.
12. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Изд. 2-е, испр. и доп., – Тула: Гриф и К, 2012 – 124 с.
13. Степанова Т.В., Филиппов И.А. Побегообразовательная способность и урожайность бобово-злаковых и злаковых травостоев с участием фестулолиума в зависимости от азотного питания в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. – № 2 (67). – С. 40-47.
14. Тимошкин О.А. Урожайность и биологическая эффективность возделывания люцерны изменчивой и кострца безостого в смешанных посевах // Достижения науки и техники АПК. 2022. – Т. 36. – № 7. – С. 12-18.
15. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научно-методическое пособие. – Нижний Новгород, 2012. – 63 с.
16. Физиология сельскохозяйственных растений. Том IV / под ред. Б.А. Рубина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – С. 260-435.
17. Эседуллаев С. Т. Изменение состава поливидовых посевов кормовых культур по годам и их продуктивное долголетие в условиях Верхневолжья // Адаптивное кормопроизводство. 2020. – № 1. – С. 45-62.

УДК 631.82:633.111

**ВЛИЯНИЕ ИОНИТНОГО СУБСТРАТА ЦИОН
НА НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ГРУНТАХ
В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА**

Кириллова Д.А., Лобанова Т.С., Володина Е.Н.
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,
volod-evgenia@yandex.ru

Аннотация. Исследования проведены с целью оценки влияния разных доз ионитного субстрата Цион на некоторые морфометрические показатели яровой пшеницы, возделываемой в модельных лабораторных опытах, где в качестве грунта была выбрана дерново-подзолистая легкосуглинистая почвы и бесплодная среда – песок.

Ключевые слова: ионитный субстрат ЦИОН, яровая пшеница, дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, песок, морфометрические показатели

Введение. В последние годы возрос интерес к применению цеолитов – природных минералов, относящихся к группе каркасных алюмосиликатов кальция и натрия, которые весьма активно стали применять для повышения плодородия почв и эффективности действия минеральных удобрений (Титова В.И., Забегалов Н.В., 2014). Цеолиты способны к активному обмену, за счет чего проявляется их свойство избирательно поглощать и выделять вещества, а также удерживать питательные элементы в почве до 10 лет (Суяндукоев Я.Т., Сафин Х.М., Суяндукоева М.Б., Хасанова Р.Ф., 2017). Наличие микроэлементов и подвижных ионов в составе цеолитов зависит от их месторождения, но, как правило, немодифицированный природный субстрат редко используют в растениеводстве (Солдатов и др., 2020; Солдатов В.С., Езубец А.П., Сапрыкин В.В., 2021; Белоусов П.Е., Кайлачаков П.Э., Румянцева А.О., 2024).

Поэтому в научных статьях стали активно встречаться исследования по изучению цеолитов, обогащенных питательными элементами. Внесение таких модифицированных цеолитов позволяет обеспечить сельскохозяйственные культуры необходимыми элементами питания, улучшить газообмен и водоудерживающую способность почвы за счет ее разрыхления (Титова В.И., Забегалов Н.В., 2014; Солдатов и др., 2020; Солдатов В.С., Езубец А.П., Сапрыкин В.В., 2021).

Наиболее известной маркой модифицированного цеолита является препарат ZION, полученный на основе природного минерала клиноптилолита из группы цеолитов, обогащенный азотом, фосфором, калием и микроэлементами (S, Zn, Mo и др.) (Убугунов Л.Л., Сыренжапова А.С., 2017). Данный ионитный субстрат в почве (грунте) образует питательный раствор с оптимальной концентрацией ионов при контакте с водой, снижая тем самым риск передозировки удобрений (Питательный субстрат..., 2018).

Данный продукт появился на рынке агрохимикатов не так давно, и его реальный потенциал по влиянию на рост и развитие сельскохозяйственных культур изучен не достаточно, что и вызывает интерес к его исследованию на различных грунтах и культурах.

В связи с этим целью исследования являлось изучение влияния ионитного субстрата Цион на некоторые морфометрические показатели яровой пшеницы, выращиваемой на различных грунтах.

Методика исследования. Для достижения поставленной цели было поставлено два модельных лабораторных опыта в трехкратной повторности по следующей схеме (Табл. 1). В эксперименте использовали ионитный субстрат Цион классик (далее Цион), состав которого представлен смесью ионообменных активных цеолитов. Содержание основных элементов питания по данным производителя: азот (N) – 4960 мг/кг, фосфор (P₂O₅) – 4730 мг/кг, калий (K₂O) – 1128 мг/кг.

В качестве грунтов для яровой пшеницы была выбрана дерново-подзолистая легкосуглинистая почва (гумус – 1,6%, P₂O₅ – 79 мг/кг, K₂O – 83

мг/кг, $pH_{KCl} = 5,3$), которая преобладает в структуре пахотных угодий Левобережья Нижегородской области, а также малоплодная среда – прокаленный в течение 6 часов песок, предварительно просеянный через сито с диаметром ячеек 1 мм.

Таблица 1. Схема опыта

Условные обозначения	Содержание варианта
Опыт 1. Почва	
1. Контроль (почва)	Почва без применения ионитного субстрата Цион
2. Цион 1	Состав питательной среды: 5% Цион + 95% почва
3. Цион 2	Состав питательной среды: 10% Цион + 90% почва
Опыт 2. Песок	
1. Контроль (песок)	Песок без применения ионитного субстрата Цион
2. Цион 1	Состав питательной среды: 5% Цион + 95% песок
3. Цион 2	Состав питательной среды: 10% Цион + 90% песок

Опыт по выращиванию растений проводился в пластиковых сосудах, вмещающих 500 г грунта. Сосуды заполнялись по объему питательной смесью согласно схеме опыта. На каждый сосуд было высеяно по 15 семян яровой пшеницы сорта Злата. Всходы появились на 3-4 день, но из-за разного их количества в сосудах через неделю после посева проведено прореживание (оставлено по 10 растений на сосуд), продолжительность выращивания – 21 день. Ежедневно проводился полив дистиллированной водой, температура помещения составляла 20-23⁰С, для увеличения освещенности включалась светодиодная лампа.

После уборки культуры учитывали как надземную массу, так и массу корней, которые отмывали от почвы (песка) на сите. Кроме того, проводилось измерение надземной части растений и длины корней, а также подсчет числа зародышевых корешков с одного растения. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа при помощи программного пакета Microsoft Office Excel. Для констатации различий при сравнении величин использовался показатель наименьшей существенной разницы при 5% уровне значимости (HCp_{05}) [9]. (Доспехов Б.А., 1985).

Результаты исследований. При выращивании яровой пшеницы на смесях почвы и песка с разными дозами ионитного субстрата Цион установлено достоверное увеличение общей биомассы растений в сравнении с контрольным вариантом на 23,9-42,6% (Табл. 2). Общая биомасса яровой пшеницы, полученная на смеси ионитного субстрата и дерново-подзолистой почвы, превышала песчаную смесь с изучаемым препаратом на 8,6-10,2%. При этом надземная биомасса, полученная на дерново-подзолистой почве (контроль), на 14,5% больше по сравнению с малопродуктивным грунтом, но при этом отдача от внесения разных доз ионитного субстрата установлена несколько выше, о чем свидетельствует более высокая прибавка относительно контрольного варианта (песок).

Таблица 2. Влияние субстрата ZION на формирование сырой биомассы яровой пшеницы

Вариант	Общая биомасса растений		Биомасса надземной части растений		Биомасса корней	
	среднее, г/сосуд	% к контролю	среднее, г/сосуд	% к контролю	среднее, г/сосуд	% к контролю
Опыт 1. Почва						
1. Контроль (почва)	15,9	-	9,7	-	6,2	-
2. Цион 1	19,7	23,9	12,0	23,7	7,6	22,6
3. Цион 2	21,6	35,8	12,8	32,0	8,8	41,9
НСР ₀₅	2,3		1,2		1,1	
Опыт 2. Песок						
1. Контроль (песок)	13,6	-	7,2	-	6,4	-
2. Цион 1	18,0	32,4	10,8	50,0	7,2	12,5
3. Цион 2	19,4	42,6	11,2	55,6	8,2	28,1
НСР ₀₅	1,0		0,6		0,7	

Максимальный эффект от внесения ионитного субстрата отмечен при минимальной дозе, где прирост надземной биомассы, как в опыте с почвой, так и песком, составил 2,3-3,6 г/сосуд, тогда как при двойной дозе прибавка возросла относительно первой на 0,8-0,4 г/сосуд. Биомасса корневой системы яровой пшеницы незначительно отличалась в опытах с почвой и песком, но при этом прирост от внесения различных доз Циона был статистически достоверным (22,6-41,9% и 12,5-28,1% соответственно).

Качественно сходное влияние демонстрируют дозы ионитного субстрата на высоту надземной части яровой пшеницы, которая возросла в опыте с почвой на 2,6-4,8 см, с песком – на 3,2-6,1 см в вариантах с Ционом, но более высокие растения установлены при их выращивании на дерново-подзолистой почве (Табл.3). Статистически достоверное увеличение относительно контроля установлено на всех вариантах смесей почвы и песка с Ционом, но, как и в случае с общей биомассой яровой пшеницы, эффективность от применения изучаемого субстрата прослеживается в первую очередь на малоплодородном грунте.

Следует отметить, что корневая система яровой пшеницы, выращиваемой на песке, значительно длиннее, чем в опыте с почвой на 21,7%, при этом данная тенденция прослеживается не только на контроле, но и при внесении разных доз Циона. Вероятнее всего это объясняется тем, что в песчаном грунте более активно идет процесс нарастания корневой системы из-за их проникновения в глубину в поиске питательных веществ, но при этом корни были более тонкие с мелкими боковыми разветвлениями, что и подтверждается меньшей их биомассой в опыте с песком.

Корневая система зерновых культур начинает развиваться с момента прорастания семени, и примерно до 3 недели роста представлена зародышевыми корешками, и только потом начинает закладываться вторичная корневая система. Учитывая, что в модельном опыте продолжительность выращивания яровой пшеницы составила 21 день, то учитывали число

зародышевых корешков, так как вторичные корни к данному моменту еще не сформировались (Рис.).

Таблица 3. Влияние субстрата ZION на высоту растений и длину корней яровой пшеницы

Вариант	Высота надземной части растений		Длина корней растений	
	среднее, см	% к контролю	среднее, см	% к контролю
Опыт 1. Почва				
1. Контроль (почва)	23,7	-	13,3	-
2. Цион 1	26,3	11,0	15,0	12,8
3. Цион 2	28,5	20,3	16,3	22,6
НСР ₀₅	2,5		1,2	
Опыт 2. Песок				
4. Контроль (песок)	21,6	-	17,0	-
5. Цион 1	24,8	14,8	19,5	14,7
6. Цион 2	27,7	28,2	20,4	20,0
НСР ₀₅	2,8		1,3	

Среднее число зародышевых корешков яровой пшеницы при прорастании зерновки обычно не превышает 5 штук, в нашем исследовании их число варьировало от 3,6 до 4,3 шт. с одного растения. При внесении минимальной дозы ионитного субстрата Циона число корешков возросло на 13,5-13,8% относительно контроля, двойная доза практически не повлияла на их развитие как в опыте с почвой, так и с песком.



Рисунок. Влияние субстрата ZION на число зародышевых корешков яровой пшеницы

Выводы. Таким образом, при выращивании яровой пшеницы на смесях почвы и песка с разными дозами ионитного субстрата Цион установлено статистически достоверное увеличение таких морфометрических показателей как общая биомасса растений (надземной части и корней), высота надземной части растений и корневой системы, а также число зародышевых корешков.

Литература

1. Белоусов П.Е., Кайлачаков П.Э., Румянцева А.О. Минерально-сырьевая база цеолитов России // Георесурсы. 2024. №4. - С. 260-274.

2. Выращивание салата листового сорта «Афицион» на безнитратном цеолитном субстрате / В.С. Солдатов, С.Ю. Косандрович, О.В. ИONOва, АП. Езубец [и др.] // Агрохимия. 2020. № 3. С. 31–36.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат.1985. - 351 с.
4. Питательный субстрат для выращивания растений [Электронный ресурс]: патент RU 2662772 C1 / Д.А. Ефремов [и др.]. – Дата публ. 30.07.2018. – Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2662772C1_20180730?utm_referrer=7dach.ru. Дата доступа: 06.04.2025.
5. Солдатов В.С., Езубец А.П., Сапрыкин В.В. Питательный субстрат для растений на основе цеолитов // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1(66). С. 149–161.
6. Суюндуков Я.Т., Сафин Х.М., Суюндукова М.Б., Хасанова Р.Ф. Использование природных цеолитов Зауралья Башкортостана для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур (рекомендации производству). Сибай, СИЦ – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан». 2017. - 40 с.
7. Титова В.И., Забегалов Н.В. Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. 2014. Т. 52. № 1. – С. 190-198.
8. Убугунов Л.Л., Сыренжапова А.С. Удобрительные композиции из местного и минерального сырья: учебно-методич. пособие. Улан-Удэ: Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2017. - 228 с.

УДК 633.161

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К РАЗЛИЧНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

Климова А.В., канд. экон. н., доцент

Курьянова И.В., канд. с.-х. н., доцент

Калинкин Д.И., обучающийся 2 курса,

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева,

klimova_a_v@mail.ru, kafedrazemlya@yandex.ru, dekalinkin@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальность развития отечественной селекции на современном этапе, перспективные методы селекции растений для повышения устойчивости к различным заболеваниям.

Ключевые слова: методы селекции, защита растений, устойчивость, болезни, геном, молекулярные маркеры.

В настоящее время актуальность отечественной селекции в сельском хозяйстве не вызывает сомнений, поскольку имея основную направленность – создание новых высокопродуктивных районированных сортов, устойчивых к болезням, позволяющих минимализировать использование пестицидов и удобрений, наряду с применением современных технологий, качественными кадрами, гарантирует решение стратегическую задачу продовольственной безопасности страны в целом, обеспечивая население качественной продукцией

растениеводства, а перерабатывающую промышленность сырьем. В данной статье рассматриваются современные методы селекции растений, направленные на повышение их устойчивости к болезням.

Целью данного исследования является определение наиболее перспективных современных подходов селекции растений для повышения устойчивости сортов к заболеваниям.

В качестве исходных материалов использовались труды отечественных и зарубежных ученых по изучаемой тематике. Методы исследования: библиографический, анализ и синтез и т.д.

Отметим, что устойчивость сельскохозяйственных культур к заболеваниям является одной из ключевых проблем современного сельского хозяйства. Селекция растений – это биотехнологический процесс, в процессе которого для создания растения с лучшими характеристиками используются два растения с желаемыми качествами, которые скрещиваются друг с другом для того, чтобы потомство могло проявить обе характеристики. (Jyoti A.) Таким образом, селекция растений направлена на создание сортов, обладающих высокой устойчивостью к различным патогенам, таким как вирусы, бактерии, грибы и насекомые-вредители.

Селекция растений восходит к истокам сельского хозяйства. По мнению историков, после одомашнивания зерновых культур, древние люди начали использовать семена самых лучших из них для посадки на следующий год. Такие методы отбора можно считать предшественниками ранних процедур селекции растений. (Allard R.W.) В последние десятилетия были разработаны новые подходы и технологии, позволяющие значительно повысить эффективность селекционных работ.

Также следует отметить, что с 1 марта 2024 года в России действуют новые нормы локализации производства семян, которые направлены на стимулирование развития отечественной селекции и семеноводства, укрепление национальной экономики и обеспечение продовольственной безопасности страны. (Селекция в России: перспективы развития и нововведения).

Традиционная селекция основывается на отборе лучших особей среди природных популяций или гибридизации различных видов и сортов. Этот процесс включает несколько этапов.

Отбор родителей: выбор родительских линий с желаемыми признаками устойчивости.

Гибридизация: перекрестное опыление выбранных растений для получения гибридов.

Оценка потомства: анализ гибридов на наличие признаков устойчивости и других желаемых характеристик.

Массовый отбор: отбор наиболее перспективных растений для дальнейшего размножения.

Тестирование: испытание новых сортов в полевых условиях для подтверждения их устойчивости.

Хотя традиционные методы эффективны, они требуют значительных временных затрат и ресурсов. (Лысенко Т.Д., 2014) Современные подходы (рис.) позволяют не только ускорить этот процесс, но и повысить точность отбора.



Рисунок – Современные подходы к селекции растений

Цифровые технологии играют важную роль в современном сельском хозяйстве, позволяя оптимизировать процессы производства и управления ресурсами. В области селекции растений цифровые инструменты используются для моделирования генетических взаимодействий, прогнозирования результатов скрещиваний и мониторинга состояния посевов в режиме реального времени. Такие данные помогают селекционерам принимать обоснованные решения и повышать эффективность работы (Цаценко Л., 2014).

Использование молекулярных маркеров стало важным инструментом в современной селекции растений. Маркерный анализ является эффективным, широко применяемым и точным методом анализа генотипов количественных признаков растений. Он широко используется для большинства важных для сельского хозяйства видов растений. (Лушникова Е.С., 2024) Маркеры представляют собой участки ДНК, тесно связанные с определенными признаками, такими как устойчивость к болезням. Они позволяют проводить селекцию на основе генетической информации, минуя необходимость длительного тестирования в поле. Основные типы молекулярных маркеров включают:

- 1) SSR (Simple Sequence Repeats): повторяющиеся последовательности нуклеотидов, используемые для анализа генетического разнообразия;
- 2) SNP (Single Nucleotide Polymorphisms): однонуклеотидные замены, часто применяемые для картирования генов устойчивости;
- 3) AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism): метод амплификации фрагментов ДНК, позволяющий выявлять различия между образцами.

Молекулярные маркеры используются для ускорения процесса селекции путем раннего выявления растений с нужными характеристиками еще до достижения ими зрелости.

Генетически модифицированные организмы (ГМО) создаются путем введения чужеродных генов в геном растения. Это позволяет быстро внедрять нужные признаки, такие как устойчивость к определенным патогенам. Примером успешного применения ГМО является создание сортов картофеля, устойчивого к фитофторозу благодаря введению гена из дикого вида картофеля *Solanum bulbocastanum*. За последние десятилетия производство генетически модифицированных культур увеличилось более чем в 100 раз, сегодня это более 190 млн. г, из которых более 50% приходится на сою, 30% - кукурузу, 13% - хлопок и 5% - рапс. (Иванова, 2022). Сегодня использование ГМО вызывает споры из-за возможных экологических рисков и этических вопросов. Поэтому многие страны вводят строгие регуляции на производство и использование ГМО-продуктов. (Жимулёв И.Ф., 2006)

Технологии редактирования генома, такие как CRISPR/Cas9, предоставляют возможность точно изменять генетический материал растений без внесения внешних генов. Эти методы позволяют удалять или активировать существующие гены, отвечающие за устойчивость к болезням. Например, с помощью CRISPR/Cas9 удалось создать сорта риса, устойчивые к бактериальному ожогу, путем изменения экспрессии определенных генов.

Редактирование генома имеет ряд преимуществ перед традиционной селекцией и ГМО-технологиями, включая высокую точность изменений и отсутствие необходимости во введении чужеродной ДНК. Однако эта технология также требует тщательного регулирования и оценки потенциальных рисков.

Помимо молекулярных методов, активно развиваются биотехнологические подходы, такие как использование пробиотиков и биопестицидов. Пробиотические микроорганизмы могут улучшать здоровье растений, стимулируя их иммунную систему и способствуя росту. Биопестициды, полученные из натуральных источников, помогают бороться с вредителями и болезнями, не оказывая негативного влияния на окружающую среду. Примером успешного применения является:

Борьба с вредителями в садах Европы - бактерии *Bacillus thuringiensis* применяются для борьбы с гусеницами плодовой моли, сохраняя популяции хищных насекомых и птиц (Коновалов, Ю.Б., 2014).

Также создаются трансгенные растения, путем внедрения генов из других организмов, что позволяет им приобретать новые свойства, такие как устойчивость к гербицидам, насекомым-вредителям или патогенным микроорганизмам. Трансгенные технологии широко применяются в сельском хозяйстве и демонстрируют высокую эффективность в повышении урожайности и снижении потерь от болезней.

Значительный ущерб, наносимый культурным растениям вредителями и фитопатогенами, связан с генетической природой этих растений и технологией их выращивания. Некоторые ткани растений представляют собой субстрат

питания большинства микроорганизмов и животных, однако лишь небольшое число видов микроорганизмов и насекомых являются фитопаразитами. Это объясняется совершенной системой защиты, выработанной растениями в ходе эволюции. Таким образом, патологический процесс в растении, вне зависимости от вида стресса, вызывается недостатком или подавлением естественных механизмов его устойчивости. Растения реагируют на биотические и абиотические стрессы синтезом защитных веществ. При этом транскрипция ключевых ферментов, необходимых для синтеза этих компонентов, может усиливаться под действием определенных факторов окружающей среды. Учеными-исследователями постоянно предпринимаются многочисленные попытки усилить устойчивость растений к стрессам за счет переноса отдельных генов, кодирующих вещества с защитной функцией, включая осмопротектанты, ферменты, модифицирующие липиды мембран растительной клетки, токсин-иммобилизующие ферменты. Так, например, в Японии создан ГМ-сорт сои, обогащенный белком, который в природе содержится преимущественно в яйце; он улучшает рост волос и замедляет их выпадение при химиотерапии за счет синтеза новых кровеносных сосудов и улучшения микроциркуляции в коже головы (Глазко В.И., 2007).

Современные методы селекции растений открывают новые возможности для создания устойчивых к болезням сортов. Комбинация традиционных подходов с новейшими технологиями, такими как молекулярные маркеры, генетическая модификация и редактирование генома, позволяет значительно ускорить процесс селекции и улучшить результаты. Тем не менее, важно учитывать потенциальные риски и строго следовать регуляторным нормам при внедрении новых технологий в сельское хозяйство.

Литература

1. Глазко, В.И. ДНК-технологии: проблемы и перспективы / В.И. Глазко // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2007. — № 1. — С. 9-20. — ISSN 0021-342X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/295503> (дата обращения: 23.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 9.).
2. Жимулёв И.Ф. Общая и молекулярная генетика: Учеб.пособие – 3-е издание. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. 2006. – 478 с.
3. Иванова А.П. Правовое регулирование генетически модифицированных культур в Европейском союзе и других государствах (США, Канада, Япония, КНР): Основные подходы и правила / А.П. Иванова // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 4, Государство и право: Реферативный журнал. - 2022. - №4. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-geneticheski-modifitsirovannyh-kultur-v-evropeyskom-soyuze-i-drugih-gosudarstah-ssha-kanada-yaponiya-knr> (дата обращения: 05.02.2025).
4. Коновалов, Ю.Б. Общая селекция растений: учебник / Ю.Б. Коновалов- СПб. : Лань, 2013. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1387-4.
5. Лушникова Е.С. Разработка молекулярных маркеров для генотипирования PYRUS COMMUNIS L. IN SILICO / Е.С. Лушникова // Международный журнал гуманитарных и мировых наук. - 2024. - №11-2 (98). - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-molekulyarnyh-markerov-dlya-genotipirovaniya-pyrus-communis-l-in-silico> (дата обращения: 05.02.2025).

6. Лысенко, Т. Д. Агробиология. Работы по вопросам генетики, селекции и семеноводства / Т.Д. Лысенко. - М.: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы, 2016. - 464 с.

7. Селекция в России: перспективы развития и нововведения/ Электронный ресурс // Режим доступа: [Селекция в России: перспективы развития и нововведения](#) (свободный). - (датаобращения 14.04.2025).

8. Цаценко, Л. Изображение растений, как материал для анализа в генетике и селекции / Л. Цаценко. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 918 с.

УДК 631.81.095.337:633.11

ВЛИЯНИЕ БОРСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА

**Короленко И.Д., к. с.-х. н., доцент, Кодочилова Н.А., к. с.-х. н., доцент,
Кондратьева Ю.Д., магистрант, Смирнова Ю.П., магистрант**

¹Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, korolenkoid@rambler.ru,
korchenkina.natalia@yandex.ru, , juli_kondratieva @bk.ru,
liasmirnova0496@gmail.com

Аннотация. В статье дана оценка влияния предпосевного замачивания семян клевера растворами хелатных форм борсодержащих препаратов по сравнению с традиционной формой на показатели всхожести. Всхожесть семян клевера была низкая, при использовании растворов хелатных форм борной кислоты – моноэтаноламина, триэтаноламина и диэтаноламина, показатель достоверно увеличивался и составил 50,5%. При обработке семян хелатными соединениями положительный эффект на морфометрические показатели проростков установлен, в частности на надземную часть, на вариантах с использованием триэтаноламина и глицерина. В то время, как длина корня достоверно увеличивалась только при использовании триэтаноламина, (на 29,9%), достоверное снижение отмечали при обработке семян борной кислотой, моноэтаноламином и диэтаноламином, на остальных вариантах рассматриваемый показатель сопоставим с контролем.

Ключевые слова: клевер луговой, хелатные соединения бора, борная кислота, обработка семян.

Введение. Клевер луговой – основная кормовая бобовая культура в Нечерноземной зоне, которая способна обеспечивать большой урожай зеленой массы, сена до 10 т и семян 6-7 ц/га, является предшественником 1-й группы (Состояние..., 2021). Одним из существенных недостатков культуры клевера является низкая всхожесть семян и сильная поражаемость многочисленными болезнями. В настоящее время ведется активный поиск новых препаратов для повышения всхожести семян (Бекузарова С.А., Беляева В.А., 2015). В питании клевера особенно велика роль микроэлементов. В настоящее время согласно литературным данным наблюдается снижение обеспеченности почв пашни микроэлементами практически на всей территории РФ (Сычёв В.Г., 2006). Так, по результатам агрохимических обследований в Нижегородской области, проводимых ФГБУ ЦАС "Нижегородский" в отношении таких микроэлементов,

как бор, медь, цинк, кобальт, молибден и ряд других наблюдается в различной степени недостаточная обеспеченность большинства видов почв (Короленко И.Д., Кодочилова Н.А., Ручина, 2021). В этой связи, производители крайне заинтересованы во внедрении прогрессивных способов применения микроудобрений, с целью повышения урожая и его качества.

Микроудобрения чаще всего используются в традиционной форме (соли), но данная форма микроэлемента не всегда усваивается растениями в полной мере, поэтому необходимо искать новые более результативные и эффективные формы микроэлементов. В связи с этим всё большее внимание отводится сравнительно новым в применении формам микроэлементов - хелатам, которые входят в состав комплексных удобрений. Хелаты надежно удерживают микроэлементы в растворимом состоянии до тех пор, пока они не попадут в растение, затем преобразуют их в доступную форму, а затем они разлагаются на соединения, которые свободно усваиваются растениями (Кайнова, 2019; Получение..., 2015).

Данное исследование проводилось с целью изучения влияния хелатных форм борсодержащих препаратов по сравнению с традиционной формой на первом этапе онтогенеза клевера лугового.

Материалы и методы исследования. Для проведения исследований были использованы борсодержащие хелатные соединения, разработанные и рекомендованные к изучению в качестве микроудобрений институтом металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН, а также традиционная форма микроудобрения – водный раствор борной кислоты (H_3BO_3). В качестве борсодержащих соединений были использованы растворы борной кислоты: раствор в моноэтанолаmine (МЭА) с содержанием H_3BO_3 25,6% (4,98 моль/л); раствор борной кислоты в триэтанолаmine (ТЭА) с содержанием H_3BO_3 22,9% (4,46 моль/л); раствор борной кислоты в диэтанолаmine (ДЭА) с содержанием H_3BO_3 19,9% (3,61 моль/л); раствор борной кислоты в глицерине с содержанием H_3BO_3 20,4% (4,21 моль/л); раствор борной кислоты в этиленгликоле с содержанием H_3BO_3 19,5% (3,55 моль/л), а также раствор борной кислоты в воде (H_3BO_3), традиционно применяемый в сельскохозяйственном производстве. В лабораторных условиях растворы получали присыпанием тонкоразмолотой борной кислоты при перемешивании и нагревании (50–75°C) к органическим жидкостям.

Лабораторный опыт заложен в четырёхкратной повторности в чашках Петри. Полная схема опыта представлена в таблице 1.

В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Экспозиция замачивания составляла 4 часа. В процессе исследований в лабораторных опытах проводили наблюдения: определение энергии прорастания и всхожести семян клевера лугового обработанных препаратами; морфологические наблюдения за проростками клевера (измерение длины надземной и корневой части); учет сухой массы надземной части проростков клевера и массы корней.

Таблица 1 – Условное обозначение и содержание вариантов опыта

Краткое обозначение	Содержание опытного варианта
1.Контроль	Замачивание семян в воде
2. H_3BO_3	Замачивание семян в растворе борной кислоты с концентрацией 0,001%
3. H_3BO_3 (МЭА)	Замачивание семян в растворе борной кислоты в моноэтаноламине с концентрацией 0,001%
4. H_3BO_3 (ДЭА)	Замачивание семян в растворе борной кислоты в диэтаноламине с концентрацией 0,001%
5. H_3BO_3 (ТЭА)	Замачивание семян в растворе борной кислоты в триэтаноламине с концентрацией 0,001%
6. H_3BO_3 (глицерин)	Замачивание семян в растворе борной кислоты в глицерине с концентрацией 0,001%
7. H_3BO_3 (этиленгликоль)	Замачивание семян в растворе борной кислоты в этиленгликоля с концентрацией 0,001%

Исследования по определению энергии прорастания и всхожести семян проводили в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта: Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (ГОСТ 12038-84). Так, согласно этому документу семена клевера проращивают в чашках Петри в темноте при переменной температуре 20°C. Энергию прорастания проросших семян клевера определяли на третьи сутки, и на седьмые сутки после обработки - их всхожесть.

При учете энергии прорастания учитывали и удаляли только нормально проросшие и гнилые семена, а при учете всхожести отдельно учитывали нормально проросшие, набухшие, твердые, гнилые и ненормально проросшие семена. У клевера, семена которого прорастают одним корешком, к числу нормально проросших относили семена, имеющие развитый главный зародышевый корешок и сформировавшийся росток. Так как клевер относится к классу двудольные, росток имеет семядоли и хорошо развитый зародышевый побег с нормальной верхушечной почкой.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 2011) с использованием пакета компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. Влияние борсодержащих соединений на показатели всхожести в лабораторном опыте представлено в таблице 2.

Проведенные лабораторные исследования показали существенное увеличения энергии прорастания семян клевера лугового, в 1,5-2,8 раза по сравнению с контролем, при применении хелатных форм борсодержащих препаратов. При использовании хелатных форм борной кислоты рассматриваемый показатель достоверно увеличивался, достигнув максимального значения (39,9%) в варианте с использованием раствора борной кислоты в моноэтаноламине. Следует отметить, что обработка семян триэтаноламином действовала на одном уровне с раствором бора в моноэтаноламине, в то время как замачивание семян в диэтаноламине,

глицерине и этиленгликоле действовала достоверно ниже и составляла 29,9-32,2%. Данный факт говорит о снятии токсического эффекта со стороны изучаемого вещества и о возможном стимулирующем эффекте присутствия в среде бора.

Таблица 2 – Влияние борсодержащих соединений на показатели всхожести семян клевера

№ п/п	Вариант	Энергия прорастания, %			Всхожесть, %		
		в среднем	± к контролю		в среднем	± к контролю	
1	Контроль	14,4	-	-	40,5	-	-
2	H ₃ BO ₃	21,1	6,7	46,5	41,5	1,0	2,5
3	H ₃ BO ₃ (МЭА)	39,9	25,5	177,1	50,5	10,0	24,7
4	H ₃ BO ₃ (ДЭА)	32,2	17,8	123,6	46,7	6,2	15,3
5	H ₃ BO ₃ (ТЭА)	37,7	23,3	161,8	48,5	8,0	19,8
6	H ₃ BO ₃ (глицерин)	29,9	15,5	107,6	42,3	1,8	4,4
7	H ₃ BO ₃ (этиленгликоль)	31,1	16,7	116,0	45,5	5,0	12,3
	HCP ₀₅		3,8			5,1	

Всхожесть семян клевера в целом по опыту была низкой и варьировала от 40,5 до 50,5%. В вариантах при использовании растворов ортоборной кислоты в концентрации – 0,001% всхожесть увеличивалась по сравнению с контролем. При использовании хелатных форм борной кислоты – моноэтаноамин, диэтаноламин и триэтаноламин, рассматриваемый показатель достоверно увеличивался, достигнув максимального значения (50,5%) в варианте с использованием раствора борной кислоты в моноэтаноламине. В то время, как замачивание семян в борной кислоте, глицерине и этиленгликоле действовало на одном уровне с контролем 41,5–42,3%.

После окончания времени экспозиции проращивания семян нами были определены морфометрические параметры проростков (табл.3).

Таблица 3 – Влияние борсодержащих соединений на биометрические параметры ростков клевера

№ п/п	Вариант	Длина корня, см			Длина надземной части, см		
		M±m*	± к контролю		M±m*	± к контролю	
			см	%		см	%
1	Контроль	0,92±0,11	-	-	2,58±0,27	-	-
2	H ₃ BO ₃	0,70±0,28	-0,22	-23,9	2,47±0,59	-0,11	-4,3
3	H ₃ BO ₃ (МЭА)	0,63±0,20	-0,29	-31,5	2,69±0,46	0,11	4,3
4	H ₃ BO ₃ (ДЭА)	0,80±0,12	-0,12	-13,1	2,53±0,39	-0,05	-1,9
5	H ₃ BO ₃ (ТЭА)	1,19±0,17	0,27	29,3	3,02±0,26	0,44	17,1
6	H ₃ BO ₃ (глицерин)	0,93±0,19	0,01	1,1	3,05±0,70	0,47	18,2
7	H ₃ BO ₃ (этиленгликоль)	0,90±0,19	-0,02	-2,2	2,72±0,46	0,14	5,4
	HCP ₀₅		0,11			0,26	

*M±m – среднее арифметическое плюс/минус стандартное отклонение

На основе полученных результатов можно констатировать, что наибольшая длина корня зафиксирована при использовании раствора борной кислоты в триэтаноамине, это достоверно выше контрольного варианта на 29,9%, достоверное снижения установлено при обработке семян борной кислотой, моноэтаноламином и диэтаноламином. На остальных вариантах рассматриваемый показатель сопоставим с контролем.

При оценке длины наземной части проростков клевера, отмечали ее рост при использовании борной кислоты в органических растворителях, достоверное увеличение установлено на вариантах с обработкой семян триэтаноламином и глицерином. На остальных вариантах рост был несущественным и находился в пределах ошибки, в то время, как на варианте с обработкой борной кислотой отмечали незначительное снижение относительно к контролю.

Кроме длины проростков, так же оценивали влияние различных борсодержащих препаратов на общую массу проростков семян клевера (табл. 4).

Таблица 4 – Общая масса проростков клевера в зависимости от экспериментальных растворов борной кислоты

Варианты	Средняя общая масса проростков	± контролю	
		г/чашка	%
1.Контроль	1,305	-	-
2. H ₃ BO ₃ (водный раствор)	1,300	-0,005	-0,38
3. H ₃ BO ₃ (МЭА)	1,400	0,095	7,28
4. H ₃ BO ₃ (ДЭА)	1,370	0,065	4,98
5. H ₃ BO ₃ (ТЭА)	1,490	0,185	14,1
6.H ₃ BO ₃ (глицерин)	1,480	0,175	13,4
7. H ₃ BO ₃ (этиленгликоль)	1,41	0,105	8,04
НСР ₀₅		0,14	

Согласно представленным данным, общая масса проростков находится на одном уровне, за исключением вариантов с использованием растворов борной кислоты в триэтаноламине и глицерине.

Выводы.

Таким образом, результаты проведенных исследований по изучению действия борсодержащих соединений на показатели всхожести семян клевера свидетельствуют:

- предпосевная обработка семян ортоборной кислоты в органических растворах с концентрацией 0,001% при сравнении с традиционной формой приводило к достоверному увеличению энергии прорастания на 8,8-18,8%; обработка семян в растворах триэтаноламина и моноэтаноламина, действовали на одном уровне и достоверно выше, чем на вариантах с использованием растворов диэтаноламина, глицерина и этиленгликоля;
- всхожесть семян клевера была низкая, при использовании растворов хелатных форм борной кислоты в моноэтаноламине, в триэтаноламине и в диэтаноламине, показатель достоверно увеличивался и достигнув

значений 50,5%. В то время, как на вариантах с замачиванием семян в борной кислоте, глицерине и этиленгликоле всхожесть была на одном уровне с контролем 41,5-42,3%;

- действие хелатных соединений на морфометрические показатели проростков, в частности на надземную часть, установлен положительный эффект на вариантах с использованием триэтаноламина и глицерина, а на остальных вариантах данный показатель варьировал на одном уровне с контролем.

Литература

1. Бекузарова С.А., Беляева В.А. Повышение всхожести твердых семян клевера // Евразийский Союз ученых. 2015. № 8-3(17). С. 112-114.
2. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. - Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 28 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 2011. 351 с.
4. Кайнова А.Н. Микроудобрения с макси-пользой / А.Н. Кайнова // АгроФорум. 2019. №8. С. 56-60.
5. Короленко И.Д., Кодочилова Н.А., Ручина К.Л. Изучение влияния способов и форм применения борсодержащих препаратов на хелатной основе на урожайность зерна озимой пшеницы Московская 56 в полевом опыте. Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса // Материалы межд. науч. пр. конф. Н. Новгород. 2021. С. 211-215.
6. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне РФ / А. А. Кутузова, А. С. Шпаков, В.М. Косолапови и др.// Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 3-9.
7. Сычёв В.Г. Актуальные вопросы агрохимического регулирования элементного состава сельскохозяйственной продукции / А.Г. Сычёв // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 12. С. 245-247.
8. Получение аморфных водорастворимых комплексов биометаллов на основе (1-гидроксиэ-тилиден) дифосфоновой кислоты, 2-аминоэтанола и 2-амино-2-(гидроксиметил)пропан-1,3-диола / В.В. Семенов [и др.]. / Журнал общей химии. 2015. Т85. №5. С. 822-830.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ФОРМ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИСТОВОГО САЛАТА В МЕЛКОДЕЛЯНОВНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ НА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

*Короленко И.Д., к. с.-х. н., доцент, Пасынкова Е.В., магистрант,
Пестова В.С., бакалавр*

*Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, korolenkoid@rambler.ru,
pasynkova02@gmail.com, v.pestova52@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты влияния калийных удобрений на продуктивность листового салата сорта Кучерявец Одесский при внесении в основную обработку почвы в мелкоделянчном полевоом опыте. Применение сульфата калия, нефелинового сырья и нового удобрения на его основе на фоне азофоски в условиях светло-серых лесных почв было эффективным приемом, и способствовало достоверному повышению урожайности листового салата на 51-104%. Установлено, что действие сульфата калия было равноценно с нефелиновым сырьем, а салат наиболее отзывчив на удобрение на основе сырья. Полученная продукция, выращенная с внесением калийных удобрений отвечала требованиям по содержанию нитратов (370-750 мг/кг), в то время как на контроле содержание данного показателя (2372 мг/кг), превышало СанПин. Существенных различий по содержанию витамина С и сухого вещества в салате по вариантам опыта не установлено, а количество сахара на вариантах с применением калийных удобрений было достоверно выше, чем на варианте с азофоской, прибавки составляли 12,9-16,6%.

Ключевые слова: нефелиновое сырье, сульфат калия, листовой салат, урожайность, нитраты.

Введение. Одной из проблем земледелия Нечерноземной зоны является превышение выноса калия урожаями над его поступлением в почву, что приводит к снижению подвижного калия (Шафран С.А., Ильюшенко И.В., 2023). Применение калийсодержащих удобрений, начиная с 1991 года постоянно уменьшалось и к 2023 году составило 2-3 кг/га. В таких областях, как Брянская, Владимирская, Ивановская, Костромская и Тверская, установлено снижение степени обеспеченности пахотных почв подвижным калием. Следствие этого процесса в данных регионах снижается урожайность зерновых культур без внесения удобрений на 12-23% (Шафран С.А., 2022).

Как известно, основным сырьем для производства хлорных калийных удобрений являлся силвинит, сульфатных удобрений – минералы каинит, лангбейнит, смешанных – лангбейнито-каинитовых пород. В настоящее время осуществляется промышленная переработка нефелиновых концентратов $(\text{KNa})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, которые образуются при производстве апатитового концентрата. В дальнейшем из нефелинового концентрата после извлечения окиси алюминия, получают калийное удобрение.

В последнее время разрабатывают пути получения калийных удобрений из нефелинового сырья, в этой связи актуальным вопросом является изучение использования нового калийного удобрения под сельскохозяйственные культуры. В источниках литературы информация о действии калийных удобрений на фоне NP неоднозначна, так в одних калийные удобрения

оказывают слабое влияние на продуктивность посевов, в других проявляют высокую отзывчивость на внесение калия (Белоусова Е.Г., 2021).

Внесение калийных удобрений при выращивании овощных культур, в том числе листовых овощей – необходимый агротехнический приём, способствующий получению высоких урожаев хорошего качества. Культуры с большим вносом калия, такие как капуста, томат, морковь, салат положительно реагируют на его внесение (Якименко В.Н., 2019). Так, в исследованиях А.В. Барышниковой (2019), удобрение салата сильвинитом привело к увеличению надземной массы, площади листьев, увеличению водоудерживающей способности листьев и повышению в соке уровня растворимых сухих веществ.

Целью данного исследования являлось оценить калийсодержащее удобрение по сравнению с исходным нефелиновым сырьем и традиционным аналогом на продуктивность листового салата в мелкоделяночном полевом опыте на светло-серой лесной почве.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования проведены на вегетационной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии в НГАТУ в 2024 году в условиях мелкоделяночного полевого опыта. Опыт был заложен в трехкратной повторности, варианты располагались последовательно в один ряд. При постановке опыта учитывали рекомендации А.Х. Шеуджена (2015). Площадь делянки составляла 0,75 м². В качестве минерального фона использовали сложное минеральное удобрение азофоску в дозе 60 кг/га, калийные удобрения были внесены исходя из дозы 100 кг/га в основную обработку почву, весной вместе с азофоской. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Условное обозначение и содержание вариантов опыта

№	Условные обозначения	Содержание варианта
1	Ф	Фон - N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
2	Ф+ K ₂ SO ₄	Фон+ сульфат калия из расчета K ₁₀₀
3	Ф+ Сырье	Фон+ нефелиновое сырье из расчета K ₁₀₀
4	Ф+Премиум	Фон+ удобрение Премиум из расчета K ₁₀₀

Объектом исследования был выбран листовой салат сорта Кучерявец Одесский, с высокими качественными характеристиками (энергия прорастания, всхожесть), так как среди овощных культур салат занимает третье место по выносу элементов минерального питания из почвы на единицу урожая (Короленко И.Д, Селезенкова, Н.В., 2018). Семена салата были посеяны 20 мая. На протяжении всего периода вегетации культуры проводились прополки посевов вручную, двукратное прореживание растений, отмечались сроки наступления фенологических фаз.

Исследования проводились на светло-серой лесной почве, сформированной на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном горизонте соответствует низкой степени гумусированности (1,7%). Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора характеризуется, как средняя, в то время как калием – повышенная (75 и 135 мг/кг соответственно).

Величина обменной кислотности характеризует почву, как близкую к нейтральной (рН-5,9). Салат хорошо растет на плодородных почвах легкого гранулометрического состава (супесчаных или легкосуглинистых). Кроме того, данная культура предъявляет высокие требования к легкоусвояемым формам минерального питания. Эта культура очень чувствительна к реакции почвенного раствора и отрицательно реагирует на повышенное содержание солей в почве. Из выше перечисленного можно сделать заключение, что почва в опыте обладает удовлетворительными агрохимическими свойствами для выращивания салата.

Главным объектом исследования является новое калийное удобрения, созданное на основе нефелинового сырья, а также само нефелиновое сырье. Изучение данных удобрений проводились в сравнении с традиционным калийным удобрением – «Сульфат калия» производства ООО «ТПК «Нов-Агро» с массовой долей калия 52% в пересчете на K_2O .

Характеристика изучаемых удобрений по основным показателям качества и оценки агрохимических свойств представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика изучаемых калийных удобрений

Показатели	Образцы удобрений		
	Премиум	Стандарт	Сырье
Калий (K_2O), %	51,7	52,0	51,1
Сера, %	18,25	н/д	17,8
Хлориды	менее 0,1	н/д	н/д
Натрий, мг/кг	1,17	н/д	15604
Железо вал., мг/кг	менее 10 (3,9)	н/д	10,4
Алюминий вал., мг/кг	165	н/д	678
рН солевой	2,8	н/д	10,5

Результаты исследования. Результаты, полученные в ходе изучения влияния калийных удобрений на минеральном фоне на урожайность листового салата в мелкоделяночном опыте, представлены в таблице 3.

Таблица 3- Влияние калийных удобрений на урожайность листового салата (естественная влажность)

№	Варианты опыта	Товарная урожайность, кг/м ²	Прибавка к фону		Соотношение [Н:К]*
			кг/м ²	%	
1	Ф	0,49	-	-	1:0,12
2	Ф+ K_2SO_4	0,74	0,25	51,0	1:0,15
3	Ф+ Сырье	0,79	0,30	51,0	1:0,13
4	Ф+ Премиум	1,00	0,51	104,1	1:0,13
НСР ₀₅			0,09	-	

[Н:К]* - соотношение надземной массы к корням

По результатам опыта применение калийных удобрений на фоне азофоски способствовало достоверному повышению урожайности товарной продукции листового салата на всех вариантах. Так, полученные прибавки на

испытываемых вариантах изменялись от 51% до 104% относительно фона. Действие сульфата калия на урожайность салата было на одном уровне с нефелиновым сырьем и позволило получить листьев салата 0,74кг/м² и 0,78кг/м² соответственно. Новое удобрение на основе нефелинового сырья – Премиум показал большую эффективность при внесении в основное внесение, чем сульфат калия и нефелиновое сырье. Полученная прибавка существенно выше прибавки товарной продукции салата (на 55%), чем при использовании других испытываемых форм калийных удобрений.

Анализ данных по соотношению листы к корням салата не показал, существенной разницы между вариантами в структуре урожая.

Изменение показателей качества листового салата под влиянием калийных удобрений представлено в таблице 4. Оценивая содержание нитратов можно отметить, что применение калийных удобрений способствовало существенному снижению данного показателя в 4-6 раза. Полученное снижение аккумуляции нитратов под воздействием калийных удобрений в урожае овощных культур согласуются с результатами (Prugan J., Prugarova A., 1985).

Максимальное снижение (на 1990-2000 мг/кг по сравнению с фоном) отмечалось на вариантах с использованием нового удобрения и нефелинового сырья. В целом следует отметить, что продукция при использовании калийных удобрений соответствовала санитарным нормам и не превышает предельно допустимые концентрации нитратов (2000 мг/кг) для листовых овощей открытого грунта, в то время как на контроле полученная продукция не отвечала требованиям СанПиНа (СанПин 2.3.2.1078-01).

Вся полученная продукция листового салата отвечала требованиям по качественным показателям. Существенных различий по содержанию, витамина С и сухого вещества по вариантам опыта не установлено.

Таблица 4 - Влияние калийных удобрений на качество салата

№	Варианты опыта	Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг%	Сахар, %	Сухое вещество, %
1	Ф	2372	15,8	2,71	7,68
2	Ф+ K ₂ SO ₄	705	15,8	3,16	7,80
3	Ф+ Сырье	382	14,2	3,06	7,40
4	Ф+ Премиум	370	16,2	3,06	7,63
	НСР ₀₅	70,4	1,7	0,29	0,77
	ПДК*	2000	-		-
	Литературные данные**	-	10-40	1,2-2,0	4,7-7,6

* - СанПиН 2.3.2.1078-01; ** - Пивоваров В.Ф., 1995

В то время, как содержание сахара в листьях салата на вариантах с использованием калийных удобрений было достоверно выше, чем на варианте с фоном.

Выводы.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют:

- применение калийных удобрений на фоне азотоски способствовало увеличению урожайности листового салата (на 52-104%) относительно фона

N₆₀P₆₀K₆₀. Применение удобрения Премиум максимально увеличивало урожайность листового салата.

- товарный вид и качество листового салата на испытываемых вариантах соответствовали требованиям, при этом использование калийных удобрений способствовало достоверному снижению нитратов и увеличению содержания сахара в продукции на 12,9-16,6%, по сравнению с фоном.

Литература

1. Белоусова Е.Г. Роль и значение калия в системе удобрения полевых культур // Вестник Нижегородской ГСХА. 2021. 2(30). С. 33-38.
2. Короленко И.Д., Селезенкова Н.В. Влияние синтетических цитокининовых препаратов на урожайность и качество салата // Вестник Нижегородской ГСХА. 2018. 2(18). С.16-20.
3. Пивоваров В.Ф., Кононков П.Ф., Никульшин В.П. Овощи – новинки на вашем столе. М.: «Союз», 1995. 226с.
4. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» - «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01» Минздрав России, Москва, 2002.
5. Шафран С.А. Научные основы и современные методы определения доз применения минеральных удобрений // ВНИИА, 2022. С. 236.
6. Шафран С.А., Ильющенко И.В. Содержание K₂O в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием и применения калийных удобрений // Плодородие. 2023. №3. С. 10-13.
7. Шеуджен А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: уч. пособие 2-е изд. перераб. и доп. Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. 664 с.
8. Якименко В.Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2019. № 10. С. 16-24.

УДК 631.81.095.337:631.811:631.816.2: 631.816.3

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Муралев С.Г.^{1,2}, к. с.-х. н., доцент

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский ГАУ»,

²ООО «Волски Биохим», muraljov@yandex.ru

Аннотация. Учитывая многолетний опыт применения жидких комплексных удобрений с микроэлементами, на базе российской научно-производственной компании «Волски Биохим» разработана концепция их эффективного применения при предпосевной обработке семян и листовых подкормках, которая обеспечивает растения микроэлементами в ключевые фазы развития, стимулирует повышение качества сельскохозяйственной продукции и урожайности.

Ключевые слова: комплексные удобрения, микроудобрения, микроэлементы, листовые подкормки

В настоящее время установлена роль меди, цинка, бора, марганца, кобальта и молибдена как элементов минерального питания, которые относят к микроэлементам. Дефицит любого из них в какую-либо фазу развития растений вызывает визуальные или скрытые нарушения в росте и развитии, что сказывается на их продуктивности. Хорошая обеспеченность микроэлементами позволяет усилить биохимические процессы в растениях, повысить эффективность использования макроудобрений, улучшить рост, повысить устойчивость к неблагоприятным факторам и увеличить урожайность (Власюк П.А., 1969). Кроме того, сельскохозяйственные культуры положительно отзываются на внесение ряда элементов питания (натрий, хлор, ванадий, хром, литий и др.), не являющихся обязательными в питании растений (Шеуджен А.Х., 2020). Перечисленные выше элементы широко используются в составах многочисленных микроудобрений.

Внесение микроудобрений непосредственно в почву считается нецелесообразным (Лапа В.В., Рак М.В., 2017). Наиболее эффективными методами применения микроэлементов являются предпосевная обработка семян и внекорневое опрыскивание растений (Анспок П.И., 1990). Актуальность и широкое распространение листовых подкормок обусловлены возможностью доставки питания растению сразу, минуя почвенную среду, что значительно ускоряет процесс включения питательных веществ во все физиологические процессы (Титова В.И., 2021).

Современные составы микроудобрений имеют достаточно сложную формуляцию. С целью повышения степени использования микроэлементов используются их хелатные формы и функциональные добавки, усиливающие действие. Тем не менее, при практическом использовании микроудобрений в условиях сельскохозяйственного производства возникает ряд проблем:

- недостаточность сведений о содержании доступных форм микроэлементов в почве;
- сложность интерпретации данных о содержании доступных форм микроэлементов в привязке к сельскохозяйственной культуре;
- сложность процессов взаимодействия микроэлементов в почве с вносимыми удобрениями и мелиорантами.
- изменение потребности в микроэлементах в зависимости от фаз развития растений, погодных условий, стрессовых факторов.
- сложность диагностики обеспеченности микроэлементами в течение вегетации.

На основе многолетнего опыта научно-производственной компанией «Волски Биохим» разработана и внедрена концепция применения микроудобрений, которая заключается в следующих принципах:

- 1) обеспечение растений широким спектром микроэлементов в ключевые фазы развития в привязке к обработкам средствами защиты растений;
- 2) выявление ключевых макро- и микроэлементов (как правило, одного или двух, для высокоинтенсивных культур – до пяти), применение которых в определённые фазы развития растений в конкретных почвенно-

климатических условиях обеспечивает наибольший эффект. Это может выражаться в прибавке урожайности и/или достижении целевых показателей качества продукции. Стандартные комплексные удобрения с широким спектром микроэлементов не всегда способны в полной мере удовлетворить специфические потребности культур в этих условиях.

Реализация данной концепции осуществляется на основе линейки из 19 марок жидких микроудобрений, разработанных и производимых компанией «Волски Биохим». Эти препараты обеспечивают поступление необходимых микроэлементов в критические фазы развития растений, способствуя повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Для различных сельскохозяйственных культур и производственных условий разрабатываются специализированные технологические схемы – программы питания, которые включаются в систему удобрений хозяйства. Базовыми составляющими в данных программах являются жидкие комплексные удобрения Экомак и Микромак – для предпосевной обработки семян, а также Микроэл – для листовых подкормок. Указанные препараты обеспечивают растения широким спектром микроэлементов (от 7 до 12) в ключевые этапы вегетации сельскохозяйственных культур.

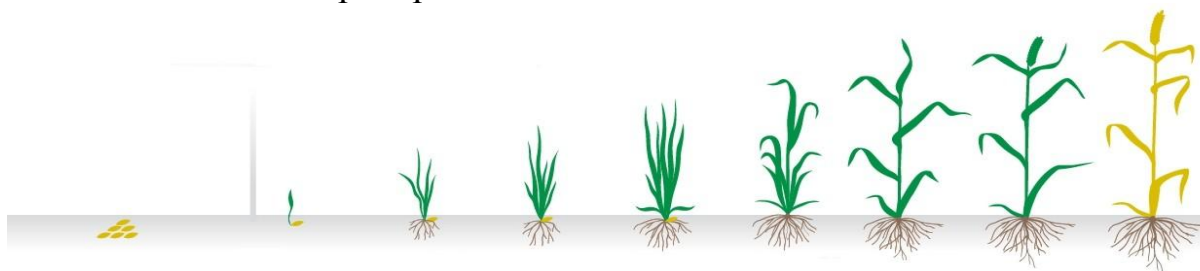
В случае выявления дефицита или повышенной потребности в азоте, фосфоре или калии предлагаются листовые подкормки удобрениями серии Страда – Страда N, Страда P и Страда K, которые отличаются высоким содержанием азота, фосфора и калия соответственно (27% мас. N в Страде N, 20% мас. P_2O_5 в Страде P и 12% K_2O в Страде K). Данные марки удобрений содержат также магний, серу и 8 микроэлементов в форме хелата ЭДТА, что обеспечивает растения комплексным питанием микроэлементами.

Удобрения Микромак и Микроэл – одни из первых, широко применяемые в нашей стране комплексные микроудобрения, которые испытаны в полевых условиях на различных сельскохозяйственных культурах: яровой пшенице (Платонычева Ю.Н, Полякова Н.В., Володина Е.Н., 2009; Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф., 2015), озимой пшенице (Скрипин В.А., Бахметьева А.Н., Машошин С.В., 2012; Долбилин А.В., Лянденбургская А.В., 2016; Муралев С.Г., Титова В.И., Володина Е.Н., 2024), озимой ржи (Шайкова, Т.В., Дятлова М.В., Волкова Е.С., 2022), ячмене (Митрофанов С.В., 2017; Перекрестов Н. В., Алиханов К. Э., 2021), картофеле (Бахметьева А.Н., 2013; Кузьмин Н.А., Сандин В.Г., Кузьмина И.А., 2017), сое и горохе (Корягин Ю.В., 2011; Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г., 2024), рисе (Шарифуллин Р.С., Парашенко В.Н., Редькина Н.В.), подсолнечнике (Лухменев В.П., 2015), кукурузе (Игнатова Г.А., 2019).

В тех случаях, когда на основе агрохимического анализа и производственного опыта выявляются приоритетные микроэлементы, внесение которых в строго определённые фазы развития растений обеспечивает наибольший эффект (в виде прироста урожайности или достижения целевых показателей качества продукции), рекомендуется применение специализированных удобрений серий Волски Моноформы и Волски Диформы. Серия Волски Моноформы включает пять марок удобрений с повышенным

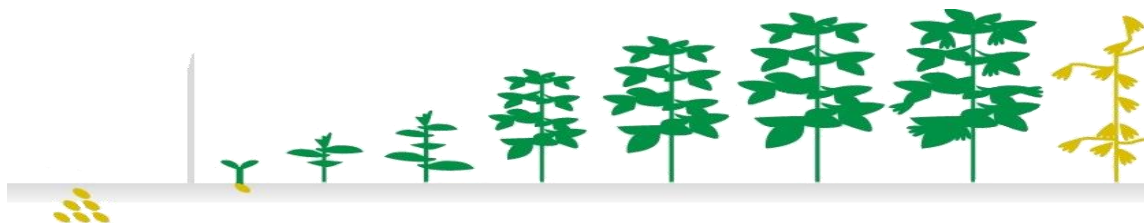
содержанием одного из ключевых элементов: цинка, меди, железа, бора или серы. Серия Волски Диформы представлена восемью марками, каждая из которых содержит по два элемента питания в высоких, физиологически активных концентрациях. В состав входят сочетания: бор + молибден, марганец + бор, марганец + цинк, магний + цинк, магний + марганец, кремний + калий, кальций + азот, кобальт + селен.

На рис. 1-3 приведены примеры программ питания яровой пшеницы, гороха и кукурузы, разработанные в соответствии с изложенной концепцией. Во избежание путаницы с системами применения удобрений (СПУ), в рамках которых акцент делается на внесение основных элементов питания – азота, фосфора и калия – в почву, схемы использования жидких комплексных удобрений с микроэлементами обозначаются как программы питания. При этом программы питания рассматриваются как составная часть общей системы применения удобрений, адаптированной под конкретные условия сельскохозяйственного предприятия.



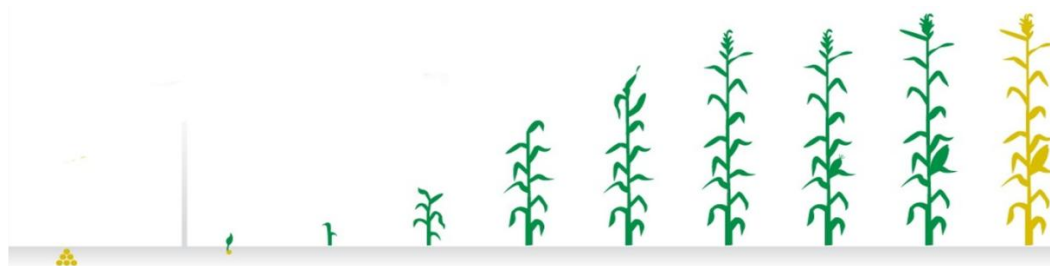
	посев	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	цветение	восковая спелость
Микромак	2 л/т						
Страда N			3 л/га				
Микроэл					0,4 л/га		

Рис. 1. Программа питания яровой пшеницы



	посев	всходы	3-4 листа	стеблевание	бутонизация	цветение	образование лопатки	созревание бобов
Микромак	2 л/т							
Микроэл			0,4 л/га		0,4 л/га			
Волски Моно-Бор					0,5 л/га			

Рис. 2. Программа питания гороха



	посев	всходы	3-5 лист	выход в трубку	вымётывание метёлки	цветение метёлки	молочная спелость	восковая спелость
Волски Моно-Цинк			0,5 л/га					
Микроэл			0,4 л/га		0,4 л/га			

Рис. 3. Программа питания кукурузы

Программы питания зерновых и зернобобовых культур (рис. 1-2) предусматривают предпосевную обработку семян микроудобрением Микромак. На таких культурах, как кукуруза, подсолнечник, рапс и сахарная свёкла, данную обработку в сельскохозяйственных предприятиях, как правило, не проводят, поскольку семена поступают уже обработанными фунгицидами на семенных заводах. Применение микроудобрения Микромак оказывает существенный ростостимулирующий эффект на прорастающие семена (Титова В.И., Муралев С.Г., 2024). В результате формируются растения с хорошо развитой корневой системой, мощным листовым аппаратом. За счёт повышения полевой всхожести и коэффициента кущения на зерновых культурах появляется возможность уменьшения нормы высева семян (Муралев С.Г., Титова В.И., Володина Е.Н., 2024).

На начальных этапах вегетации проводится первая листовая подкормка микроудобрением Микроэл или Страда N. Как правило, она осуществляется одновременно с применением гербицидов в одной баковой смеси. Отмечено, что наличие микроэлементов в рабочем растворе снижает фитотоксичность гербицидов: культурные растения быстрее восстанавливают рост, реже проявляются признаки хлороза. Кроме того, в этот период у многих культур начинается формирование репродуктивных органов. Например, у зерновых во время кущения в конусе нарастания закладываются зачатки колоса. Поэтому обеспечение растений элементами питания на этом этапе способствует повышению их продуктивного потенциала.

Одной из наиболее ответственных фаз в развитии растений является бутонизация. В этот период особенно важно обеспечить культуру достаточным питанием. Наряду с применением комплексных микроудобрений, высокую эффективность на данном этапе демонстрируют борсодержащие препараты. Листовая подкормка удобрением Волски Моно-Бор позволяет обеспечить растения легкоусвояемым бором, что способствует улучшению процессов опыления и оплодотворения в цветках, а также повышению семенной продуктивности таких культур, как подсолнечник, рапс и другие. Замечено, что

эффективность данной подкормки сохраняется даже на почвах с высоким содержанием подвижного бора.

Необходимость повторного применения комплексных микроудобрений обусловлена слабой способностью растений к реутилизации микроэлементов. В то же время кратность их применения ограничивается экономическими факторами, поскольку с увеличением числа обработок проявляется закон убывающей предельной эффективности. На практике, для большинства скороспелых культур (зерновые, зернобобовые) рекомендуются 2-3 листовых подкормки в течение вегетации, в то время как для высокоинтенсивных культур (сады) количество листовых подкормок может достигать 18-20 за сезон.

Выводы. Применение микроудобрений является важным дополнением к основному внесению макроэлементов в почву и представляет собой эффективный агротехнический приём, способствующий повышению урожайности и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Широкий ассортимент жидких микроудобрений позволяет точно обеспечивать потребности растений в микроэлементах на различных этапах онтогенеза. На основе многолетнего опыта российской научно-производственной компании «Волски Биохим» разработана и успешно внедрена концепция применения микроудобрений, включающая предпосевную обработку семян и листовые подкормки. Такой подход позволяет целенаправленно воздействовать на растения в критические фазы развития, обеспечивая тем самым стабильное повышение урожайности и качества продукции.

Литература

1. Анспок П.И. Микроудобрения : справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград (Ленинградское отд-ние) : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
2. Бахметьева А.Н. Влияние препаратов МИКРОМАК, микроэл на урожайность картофеля // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – Т. 3. – С. 260-264.
3. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Ин-т физиологии растений. – Киев : Наукова думка, 1969. – 516 с.
4. Долбилин А.В., Лянденбургская А.В. Влияние препаратов Микромак и Микроэл на ростовые процессы и физиологические показатели озимой пшеницы // Нива Поволжья. – 2016. – № 1(38). – С. 9-15.
5. Игнатова Г.А. Жидкие комплексные удобрения под кукурузу // Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Орел, 11–14 ноября 2019 года. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук, 2019. – С. 65-66.
6. Корягин Ю.В. Влияние удобрений "Микромак" и "Микроэл" на урожайность зерна сои в условиях Пензенской области // Образование, наука, практика: инновационный аспект : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию ФГБОУ ВПО "Пензенская ГСХА", Пенза, 27–28 октября 2011 года. Том 1. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – С. 25-27.
7. Кузьмин Н.А., Сандин В.Г., Кузьмина И.А. Влияние комплексных микроудобрений и способов их использования на качество урожая картофеля //

- Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 1(33). – С. 22-29.
8. Лапа В.В., Рак М.В. Состояние плодородия почв и применение удобрений в республике Беларусь / Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения : материалы XI Международного симпозиума НП «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов», Ялта, 01–09 июня 2017 года. – Ялта: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2017. – С. 65-73.
 9. Лухменев В.П. Влияние удобрений, фунгицидов и регуляторов роста на продуктивность подсолнечника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1(51). – С. 41-46.
 10. Митрофанов С.В. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами на урожайность ячменя ярового // Инновации в АПК: стимулы и барьеры : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Рязань, 21 июня 2017 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Научный консультант", 2017. – С. 209-216.
 11. Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на структуру урожая и урожайность зернобобовых культур // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – № 5(401). – С. 553-556. – DOI 10.55186/25876740_2024_67_5_553.
 12. Муралев С.Г., Титова В.И., Володина Е.Н. Эффективность микроудобрения Микромак на озимой пшенице при снижении нормы высева // Плодородие. – 2024. – № 3(138). – С. 56-60. – DOI 10.24412/1994-8603-2024-3138-56-60.
 13. Перекрестов Н.В., Алиханов К.Э. Технология возделывания ячменя // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Солёное Займище, 10–12 августа 2021 года / Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. – Солёное Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2021. – С. 363-365.
 14. Платонычева Ю.Н., Полякова Н.В., Володина Е.Н. Значение удобрений в повышении урожайности зерновых культур и оптимизации плодородия серых лесных почв // Агрохимический вестник. – 2009. – № 2. – С. 24-26.
 15. Скрипин В.А., Бахметьева А.Н., Машошин С.В. Эффективность применения комплексных микроэлементных удобрений "Страда N", "Микроэл" и "Микромак" при возделывании озимой пшеницы в условиях Курской области // Научное обеспечение агропромышленного производства : материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 25–27 января 2012 года. Том Часть 1. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2012. – С. 180-182.
 16. Титова В.И. Агрохимия – 2021: Учебное пособие / Нижегородская ГСХА. – Н. Новгород, 2021. – 208 с.
 17. Титова В.И., Муралев С.Г. Ростостимулирующий эффект совместного применения жидкого комплексного удобрения Микромак с фунгицидом Винцит при обработке семян пшеницы и ячменя // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 22-27.
 18. Шайкова, Т.В., Дятлова М.В., Волкова Е.С. Влияние новых комплексных удобрений и способов их внесения на продуктивность кормовой озимой ржи в Псковской области // Плодородие. – 2022. – № 2(125). – С. 12-16. – DOI 10.25680/S19948603.2022.125.03.

19. Шарифуллин Р.С., Паращенко В.Н., Редькина Н.В. Эффективность комплексных удобрений "Микромак" и "Микроэл" при возделывании риса // Рисоводство. – 2009. – № 14. – С. 64-68.
20. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Лебедовский И.А., Осипов М.А. Агрохимия биогенных элементов: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 223 с.
21. Ярошенко Т.М., Журавлев Д.Ю., Климова Н.Ф. Результаты применения микроэлементных препаратов на яровой пшенице // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 3-2. – С. 74-77.

УДК 631.84:631.862.1:633.14

ДЕЙСТВИЕ АЗОТА МИНЕРАЛЬНОЙ ИЛИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НА ПОЧВУ И РАСТЕНИЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ИХ РОСТА

Пестрякова Н.А., аспирант, Эргашева О.

Нижегородский ГАУ им. Л.Я. Флорентьева, titovanata1992@mail.ru;

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека

***Аннотация.** В статье приведены результаты оценки влияния азота, внесенного в почву в минеральной (аммиачная селитра) или органической (навоз крупного рогатого скота) форме, на отдельные показатели роста и развития озимой ржи в начале ее вегетации, а также на основные агрохимические показатели светло-серой лесной почвы – содержание органического вещества, подвижных соединений фосфора и калия, pH солевой вытяжки.*

***Ключевые слова:** азот, озимая рожь, фитотоксичность, почва.*

Организация системы питания растений при их выращивании с целью получения органической продукции – вопрос весьма неоднозначный, и ответов на него может быть много. Например, один из вопросов: достаточен ли запас элементов питания в почве для формирования урожая, требуется ли восполнение этого запаса и за счет чего? Второй возможный вопрос касается доказательств того, что экологическая опасность минеральных удобрений значительно превышает опасность использования органических удобрений.

При этом специалисты-агрохимики хорошо понимают, что даже если использовать в качестве азотсодержащего удобрения навоз крупного рогатого скота (где основная масса азота содержится в амидной форме), то в корень растения проникает прежде всего и в наибольшей степени не органическая его форма (NH_2), а все-таки минеральная (анион NO_3 или катион NH_4).

Более того, доказан эндогенный процесс образования NO_3 в растениях, даже без предварительного внесения азотных удобрений (Верниченко, 2016). Тем более, что для перехода органической формы азота в минеральную нужно время, в связи с чем возникает опасность, что в период минерализации органического вещества питание растений из внесенного удобрения будет затруднено, и единственным источником элементов питания для растений в таком случае может быть только почва (Титова В.И., Ширяев В.Д., Федотова

Я.М., 2018). Почвенное же плодородие в значительной степени зависит от внесения удобрений (Ларионов, 2015; Мерзлая, Афанасьев, 2019).

Сравнительная оценка действия равных доз азота, внесенного под культуру в органической или минеральной форме, была сделана в опыте, результаты которого приведены ниже. В 2024 году в научной лаборатории кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородского ГАТУ поставлен опыт по выгонке зеленой массы растений (метод проростков Нейбауэра – Шнейдера), в течение 32-35 дней, в контролируемых свето-температурных условиях и при оптимальном влажностном режиме. Для этого использовали сосуды с массой почвы 700 г., повторность опыта 3-х кратная, схема опыта приведена ниже. Опытная культура – озимая рожь, посев нормой 30 семян/сосуд.

Почва светло-серая лесная легкосуглинистая, с содержанием гумуса 1,54%, подвижных соединений фосфора и калия (метод Кирсанова) – 115 мг/кг и 96 мг/кг соответственно, pH_{kcl} 6,03.

Доза внесения азота 0,1 г на 1 кг почвы в форме аммиачной селитры (N_{aa}) или навоза КРС подстилочного полуперепревшего (содержание азота, фосфора и калия в навозе 0,42%, 0,26 и 0,44% соответственно, в расчете на естественную влажность). Удобрения внесены во всю массу почвы при набивке сосудов. Влияние азота на рост и развитие озимой ржи оценивали в сравнении с абсолютным контролем (без удобрений) или в сравнении с фоном (внесение фосфорных и калийных удобрений). Доза фосфора – 0,05 г/кг, калия – 0,03 г/кг, формы удобрений – суперфосфат двойной гранулированный (Рсд) и хлористый калий (Кх). Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием метода дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову и программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты учета контролируемых показателей после уборки опыта приведены в таблицах 1 и 2.

Результаты показали, что общее количество взошедших растений на светло-серой лесной почве было в целом невысоко, но масса одного растения достаточно высока.

Установлено, что при выращивании растений без фонового РК-удобрения, минеральный азот обеспечивает достоверную прибавку массы одного растения, а азот в органической форме (навоз КРС) показал даже тенденцию снижения массы растения. Такой результат достаточно логичен: ведь азот, внесенный в почву в форме навоза, не сразу стал доступен растениям, на минерализацию органического вещества навоза и переход NH_2 в форму NH_4^+ или NO_3^- ушло какое-то время. Даже в условиях лаборатории при оптимальной температуре и влажности на это уйдет 5-10 дней, а срок выгонки растений ограничивается максимально 40 днями. Вполне возможно, что в условиях выращивания в течение вегетационного периода эта разница сгладится, а органическая форма азота действительно станет более эффективной, но в момент нарастания вегетативной массы, в первые 20-30 дней, минеральный азот растению необходим.

Таблица 1 Сравнительная эффективность влияния азота в минеральной и органической форме на формирование надземной фитомассы озимой ржи, 2024 г.

Варианты опыта	Число растений в сосуде, шт.	Масса растений, г/сосуд	Масса 1-го растения, мг		
			среднее	+, - к вариантам	
				контролю	фону
1. Контроль	23	1,61	70	-	-
2. N _{мин}	26	2,52	97	27	-
3. N _{орг}	32	1,69	53	-17	-
4. РК - фон	26	2,14	84	14	-
5. РК + N _{мин}	19	1,71	90	20	6
6. РК + N _{орг}	22	2,09	95	25	11
HCP ₀₅			20		

Внесение РК-удобрений привело к некоторому повышению массы одного растения, но математически оно недостоверно. Добавление к фоновому удобрению азота в органической форме (вар. 6) привело к тенденции повышения массы растения, равно как и добавление к фосфорно-калийному удобрению азота в минеральной форме (вар. 5). Разницы в урожайности между этими вариантами (вариант 5 и 6) нет.

По окончании опыта и уборки урожая растений в почве были определены основные агрохимические показатели, а именно содержание подвижных форм фосфора и калия, легкогидролизующий азот и обменная кислотность (табл. 2).

Таблица 2 Влияние азота в минеральной и органической форме на агрохимическую характеристику почвы

Варианты опыта	pH _{кcl}	N _{легкогидр.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг		
Начало опыта	6,03	45	115	96
1. Контроль	5,97	39	101	79
2. N _{мин}	5,45	48	95	75
3. N _{орг}	5,98	46	110	84
4. РК - фон	6,01	32	127	113
5. РК + N _{мин}	5,68	49	133	104
6. РК + N _{орг}	5,82	47	130	121

По содержанию легкогидролизующего азота можно судить о нитрифицирующей способности почвы – процесс, связанный с накоплением нитратного азота в почве, от его интенсивности зависит азотный режим почвы. При этом известно, что повышению содержания минерального, легко- и трудногидролизующего азота способствует внесение минеральных и органических удобрений.

В светло-серой лесной почве изначально обеспеченность легкогидролизующим азотом была средней (45 мг/кг почвы), внесение минеральных и органических удобрений способствовало повышению данного показателя, но за пределы среднего он так и не повысился. Это говорит о том, что светло-серая лесная почва обладает слабой нитрифицирующей способностью.

На начало опыта обеспеченность подвижными соединениями фосфора в почве средняя (96 мг/кг), а внесение суперфосфата двойного увеличило обеспеченность подвижными соединениями фосфора в вариантах 4, 5, 6. Обеспеченность почвы подвижными соединениями калия также средняя, а внесение хлористого калия её несколько повысило. По завершению опыта кислотность в светло-серой лесной почве на большинстве вариантов снизилась до близкой к нейтральной.

В целом, на начальном этапе вегетации растений ржи доказательное положительное влияние на прирост надземной вегетативной массы оказал только азот, внесенный в минеральной форме в составе аммиачной селитры. Азот, заключенный в составе навоза, прибавку массы одного растения не обеспечил. При этом внесение навоза в почву по фону фосфорно-калийного удобрения привело к некоторому повышению содержания в почве подвижных соединений калия.

Литература

1. Верниченко И.В. Ассимиляция растениями аммонийного и нитратного азота и эндогенное образование нитратов (исследования с 15 N). М.: РГАУ–МСХА, 2016. – 248 с.
2. Ларионов Ю.С. Закон плодородия почв - основа новой парадигмы сельскохозяйственного производства / Вестник СГУГиТ. 2015. №4. – С. 120-131
3. Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Эффекты последействия минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой почве / Плодородие. 2019. №1 (106). – С. 15-17.
4. Титова В.И., Ширяев В.Д., Федотова Я.М. Влияние азота минеральных и органических удобрений на развитие озимой ржи в начальный период роста / Плодородие. 2019. № 4. – С. 15-18.

УДК 630.631.632

ОЦЕНКА ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Петроченко Ю.С., магистрант, Курьянова И.В., канд. с.-х. н., доцент
ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева
juliasemchikova@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты оценки посевных качеств озимой пшеницы, выращенной на серых лесных почвах Богородского округа Нижегородской области. Исследованы такие показатели, как чистота, масса 1000 семян, лабораторная всхожесть и посевная годность. Установлено, что ни один из сортов не соответствует нормативу по чистоте семян. Наилучшие показатели по всхожести и экономической эффективности выявлены у сорта Московская 56. Сорт Немчиновская 17 продемонстрировал наихудшие значения. Сделаны выводы о необходимости доработки семенного материала.

Ключевые слова: чистота семян, масса 1000 семян, лабораторная всхожесть семян, посевная годность семян, ГОСТ.

Введение. Производство зерновых – базовая отрасль сельского хозяйства и в значительной степени экономики в целом. Основным компонентом в структуре зерновой группы является озимая пшеница. Эта культура хорошо использует осеннюю и весеннюю влагу, при посеве в оптимальные сроки у нее развивается мощная корневая система, глубоко проникающая в почву, благодаря чему она хорошо усваивает питательные вещества из почвы, меньше страдает от засухи. Велика ее роль и в качестве предшественника для кукурузы, подсолнечника, зернобобовых и других культур. Пшеница дает почти 30% зерна для снабжения продовольствием более половины населения земного шара. В зерновом балансе Российской Федерации на долю озимой пшеницы приходится 22-28% всего валового сбора зерна. На фоне других продовольственных культур она выделяется богатой традицией хозяйственного использования. Около 75% мировой пшеницы напрямую используется в пищу, 15% потребляется в виде корма для животных и 10% – в виде семян и на нужды промышленности[2,3]. В течение последних 30 лет мировое потребление пшеницы удвоилось и достигло почти 600 млн. т в год. Для того, чтобы благополучно выращивать озимую пшеницу, необходимо знать ее особенности, соблюдать основные правила по посеву и уходу, придерживаться сроков посева, а также использовать семена высокого качества. Такие семена снижают затраты на использование удобрений, обеспечивают растениям должностной рост, повышают устойчивость к вредителям, болезням, сорнякам. От качества семян в значительной степени зависит урожайность, поэтому изучение посевных качеств зерновых культур является актуальной задачей для сельского хозяйства[1,4,5].

Цель работы - оценка посевных качеств семян озимой пшеницы, выращенной в условиях серых лесных почв Богородского муниципального округа Нижегородской области на соответствие стандартам.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие научно-исследовательские задачи:

1. Определить чистоту семян озимой пшеницы.
2. Определить массу 1000 семян озимой пшеницы.
3. Определить лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы.
4. Рассчитать посевную годность семян озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования. Объект исследования-семена озимой пшеницы 6 сортов: Московская 40, Немчиновская 57, Московская 56, Московская 39, Московская 82, Немчиновская 17.

Предмет исследования –чистота, лабораторная всхожесть, масса 1000 семян. Опыты по изучению посевных качеств семян озимой пшеницы были произведены на кафедре «Земледелие и растениеводство» ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева в 2024 году. Методы – определение влажности, чистоты, лабораторной всхожести, энергии прорастания, массы 1000 семян. Вся работа проводилась по гостам, перечисленным ниже.

- ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян.

- ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести
- ГОСТ 12041-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности.
- ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
- ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия.

Таблица 1. Условия проращивания семян озимой пшеницы

Культура	Условия проращивания				Срок определения, сутки
	Ложе	Температура, °С		Освещенность	всхожесть
		постоянная	переменная		
озимая пшеница	НБ	20	-	Темнота	7

Результаты исследования. В таблице 2 представлены среднеарифметические экспериментальные данные по чистоте и отходу семян озимой пшеницы.

Таблица 2. Чистота и отход семян озимой пшеницы урожая 2023 года, %

Сорт (вариант)	Среднее арифметическое, %	
	чистоты	отхода
Московская 40	92,90	7,10
Немчиновская 57	92,28	7,72
Московская 56	96,60	3,40
Московская 39	94,10	5,90
Московская 82	97,41	2,59
Немчиновская 17	82,00	18,00

Согласно ГОСТ Р 52325-2005, минимально допустимая чистота семян составляет 98%. Все исследуемые сорта были ниже данного показателя, что указывает на необходимость доработки технологического процесса очистки семян. Наибольшую чистоту показал сорт Московская 82 - 97,41%, что близко к нормативу. Московская 56 — 96,60%, также показывает высокий уровень. Наименьшая чистота у сорта Немчиновская 17 - 82,00%, с наибольшим отходом - 18%, что значительно ниже нормативных требований и свидетельствует о низком качестве послеуборочной обработки.

В таблице 3 представлены экспериментальные данные по массе 1000 семян озимой пшеницы в опыте.

Показатель массы 1000 семян является важной характеристикой, определяющей потенциал урожайности и жизнеспособность семян.

Масса 1000 семян озимой пшеницы варьировала от наименьшего значения в 34,93 г у сорта Московская 39 до самого высокого показателя в 60,24 г у сорта Московская 82, что превышает значения, указанные оригинатором (55–65 г).

Таблица 3. Масса 1000 семян озимой пшеницы урожая 2023 года ,г

Сорт (вариант)	Масса 1000 семян	Данные оригинатора, г
Московская 40	48,90	37-49
Немчиновская 57	44,40	37-48
Московская 56	41,32	40-49
Московская 39	34,93	34-42
Московская 82	60,24	55-65
Немчиновская 17	40,50	38-49

Все сорта находятся в пределах, соответствующих данным оригинатора, что подтверждает сортовую идентичность и качество семенного материала.

Показатели всхожести и посевной годности определяют пригодность семян к посеву и потенциальную густоту стояния всходов, в таблице 4 представлены экспериментальные данные по определению данных показателей.

Таблица 4. Лабораторная всхожесть и посевная годность семян озимой пшеницы урожая 2023 года, %

Сорт (вариант)	Лабораторная всхожесть семян	Посевная годность
Московская 40	96,00	89,18
Немчиновская 57	98,75	91,12
Московская 56	98,25	94,90
Московская 39	97,00	91,27
Московская 82	95,25	92,78
Немчиновская 17	87,25	71,50

Согласно ГОСТ Р 52325-2005, минимальные значения всхожести для различных категорий семян мягкой озимой пшеницы составляют:

Оригинальные (ОС), элитные (ЭС), репродукционные для семенных целей (РС) – 92%; репродукционные для производства товарной продукции (РСт) – 87%.

Установлено, что пять исследуемых сортов соответствуют и превышают нормативный показатель, а именно максимальная всхожесть у сорта Немчиновская 57 — 98,75%, и Московской 56 — 98,25%. Минимальная всхожесть у Немчиновской 17 — 87,25%, что также влияет на низкую посевную годность — 71,5%, самую низкую среди сортов.

Посевная годность не регламентируется стандартами, но чем выше этот показатель, тем лучше будут обеспечиваться оптимальные условия посева и получение высокого урожая. Наибольшая посевная годность получена у сорта Московская 56 — 94,90%, остальные сорта находились на уровне от 89,18 до 92,78 %. Наименьшая посевная годность у сорта Немчиновская 17.

Далее рассчитана экономическая эффективность производства семян озимой пшеницы в Нижегородской области (табл.5)

Наибольшая урожайность получена у озимой пшеницы сорта Московская 82 – 6,5 т/га, наименьшая урожайность у сорта Московская 39-5,7 т/га.

Наибольшая выручка от реализации зерна озимой пшеницы получена у сорта Московская 82 – 123,5 тыс. руб., наименьшая у сорта Немчиновская 17–

91,2 тыс. руб.

Таблица 5. Экономическая эффективность производства семян озимой пшеницы в Нижегородской области

Сорт	Урожайность товарной продукции, т/га	Выручка от реализации продукции с 1 га тыс. руб.	Материально-денежные затраты на 1 га, тыс. руб.	Прибыль на 1 га, тыс. руб.	Уровень рентабельности, %
Московская 39	6,0	102,0	40	62	24,8
Немчиновская 57	5,8	110,2	38	72,2	27,5
Московская 56	6,3	119,7	36	83,7	30,2
Московская 40	5,9	94,4	38	56,4	21,4
Московская 82	6,5	123,5	40	83,5	33,4
Немчиновская 17	5,7	91,2	36	55,2	19,9

Наибольший уровень рентабельности производства семян озимой пшеницы в Нижегородской области был получен у сортов Московская 82 – 33,4%, Московская 56-30,2%. Средний уровень рентабельности был получен у пшеницы сортов Немчиновская 57 – 27,5%, Московская 39-24,8%. Наименьший уровень рентабельности был получен у пшеницы сорта Немчиновская 17– 19,9%,иу пшеницы сорта Московская 40-21,4%.

Экономические показатели включают урожайность, выручку, затраты, прибыль и уровень рентабельности.

Выводы. При проведении анализа на определение посевных качеств озимой пшеницы установлено, что:

1. Чистота семян озимой пшеницы после уборки варьировала от 97,41% у сорта Московская 82 до 82,00 % у сорта Немчиновская17. Отход семян варьировал от 18,% у сорта Немчиновская 17 до 2,59% у сорта Московская 82. Было выявлено, что семенам требуется дополнительная доработка, так как они не соответствуют требованиям ГОСТ.

2.Масса 1000 семян озимой пшеницы варьировала от 34,93 г у сорта Московская 39 до 60,24 г у сорта Московская 82. У всех сортов суммарные показатели массы семян соответствуют массе 1000 семян, заявленной оригинатором сорта. Определение массы 1000 семян необходимо для расчета нормы высева.

3.Всхожесть у озимой пшеницы урожая 2023года варьировала от 87,25% у семян озимой пшеницы сортов Немчиновская 17и Московская 82 , до 98,75% у семян сорта Немчиновская 57. По всхожести партия семян озимой пшеницы сортов Немчиновская 57, Московская 56, Московская 39 относятся к категории репродукционных семян (РС), т.к. всхожесть более 92% и после очистки может

быть пригодна для посева.

4. Расчеты посевной годности озимой пшеницы урожая 2023 года показали, что наибольшее содержание всхожих и чистых(без отходов) семян у пшеницы сорта Московская 56 – 94,90%. Наименьшее содержание всхожих и чистых(без отходов) семян у пшеницы сорта Немчиновская 17 – 71,50%.

5. Расчет экономической эффективности показал, что наибольший уровень рентабельности производства семян озимой пшеницы в Нижегородской области был получен у сортов Московская 82 – 33,4%, Московская 56-30,2%. Средний уровень рентабельности был получен у пшеницы сортов Немчиновская 57 – 27,5%, Московская 39-24,8%. Наименьший уровень рентабельности был получен у пшеницы сорта Немчиновская 17– 19,9%, и у пшеницы сорта Московская 40-21,4%.

Литература

1. Ашаева, О. В. Сортовая специфика формирования урожайности ярового ячменя / О. В. Ашаева, Е. С. Занозина // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. – 2024. – № 2(42). – С. 7-12. – EDN BFIZRZ.

2. Ашаева, О. В. Урожайность, качество зерна и посевные свойства семян сортов озимой пшеницы / О. В. Ашаева, К. Н. Камнева, К. А. Прошин // Актуальные вопросы аграрной науки : Сборник трудов по итогам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения кандидата с.-х. наук, профессора, декана агрономического факультета с 1983 г. по 1994 г. Осипова Александра Павловича, Нижний Новгород, 29 ноября 2022 года. – Нижний Новгород: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 148-151. – EDN ICUIWC.

3. Елизарова, Ю. А. Влияние условий выращивания на посевные качества семян зерновых культур в Нижегородской области / Ю. А. Елизарова, И. В. Курьянова // Молодежный агрофорум - 2021 : Материалы Международной научно-практической интернет-конференции молодых ученых, Нижний Новгород, 11–12 февраля 2021 года / под общ.ред. Н. Ю. Бармина. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2021. – С. 92-94. – EDN MPYQQX.

4. Курьянова, И. В. Сравнительная оценка посевных качеств семян ярового ячменя и овса в условиях ЗАО «Абабковское» Павловского района Нижегородской области / И. В. Курьянова, Ю. А. Елизарова // Социально-экономические аспекты развития сельских территорий: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической интернет-конференции, посвященной 60-летию экономического факультета, Нижний Новгород, 03 декабря 2020 года. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА, 2021. – С. 448-450. – EDN GVKXXP.

5. Лебедева, В. А. Оценка показателей качества семян масличных культур, выращенных в условиях Нижегородской области / В. А. Лебедева, И. В. Курьянова // Актуальные вопросы аграрной науки и практики : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора Мосина Василия Константиновича, Нижний Новгород, 23 октября 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева, 2025. – С. 65-68. – EDN QOJIES.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

Рыбин Р.Н., канд. с.-х. н., rybin@arriah.ru

*Федеральное ГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных»
(ФГБУ «ВНИИЗЖ»)*

Аннотация. Описаны положительные стороны использования в земледелии побочных продуктов животноводства, обращено внимание на возможность проявления негативных свойств их систематического внесения в почву в больших дозах, что может привести к её загрязнению по санитарно-гигиеническим, санитарно-паразитологическим и санитарно-бактериологическим показателям. Даны краткие рекомендации по методике отбора проб на оценку степени загрязнения почвы.

Ключевые слова: побочные продукты животноводства, степень загрязнения почвы.

Известно, что применение в сельском хозяйстве могут иметь вещества как минеральной, так и органической природы, но последние – более значимы по ряду причин. Так, при внесении в почву органические вещества служат ценнейшим энергетическим и питательным материалом для почвенной биоты и растений. Это, с одной стороны, дает возможность полной переработки отходов с помощью микрофлоры почвы (так называемый процесс самоочищения почв), а с другой – позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур за счет поступления в составе органического вещества дополнительного количества элементов питания, т.е. обеспечить агрономический эффект.

Это дает основания для использования в земледелии ряда побочных продуктов животноводства (ППЖ), образующихся при выращивании крупного рогатого скота, свиней, птиц и т.д. Эти материалы богаты органическим веществом и элементами питания растений, что доказывает целесообразность их использования в качестве удобрений в агроэкосистеме. При этом констатируется возвращение биогенных элементов в хозяйственный круговорот, ресурсосбережение за счет сокращения применения синтезированных минеральных удобрений, сокращение нагрузки на окружающую среду, возникающей при хранении отходов и т.д.

Неконтролируемая утилизация органосодержащих отходов содержания животных сопряжена с большим экологическим риском и может сопровождаться перенасыщением агроэкосистемы биогенными элементами, а в ряде случаев – тяжелыми металлами [1]. Бесконтрольное применение ППЖ на землях сельскохозяйственного назначения может привести к ухудшению почвенных свойств и получению продукции растениеводства, не соответствующей нормативам безопасности. В этой связи их использование в качестве удобрений должно предваряться исследованиями, доказывающими их питательную ценность и безопасность и сопровождаться разработкой безопасной технологии их утилизации.

Так, в составе побочных продуктов животноводства присутствует ряд элементов, относящихся к микроэлементам, повышенные концентрации которых являются токсичными для растительности, животных, а также для человека. К таковым относятся свинец, кадмий, цинк, медь, кобальт, никель, хром, входящие в состав группы тяжелых металлов. И хотя органические удобрения по содержанию тяжелых металлов менее концентрированы, чем минеральные, однако с учетом доз внесения они могут существенно повышать содержание тяжелых металлов в почве [2].

В микроколичествах эти элементы являются характерными для естественных почв. Согласно СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства», фоновые концентрации металлов для различных типов почв колеблются в пределах: свинца – 6-20 мг/кг, кадмия – 0,05-0,25, цинка – 28-68 мг/кг, меди – 8-25 мг/кг, никеля – 6-45 мг/кг, кобальта – 3-25 мг/кг. Но в составе ППЖ они могут находиться в повышенной концентрации и при повышении дозы внесения могут привести к загрязнению почвы.

Учитывая это, побочные продукты животноводства проходят обязательное исследование на соответствие санитарно-гигиеническим, бактериологическим и паразитологическим нормам, а почвы земель сельскохозяйственного назначения при использовании на них ППЖ должны проходить периодическую проверку на соответствие нормам безопасности.

Изучение интенсивности загрязнения почвы при использовании навоза и его фракций проводят на основании данных физико-химических, бактериологических, гельминтологических и энтомологических показателей исследованных проб с опытных и контрольных земельных участков. Контролем могут служить земельные участки, на которые ранее не вносились отходы животноводческих комплексов, не проводился выпас скота и имеющие одинаковый природный состав почвы.

За небольшим исключением (соблюдение условий стерильности и пр.) методика отбора проб по вышеперечисленным показателям не носит существенных различий со стандартной методикой отбора почвенных проб при агрохимическом обследовании.

Отбор опытных и контрольных проб почвы проводят на участках по 25 кв. м. В каждой из намеченных точек отбирают пробы почвы, из которых и составляется средняя проба. Пробы почвы для бактериологических исследований помещают в банки с притертыми пробками, матерчатые или брезентовые стерильные мешки. Каждой пробе присваивают номер согласно схематическому чертежу изучаемой территории объекта.

Приготовление среднего образца проб почвы для бактериологического исследования проводят на стерильном плотном листе бумаги. Пробы почвы тщательно перемешивают стерильным шпателем, при этом отбрасывают посторонние предметы (камни, стекла и пр.). Если проба почвы однородна по составу, допускается тщательное ее перемешивание в доставленных в лабораторию стерильных банках.

Перед посевом почву диспергируют. С этой целью ее просеивают через стерильное сито диаметром 3 мм. Торфяную почву, содержащую значительное

количество органических веществ, предварительно растирают в ступке. Не перегнившую растительную массу отбрасывают. Из средней пробы берут навеску почвы в 10 г, которую используют для бактериологического исследования.

Для гельминтологических исследований на изучаемой территории также выделяют площадку размером 25 кв. м. В 5-10 местах по диагонали площадки с поверхности и соответствующих глубин отбирают навески почвы по 10-20 г каждая. Путем тщательного перемешивания соответствующих навесок почвы составляют средние пробы. Каждая проба весом 100-200 г должна иметь этикетку с указанием места забора, даты, глубины, характера исследуемого участка (в тени или на солнце).

Для оценки загрязнения почвы в процессе работы с побочными продуктами животноводства проводят исследования на наличие личинок и куколок мух. Отбор проб почвы осуществляют с площади размером 25х25 см на глубине до 10 см на 5–6 различных участках. В лаборатории пробы почвы для химического анализа тщательно перемешивают на листе фанеры или картона, при этом убирают посторонние предметы (камень, стекло и пр.), почву просеивают через сито с отверстиями диаметром 3 мм, комки почвы разбивают шпателем.

При отсутствии возможности исследования почвы сразу же после отбора проб допускается хранение их при температуре 4-5 °С, но не более 24 часов.

При проведении энтомологических исследований пробы почвы рассыпают на гладкой поверхности плотного листа и проводят подсчет числа личинок и куколок мух. Результаты исследования отмечают по следующей шкале: а) личинок и куколок нет; б) личинки есть (до 5 в 1 пробе); в) личинок много (более 5 в 1 пробе).

Загрязненность почвы определяют с помощью прямых и косвенных санитарных показателей.

К прямым санитарным показателям относятся: коли-индекс (коли-титр); микробное число (титранаэробов, протей, патогенные серотипы кишечной палочки, сальмонеллы и бактерии тифопаратифозной, дизентерийной групп); содержание яиц гельминтов и их жизнеспособность; антибиотики, ядохимикаты, микроэлементы и др.

К косвенным санитарным показателям относятся: концентрация водородных ионов (рН); влажность (%); азот аммиака (мг на 100 г); азот нитритов (мг на 100 г), азот нитратов (мг на 100 г); общий азот (мг на 100 г); ХПК (мг на 100 г); хлориды (мг на 100 г); сульфаты (мг на 100 г); органический углерод (мг на 100 г). Поэтому одним из факторов, ограничивающим норму внесения удобрительных материалов на основе органических отходов содержания животных, является лимит по питательным веществам, и прежде всего – содержание в них азота. Так, согласно РД АПК 1.10.15.02-17, максимальная доза внесения бесподстильных форм побочных продуктов животноводства на 1 гектар севооборотной площади не должна превышать 200 кг общего азота, хотя под отдельные культуры (например, сахарная свекла), она может быть определена в 300 кг азота на 1 га [3].

К числу косвенных показателей следует также отнести ферментативную способность почвы, общую численность почвенной микрофлоры, количество актиномицетов и грибов, аммонифицирующую способность.

При оценке степени загрязнения почвы отходами животноводческих комплексов необходимо дополнительно принимать во внимание и наличие инфекционных заболеваний среди населения и животных в прилегающей к исследуемым объектам местности.

Таким образом, использование побочных продуктов животноводства в качестве удобрений должно предваряться исследованиями, доказывающими их питательную ценность и безопасность, сопровождаться разработкой безопасной технологии их утилизации и дальнейшим мониторингом состояния почв, где они были применены.

Литература

1. Дабахова Е.В., Питина И.А. Агроэкологические проблемы использования органических удобрений в сельском хозяйстве / Агрохимический вестник. 2017. № 2. – С. 10-14.
2. РД АПК 1.10.15.02-17 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета / М., 2017. – 173 с.
3. Титова В.И., Рыбин Р.Н. Агроэкология промышленного свинопроизводства / М.: Изд-во «Сельскохозяйственные технологии». 2020. – 172 с.

УДК 631.81:631.86

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНЫХ СОРТОВ МЯТЫ ПРИ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИИ С ФОЛИАРНЫМ ПРИМЕНЕНИЕМ ЯНТАРНОЙ И КОФЕЙНОЙ КИСЛОТ

*Семененко Л.А., Тепленкова А.С. студентки бакалавриата, в.н.с.
Воронина Л.П.*

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
lubovandreewna@yandex.ru

Аннотация. Особенности влияния биологически активных веществ на формирование биомассы, качество растительной продукции и защитные их реакции в условиях стресса являются важными этапами в понимании механизмов их действия. Цель настоящих исследований – оценка фолиарного применения янтарной и кофейной кислот на ряд агрохимических и физиолого-биохимических характеристик разных сортов мяты. В вегетационном опыте установлено влияние отдельных органических кислот на содержание пигментов, общего азота и биомассу растений.

Ключевые слова: Mentha sp., сорт, янтарная кислота, кофейная кислота, биомасса, пигменты, общий азот

Введение

В настоящее время существует множество публикаций по изучению биологической активности янтарной и кофейной кислот, которые обладают физиолого-биохимическим действием и в которых отмечается их как

стимулирующее влияние на показатели формирования биомассы, урожайность некоторых сельскохозяйственных и лекарственных растений, так и протекторные свойства – повышение устойчивости растений к действию различных стрессоров [2,3,5,6]. Рассматриваются разные способы использования органических кислот при выращивании растений, и ведется скрининг активных концентраций действующих веществ [1, 4].

Цель настоящих исследований – оценка фолиарного действия янтарной и кофейной кислот на ряд агрохимических и физиолого-биохимических характеристик разных сортов мяты.

Методика исследований

Объектом исследования явились разные сорта мяты: Метелица, Серебряное чудо и Ароматное наслаждение. Ботаническая характеристика и основные лекарственные компоненты растений: *Mentha sp.* – травянистое растение семейства Яснотковые, цветки мелкие, лиловые, в наземных частях растений содержание эфирных масел 0,3-0,5%. Важными вторичными метаболитами являются фенольные соединения, их количество зависит от множества факторов, включая условия выращивания. Биологически активные соединения *Mentha sp.* имеют большое фармацевтическое значение.

Варианты вегетационного эксперимента включали фолиарную обработку растений янтарной и кофейной кислотами в концентрации 0,1 Моль. Обработка двукратная: 1-я по всходам и 2-я перед засухой 01.07.2024 (продолжительность засухи 10 дней). Повторность вариантов трехкратная.

Характеристика применяемых органических кислот следующая:

- янтарная кислота является промежуточным метаболитом цикла Кребса, повышает устойчивость растений к стрессу;

- кофейная кислота является предшественником многих фенилпропаноидов, влияет на синтез лигнинов и флавоноидов.

Биомасса растения определялась весовым методом. Определение общего азота проводили методом Кьельдаля (ПНД Ф 16.1:2:2.3.82-2013). Пигменты мяты определены с экстракцией ацетоном спектрофотометрическим методом (хлорофилл *a*: $\lambda=662$ нм, хлорофилл *b*: $\lambda=644$ нм, каротиноиды: $\lambda=440$ нм).

Результаты

После периода вегетации растений в течение 90 дней растительный материал был отобран для аналитических исследований. Биомасса растений представлена в таблице 1.

Во всех трёх сортах биомасса увеличивалась с применением янтарной кислоты (Табл.1). Сорт мяты Серебряное чудо был более чувствителен к действию кофейной кислоты, действие которой сопровождалось увеличением массы листьев в 6 раз, тогда как с применением янтарной кислоты масса увеличилась в 5 раз.

В результатах по содержанию хлорофилла *a* и *b* (Табл.2) с фолиарным применением кислот везде прослеживается снижение их содержания.

Таблица 1. Биомасса растений в зависимости от сорта и применения органических кислот

Вариант	Общая биомасса, г	Масса стебля, г	Масса листа, г	Масса соцветий, г
Сорт - Метелица				
К	7,92	5,03	1,44	1,45
ЯК	10,19	6,32	1,80	2,07
КК	6,82	4,33	1,05	1,41
Сорт - Серебряное чудо				
К	3,42	2,73	0,69	
ЯК	4,09	3,40	3,40	
КК	5,25	4,47	4,47	
Сорт - Ароматное наслаждение				
К	5,71	3,74	1,97	
ЯК	5,91	4,10	1,82	
КК	5,76	3,87	1,89	

Все три сорта существенно различаются по содержанию в них общего азота. Используемые кислоты оказали разнонаправленное воздействие на данный показатель в зависимости от сорта. Процентное содержание общего азота в мяте сорта Метелица снижается от 1,24 до 0,98%, а в сорте Серебряное чудо увеличивается от 1,87 до 2,12% и изменений практически не наблюдается на сорте Ароматное наслаждение. Содержание общего азота во всех трёх сортах мяты колеблется в пределах от 0,98 до 2,12%.

Таблица 2. Содержание общего азота и пигментов (*a*, *b*, каротиноиды)

	Пигменты, мг/г сыр. массы		Сумма хлорофилла	Каротиноиды	Общий азот. %
Вариант	<i>a</i>	<i>b</i>			
Сорт - Метелица					
К	2,081	1,532	3,613	0,643	1,24
ЯК	1,467	0,734	2,201	0,551	0,98
КК	2,105	1,043	3,148	0,607	1,00
Сорт – Серебряное чудо					
К	1,401	0,490	1,891	0,397	1,87
ЯК	1,023	0,436	1,459	0,387	2,12
КК	0,987	0,410	1,398	0,483	2,09
Сорт – Ароматное наслаждение					
К	1,443	1,019	2,462	0,421	1,05
ЯК	1,239	0,685	1,923	0,549	1,21
КК	1,009	0,568	1,577	0,348	1,05

Выводы

Разные сорта мяты существенно различаются не только по морфологическим и декоративным показателям, но и по содержанию в них азота. Обильное и ранее цветение характерно для сорта Метелица. Максимальное содержание общего азота определено в сорте Серебряное чудо.

Реакция растений мяты от фолиарной обработки их янтарной и кофейной кислотами зависела не только от селективного действия испытуемых веществ в действующих концентрациях, но и от потенциальной способности сорта мяты: применение кислот не влияет на общую биомассу – мята сорта Ароматное наслаждение, общая масса увеличивается с применением кислот – мята сорта Серебряное чудо, разнонаправленное действие в зависимости от органической кислоты – сорт Метелица.

Влияние янтарной и кофейной кислот на изменение ряда физиолого-биохимических показателей установлено, но требует более углубленных исследований.

Литература:

1. Змушко А. А., Красинская Т. А. Применение янтарной кислоты в растениеводстве //Плодоводство. – 2022. – Т. 31. – №. 1. – С. 288-292
2. Луговая, А. А., Карпец, Ю. В., Обозный, А. И., & Колупаев, Ю. Е. Стресспротекторное действие жасмоновой и янтарной кислот на растения ячменя в условиях почвенной засухи //Агрохимия. – 2014. – №. 4. – С. 48-55
3. Макеева, И. Ю., Сдержикова, А. С., Бычков, И. А., Селиверстов, Д. А., & Пузина, Т. И. Физиолого-биохимические ответы *Solanum tuberosum* на действие кофейной кислоты //Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. – 2016. – Т. 2. – №. 2. – С. 228-233
4. Прусакова, Л. Д., Кефели, В. И., Белопухов, С. Л., Вакуленко, В. В., & Кузнецова, С. А. Роль фенольных соединений в растениях //Агрохимия. – 2008. – №. 7. – С. 86-96
5. Пузина Т. И., Макеева И. Ю. Участие кофейной кислоты в регуляции продукционного процесса картофеля *Solanum tuberosum* L //Агрохимия. – 2015. – №. 6. – С. 53-58
6. Цыганова, Н. А., Воронкова, Н. А., Дороненко, В. Д., & Балабанова, Н. Ф. Влияние янтарной кислоты на фотосинтетическую активность яровой мягкой пшеницы //Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 3 (35). – С. 13-20

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМА ТЕРРИКОНОВ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА В КАЧЕСТВЕ АГРОХИМИКАТОВ

Слюсарев В.Н., д. с.-х. н., профессор

Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, vskubsoil@gmail.com

Аннотация. Отходы угольной промышленности восточного Донбасса имеют: низкую обеспеченность нитратами, от низкой до средней – подвижными фосфатами и калием, очень высокую – подвижной серой. Содержание подвижных форм цинка, меди, кобальта, железа не превышает предельно-допустимых концентраций.

Ключевые слова: отходы угольной промышленности, терриконы, подвижные формы азот, фосфор, калий, сера, микроэлементы.

Введение. Терриконы на территории Ростовской области в Восточном Донбассе были организованы «сухим» способом – порода складировалась в них с помощью грузового автотранспорта, транспортёров, вагонеток. И таких отвалов пород за более чем столетний период угледобычи тут накопилось около 450 (Хоменко Я.В., 2015).

Большой интерес последнее время проявляют к отходам шахтного способа добычи угля с точки зрения использования их в качестве агрохимикатов, мелиорантов, удобрений для сельскохозяйственного производства. Это объясняется значительным количеством в шламах полезных макро- и микроэлементов, необходимых для улучшения плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Проблема утилизации, рекультивации и других сфер применения отходов добывающей и перерабатывающей промышленности является актуальной.

Цель настоящих исследований – изучить свойства шламовых отходов типичных терриконов Ростовской области и дать им агрохимическую оценку.

Анализ содержания соединений макроэлементов и микроэлементов, а также их оценку проводили по почво-грунтам, почвам и отходам производства, так как исследуемый материал терриконов не имеет своего лицензионного статуса. Однако, его характеристика позволит судить о степени его пригодности для хозяйственного, в том числе сельскохозяйственного использования, так как показатели его состава мы оценивали в сравнении с почвами и требованиями растений к почвенным условиям.

Методика исследований. Объектами исследования являлись отходы добычи и обогащения угля, представляющие смесь шлама, вскрышных и шахтных пород различного химического, гранулометрического и минералогического состава: сланцы, алевролиты, аргиллиты, песчаники и известняки (Хоменко Я.В. Солдатова А.С., 2015).

Для агрохимического анализа в ноябре 2024 г. были отобраны смешанные образцы шлама из трех терриконов. Пробы шлама отбирали с глубины 0-35 см массой 1,0 кг выборочно, с учётом особенностей рельефа и розы ветров. Отбор проб пород для анализа проводился на вершине, середине и у подножия склонов. Использовали «метод конверта», когда образцы берут в четырёх точках, образующих прямоугольник, и одну – в его середине. Обследовались

терриконы в городах Красный Сулин (Т1), Шахты (Т2) и Красный кут (Т3).

В образцах шлама определяли рН солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85), обменные и подвижные формы макроэлементов (ГОСТ 26951-88, ГОСТ 26489-85, ГОСТ 26205-91, ГОСТ 26490-85, ГОСТ 26487-85, п. 2, ГОСТ 26950-86) и подвижные формы микроэлементов (ГОСТ Р 50686-94, п. 6.2; ГОСТ Р 50683-94, п. 6.4; ГОСТ Р 50685-94, п. 6.2).

Результаты исследований. Визуальное и морфологическое описание позволило классифицировать исследуемые терриконы по происхождению как отвалы перерабатывающей промышленности насыпные (шламовые и золоотвалы).

Естественное зарастания отвалов наблюдается у более «старых» по возрасту терриконов Т2 и Т3.

Анализ содержания соединений макроэлементов и микроэлементов, степень их пригодности для сельскохозяйственного использования оценивали в сравнении с почвами и требованиями растений к почвенным условиям (Шеуджен А.Х. Куркаев В.Т., 2000).

В результате изучения содержания обменных форм кальция, магния и натрия выявлено преобладание в емкости катионного обмена катиона кальция (Табл. 1).

На долю кальция в шламах терриконов 1,2,3 приходится, соответственно, 97,0; 97,9 и 55,5%.

Среди элементов питания особое место в жизни растений занимает азот. Он поступает в растение чаще в виде ионов аммония и нитрата. В среднем его содержится 1 – 3% от массы сухого вещества.

Результаты определения нитратов в исследуемом материале, показали, что наименьшее их количество установлено в отвалах террикона 3 (2,8 мг/кг), в шламе терриконов 1 и 2, их содержание составило, соответственно 4,9 и 6,9 мг/кг.

Таблица 1. Агрохимические показатели состава отходов

№ террикона	NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сера	Обменные формы, ммоль/100 г			Органическое вещество, %	pH _{KCl}
	мг/кг					Ca	Mg	Na		
Т1	4,9	6,7	9	149	> 40	18,0	0,25	0,30	2,11	4,1
Т2	6,9	1,2	23	325	> 40	21,3	0,25	0,20	5,68	6,2
Т3	2,8	4,0	11	69	4	7,5	6,0	<0,01	2,96	3,6

Суммарное количество нитратов и аммония в шламе терриконов 1, 2 и 3 составило, соответственно, 11,6; 8,1 и 6,8 мг/кг. Такое количество нитратов и суммарное содержание обеих форм азота позволяет оценивать обеспеченность шламов всех трех терриконов, как очень низкую, меньше 10 и 15 мг/кг. Количество нитратов в шламах исследуемых терриконов значительно ниже ПДК в почве – 130 мг/кг.

Фосфора в растении содержится 0,2 – 0,3% от массы сухого вещества. Он поглощается растениями в виде высшего окисла PO₄³⁻ и не изменяется, включаясь в органические соединения.

Результаты определения подвижных соединений фосфора выявили наименьшее его количество в шламе террикона 1 (9 мг/кг), что позволяет отнести его к группе с очень низкой обеспеченностью с точки зрения питания растений. В шламе террикона 3 количество компонента составило 11 мг/кг (низкая обеспеченность), а в шламе террикона 2 – 23 мг/кг (средняя обеспеченность).

Содержание калия в растениях в пересчете на сухую массу колеблется в пределах 0,5 – 3,5%. В растительных клетках он присутствует преимущественно в ионной форме. Анализ содержания подвижного калия показал, что самое низкое его количество установлено в шламе террикона 3 – 69 мг/кг (низкая обеспеченность). В шлаках терриконов 1 и 2 его количество составило 149 и 325 мг/кг, что соответствует средней и высокой обеспеченности этим элементом.

Содержание серы в растениях составляет 0,005 – 1% сухой массы. В растения она поступает через корни в форме иона SO_4^{2-} , а также поглощается листьями из атмосферы в виде SO_2 . Результаты определения подвижной серы в шлаках всех трех терриконов было очень высоким и составило более 40 мг/кг, что может ограничивать рост и развитие растений (Шеуджен, А.Х. Куркаев В.Т., 2000).

Следует отметить, что отходы добычи и переработки угля содержат небольшое количество органического вещества. В отходах более «старых» терриконов (Т2 и Т3) оно составило 5,68 и 2,96%, а в шламе террикона 1 – 2,11%, что можно объяснить разной степенью зарастания отвалов естественной растительностью.

Важным показателем условий роста и развития растений является кислотность или щелочность среды. Показателем кислотности шламов является рН солевой вытяжки. Исследование показало, что наименьшие показатели рН установлены в шлаках террикона 1 и, особенно, террикона 3, соответственно рН 4,1 и 3,6 и (сильно кислая). В шламе террикона 2 рН составила 6,2, что характеризуется, как нейтральная среда (см. таблицу 4).

Важное значение имеет содержание в почво-грунтах подвижных форм микроэлементов – более мобильных источников питания растений.

Исследованиями установлено примерно одинаковое содержание подвижного цинка в шлаках терриконов 1,2,3 (Табл. 2). Предельно-допустимые концентрации (ПДК) для этого элемента составляют 23 мг/кг. Следовательно, количество данного компонента в шлаках всех исследуемых терриконов не превышает ПДК (Пименова Е.В., 2009; Санитарные правила и нормы Санпин, 2021).

Таблица 2. Подвижные формы микроэлементов, мг/кг

№ террикона	Цинк	Медь	Кобальт	Марганец	Железо
T1	0,8	0,46	0,32	4	3,28
T2	0,8	0,57	0,72	6	4,78
T3	0,9	0,41	0,36	4	13,85

Выявлено минимальное содержание подвижной меди в шламах терриконов 1 и 3, соответственно, 0,46 и 0,41 мг/кг.

В шламе террикона 2 его количества достигало 0,57 мг/кг. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) для этого элемента составляют 3 мг/кг. Следовательно, количество данного компонента в шламах всех исследуемых терриконов не превышает ПДК. Выявлено минимальное содержание подвижного кобальта в шламах терриконов 1 и 3, соответственно, 0,32 и 0,36 мг/кг. В шламе террикона 2 его количества достигало 0,72 мг/кг. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) для этого элемента составляют 5 мг/кг. Следовательно, количество данного компонента в шламах всех исследуемых терриконов не превышает ПДК.

Одинаковое минимальное содержание подвижного марганца установлено в шламах терриконов 1 и 3 – 4 мг/кг. В шламе террикона 2 его количества достигало 6 мг/кг. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) для этого элемента составляют от 60 до 140 мг/кг. Следовательно, количество данного компонента в шламах всех исследуемых терриконов не превышает ПДК.

Исследованиями установлено содержание подвижного железа в шламах терриконов 1,2,3, соответственно, 3,28; 4,78 и 13,85 мг/кг. ПДК (мг/кг) железа в почве – 3,8%, то – есть во всех образцах шламов низкая концентрация ионов железа. Это говорит о том, что территории взятия проб не загрязнена солями железа и не опасна для здоровья людей.

Выводы

1. Отходы террикона 1 (г. Красный Сулин) имеет: низкую обеспеченность нитратами, очень низкую – подвижным фосфором, среднюю – подвижным калием, очень высокую – подвижной серой, сильно кислую реакцию. В емкости катионного обмена преобладает кальций (97,0%), содержание органического вещества минимальное (2,11%). Содержание валовых форм, мг/кг цинка (12), меди (22), свинца (0,32), никеля (<10), кадмия (<0,8) не превышает ОДК (ориентировочно-допустимых концентраций); содержание валового марганца 8 мг/кг, не превышает ПДК. Содержание подвижных форм, мг/кг цинка (9,8), меди (0,46), кобальта (0,32), железа (3,28) не превышает ПДК (предельно-допустимых концентрация).

2. Отходы в терриконе 2 (г. Шахты) имеет: низкую обеспеченностью нитратами, среднюю – подвижным фосфором, высокую – подвижным калием, очень высокую – серой, нейтральную реакцию. В емкости катионного обмена преобладает кальций (97,9%), содержание органического вещества максимальное (6,9 %). Содержание валовых форм, мг/кг цинка (10), меди (7), свинца (0,72), никеля (<10), кадмия (<0,8) не превышает ОДК; содержание валового марганца 59 мг/кг, не превышает ПДК. Содержание подвижных форм, мг/кг цинка (0,8), меди (0,57), кобальта (0,72), железа (4,78) не превышает ПДК;

3. Отходы террикона 3 (г. Красный кут) характеризуются низкой обеспеченностью нитратами, подвижными формами фосфора и калия, очень высокой – серой, сильно кислой реакцией и невысоким содержанием органического вещества. Среднее содержание валовых форм, мг/кг цинка (16), меди (24), свинца (0,36), никеля (<10), кадмия (<0,8) не превышает ОДК;

содержание валового марганца 7 мг/кг, не превышает ПДК. Содержание подвижных форм, мг/кг цинка (0,9), меди (0,41), кобальта (0,36), железа (13,85) не превышает ПДК.

4. В случае использования в качестве агрохимикатов исследованные шламы имеют ограничения: шлам террикона 1 и террикона 3 имеют очень кислую агрессивную реакцию и высокие показатели содержания серы; шлам террикона 2 имеет высокое количество серы.

Литература

1. Пименова Е.В. Нормирование качества окружающей среды и сельскохозяйственной продукции // ФГОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2009. – 74 с.

2. Санитарные правила и нормы Санпин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Зарегистрировано в Минюсте России 29 января 2021 г. N 62296 // Москва. – 987 с.

3. Хоменко Я.В. Солдатова А.С. Оценка проблемы терриконов Донбасса // Экономический вестник Донбасса №1 (39). – 2015. – С. 12-19.

4. Шеуджен А.Х. Куркаев В.Т. Агрохимия: учебное пособие. – Майкоп, ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

УДК 502/504:504.055:631.95

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ И ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОХИМИИ

Титова В.И., д.с.-х.н., профессор

Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, titovavi@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены авторские размышления и трактовки процессов, сопровождающих проявление глобальных процессов декарбонизации парниковых газов в окружающей среде и их значения в организации высокопродуктивной отрасли растениеводства агропромышленного комплекса страны. Вопросы секвестрации и депонирования углерода в почвенно-биотическом комплексе рассмотрены с точки зрения агрохимии, агропочвоведения и сельскохозяйственной экологии.

Ключевые слова: декарбонизация, секвестрация и депонирование углерода, гумус, дыхание почвы, питание растений.

Одним из важнейших направлений современных исследований в экологии, в том числе – в сельскохозяйственной экологии и агрохимии, является: *«Изучение процессов секвестрации и депонирования углерода для решения агроэкологических задач повышения или сохранения гумусированности почв, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и сокращения эмиссии углекислого газа в атмосферу»*. Так оно звучит и в Паспорте научной специальности 4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений».

Попытаемся немного разобраться с терминологией и содержанием отдельных понятий, используемых в экологии, применительно к агропромышленному комплексу.

Секвестрация (сокращение, ограничение...) – это, как правило, процесс снижения выбросов парниковых газов и их трансформация в нейтральные среды. Применительно к углекислому газу – снижение его выбросов в атмосферу. А понятие «трансформация в нейтральные среды» для CO_2 явно можно трактовать как его хранение в почве, т.е. депонирование. Учитывая же химическую формулу углекислого газа, можно использовать термин «декарбонизация».

Декарбонизация (от англ. "decarbonization") – это комплекс мероприятий, направленных на снижение количества выбросов парниковых газов в атмосферу. Источников таких выбросов очень много: химическая промышленность, сельское хозяйство, природные явления и пр.

К парниковым газам относят газообразные вещества природного или антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение. Это углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), фторуглеводороды (HFCs), фторуглероды (PFCs) и др.

Безусловно, что снижение выбросов таких газов в атмосферу – это уже хорошо. А если их там уже много, необходимо искать пути снижения их выбросов и перевода из атмосферы в нейтральные среды, т.е. депонирования (хранения парниковых газов в нейтральных средах).

Важнейший из парниковых газов – углекислый газ, т.е. 75% всех парниковых выбросов. Попадает в атмосферу в результате процессов жизнедеятельности организмов, сжигания топлива, твердых отходов, органических веществ, а также в ходе ряда химических реакций в промышленности (например, при производстве цемента). Метан обеспечивает до 16% выбросов парниковых газов. Выделяется в результате жизнедеятельности организмов, сельского хозяйства (животноводство и выращивание риса), при добыче и транспортировке ископаемого топлива, а также в ходе распада органических отходов и сжигания биомассы. Долевое участие закиси азота оценивается в 6% мировых парниковых выбросов, но парниковая активность у нее почти в 300 раз выше, чем у углекислого газа. Основные источники – производство и применение минеральных удобрений, сельское хозяйство, химическая промышленность, сжигание ископаемого топлива и отходов, а также очистка сточных вод.

Применительно к сельскому хозяйству, декарбонизация – это комплекс мероприятий, направленных на снижение количества выбросов из почв не просто парниковых газов, а именно углерода.

Если вчитываться дословно, основное внимание сосредоточив на словах «снижение количества выбросов CO_2 », то идея понятна и позитивна. Но, развивая мысль далее, понимаем, что «выбросы углерода из почв» образуются не только от дыхания живого вещества, но и при разложении (минерализации) органического вещества (гумуса) – вещества, которое принято считать

основным богатством почв. Так следует ли из вышеприведенного определения, что нужно сокращать минерализацию органических веществ (гумуса) ?

На этот счет нет единого ответа. Например, если во главу угла поставить понимание значения продовольствия в любой стране как показателя национальной безопасности, то следует признать минерализацию гумуса естественным процессом, позволяющим гарантированно обеспечить культурные растения доступными для него элементами питания. А значит обеспечить получение урожая и продовольствия для всех тепловых планет, включая человека. Однако среди ученых, в том числе занимающихся гумусом, есть и другая, достаточно широко распространенная точка зрения, что органическое вещество нужно сохранять, всячески предотвращать его потери, в том числе сокращая минерализацию. Она тоже обоснована и позитивна.

Возможный ответ: важно соотношение между процессами «сохранение (накопление) – разрушение (минерализация) гумуса». Удалить углерод из атмосферы и перевести его в почву, где он будет «гарантировать плодородие почв и способствовать росту растений» – хорошая идея. Но «способствовать росту растений» органическое вещество (гумус) может именно вследствие минерализации и высвобождения элементов, используемых растением в пищу. То есть, не следует понимать декарбонизацию земледелия как комплекс мероприятий, направленных только на фиксацию углерода в почве, сохранение его в виде гумуса и полное исключение процессов минерализации органического вещества.

Таким образом, при рассмотрении требований экологии с учетом интересов сельского хозяйства по теме «декарбонизация в окружающей среде и земледелии» можно констатировать следующее:

– процессы накопления органического вещества в почве (депонирование углекислого газа в нейтральной среде) и его минерализации (с высвобождением CO_2) в агроэкосистемах должны быть сбалансированы. Это гарантия грамотного ведения процесса декарбонизации как мероприятия по недопущению выбросов углерода в атмосферу путем связывания его в почвенном органическом веществе, так и декарбонизации в земледелии как комплекса мероприятий по накоплению органического вещества в почве при сохранении возможности его минерализации как условия питания растений.

Возвращаясь к формулировке задачи 2.12, стоящей перед исследователями по специальности 4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений», нельзя не обратить внимание еще на одну ее часть, а именно *«Изучение процессов ... увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и сокращения эмиссии углекислого газа в атмосферу»*. То есть, задача увеличения урожайности культурных растений стоит перед человеком неизменно, для чего нужно обеспечить их питание.

Известно, что растения обычно питаются тем, что создано в результате процессов почвообразования с помощью микроорганизмов и разрушено ими же. Благодаря голофитному способу питания и выделению кислот в результате метаболизма, микроорганизмы разрушают горные породы, минералы и

органическое вещество и переводят элементы питания из недоступной в доступную для растений форму.

Разрушение минералов и органического вещества сопровождается выделением углекислого газа как продукта дыхания микрофлоры и продукта разложения почвенных углеродсодержащих материалов – почва «дышит». При этом выделение CO_2 в атмосферу, в приземный слой воздуха, естественным образом приводит к связыванию его в биомассу растений в процессе фотосинтеза, а высвобождение элементов питания (зольных и биогенных) из минералов и органического вещества обеспечивает *рост растений, их продуктивность* и, в дальнейшем, продовольственную безопасность населения страны.

Для агрохимии важно, что результатом дыхания живой материи почвы (почвенно-биотического комплекса) является полный набор элементов и низкомолекулярных веществ, сосредоточенных в почвенном растворе и обеспечивающих питание растений в естественных условиях, без вмешательства Человека. Углекислый газ с этой точки зрения выступает как побочный продукт...

В целом, положительные стороны этого процесса (дыхание почвы) можно сформулировать следующим образом:

- трансформация (разложение, минерализация) органического вещества за счет воздействия угольной кислоты на растительные остатки и даже гумус приводит к высвобождению элементов питания;

- повышение содержания в почвенном растворе зольных элементов питания в доступном для растений состоянии также является следствием разрушения минеральной части твердой фазы почвы при помощи CO_2 ;

- образование угольной кислоты в почве способствует образованию бикарбоната кальция и является теоретической предпосылкой эффективности известкования;

- увеличение концентрации углекислого газа в приземном слое воздуха активизирует процесс фотосинтеза и повышает продуктивность растений.

Если земледелие ведется безграмотно, с нарушениями, то активизация дыхания почвы может привести к неизбежному подкислению почвы как за счет повышения количества в почве самой угольной кислоты и выноса карбонатов, так и за счет образования других кислот при разложении твердого вещества почвы, а также к интенсификации разрушения глинистых минералов, перестройке в их системе с появлением признаков каолинизации, слитизации и оглеения и выносу карбонатов за пределы почвенного профиля.

Итак, вопрос – надо ли хранить органическое вещество почв, не допуская его минерализации и, как следствие, выделения в атмосферу CO_2 ? Примерно как нефть? Надо ли снижать активность дыхания почвы?

Ответ: органическое вещество почвы не нужно «сохранять в неизменном виде», его надо использовать по назначению (обеспечивая растения пищей), но при этом восполнять его содержание, причём постоянно и неустанно! Здоровая почва должна дышать, неизбежным следствием чего является выделение углекислого газа. Разве не от дыхательной активности зависит активность и

здоровье человека? И разве не фотосинтез (т.е. присутствие углекислого газа в приземном слое воздуха) является начальной и даже определяющей фазой роста и развития растений, поддерживаемой в дальнейшем элементами минерального питания, образованными при разложении органической и неорганической частей почвы?

УДК 628.381:631.95

К ОЦЕНКЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ УСЛОВНО ЧИСТЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЧАСТНОГО ДОМОВЛАДЕНИЯ НА ТЕСТОВЫХ КУЛЬТУРАХ

*Титова В.И., д.с.-х.н., профессор; Судаков Д.Е., магистрант
Нижегородский ГАТУ им. Л.Я. Флорентьева, titovavi@yandex.ru;
sudak25210@yandex.ru*

Аннотация. В процессе очистки бытовых стоков частного домовладения образуются условно чистые сточные воды, установление возможности использоваться которых в земледелии было целью проведения эксперимента по оценке их фитотоксичности на тестовых культурах. Установлено, что контакт семян злаковой культуры с раствором «сточная вода : дистиллированная вода» как 1:4 не токсичен, что подтверждается учетом энергии прорастания, всхожести, массы проростков и промерами длин ростка и корня. На семенах салата условно чистые сточные воды показали высокую токсичность при любой из изученных концентраций их разбавления.

Ключевые слова: сточные воды, фитотоксичность, салат, пшеница.

Введение. Загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления представляет собой одну из самых древних проблем истории цивилизации. Подсчитано, что ежегодно на каждого человека в мире приходится 8 т отходов, из которых более 90% – это промышленные отходы, а 5% – бытовые (Биологический контроль..., 2010; Кизима В.В., Куниченко Н.А., 2018).

К бытовым отходам следует отнести и те, которые образуются на территориях малоэтажной застройки в сельской местности и вблизи городов. Такие домовладения чаще всего не имеют системы очистки канализационных стоков, а образующиеся сточные воды сбрасываются на рельеф местности, нарушая экологическое равновесие компонентов природы и загрязняя почвы различного рода токсикантами.

Качество же жизни на селе в последние годы отмечается как одна из ключевых проблем регионального развития Российской Федерации, для решения которой необходимо соблюдать «благоприятные природно-климатические и экологические условия жизни» (Швалов П.Г., 2023).

Вместе с тем, в последние годы на таких территориях в индивидуальных домовладениях строят локальные очистные сооружения, рассчитанные на очистку небольших количеств хозяйственно-бытовых сточных вод. Они работают по смешанной механико-биологической системе очистки, в

результате чего образуются условно чистые сточные воды и иловый осадок органо-минерального состава – осадок сточных вод (Рыбин Р.Н., Ельшаева И.В., Титова В.И., 2024).

Однако в настоящее время исследований по оценке возможности их использования в рамках землепользования таких домовладений крайне мало, что и явилось причиной постановки модельного лабораторного опыта.

Методика исследований. Опыт имел целью изучение фитотоксичности условно чистых сточных вод, для чего использовали способ предпосевной обработки семян тестовых культур (яровая пшеница, салат) с определением всхожести семян и отдельных морфологических признаков проростков. Исследования по определению всхожести семян проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести», в 4-кратной повторности, в два срока в 2023 году (апрель, май). Общее число наблюдений по каждому признаку – 8.

Варианты опыта: 1) замачивание семян в дистиллированной воде (контроль); 2) замачивание семян в условно чистых сточных водах в соотношении «сточные воды : дистиллированная вода» как 1:4, т.е. 20 мл сточных вод к 80 мл воды (С:В – 1:4); 3) Замачивание семян в условно чистых сточных водах в соотношении «сточные воды : дистиллированная вода» как 1:2, т.е. 40 мл сточных вод к 80 мл воды (С:В – 1:2).

Замачивание семян было в течение 6 часов, по окончании опыта учитывали массу проростков (мг/сосуд), а также длину ростка и корешков. Число семян на сосуд (чашку Петри) – 50.

Результаты опыта. Начало прорастания семян пшеницы в опытах было одновременным независимо от варианта опыта – на четвертые сутки. К моменту определения энергии прорастания на варианте со слабо разбавленным раствором условно чистых сточных вод (вар. 2) количество проросших семян было несколько меньшим, чем на контроле. При этом проростки имели здоровый и крепкий вид, а фитотоксический эффект раствора условно чистых сточных вод, разбавленных в соотношении С:В – 1:4 отсутствовал (табл.).

Более концентрированный раствор очищенной сточной воды уже на 4-е сутки показал негативный эффект: число проросших семян пшеницы было достоверно ниже не только в сравнении с контролем, но и в сравнении с раствором сточных вод с меньшей концентрацией (вар. 3 в сравнении с вар. 2).

В дальнейшем в вариантах с обработкой семян пшеницы растворами условно чистой сточной воды наблюдалось развитие микрофлоры: колонии микроорганизмов покрыли поверхность фильтровальной бумаги, а затем, к моменту определения всхожести, в сосудах варианта 3 – и растения.

Интенсивное развитие микрофлоры, наблюдаемое в чашках Петри, свидетельствует об изменении микробиологической обстановки вокруг семени, источником чего, вне всякого сомнения, стало присутствие микроколичеств условно чистых сточных вод, оставшихся на семенах после их замачивания в растворе.

Таблица 1 Влияние условно чистых сточных вод на всхожесть культурных растений, среднее из 2-х закладок опыта, 2023 г.

Варианты опыта	Энергия прорастания		Всхожесть		Масса проростков, мг/сосуд		Длина ростка, мм	Длина корня, мм
	штук	%	штук	%	факт	+, - к в.1		
Яровая пшеница								
1. Контроль	47	94	49	98	17,1	-	29,1	26,4
2. С:В – 1:4	45	90	43	82	15,3	-1,8	22,5	7,3
3. С:В – 1:2	33	66	29	58	9,2	-7,9	13,1	2,6
НСР ₀₅	6		7		2,4		3,8	3,3
Салат								
1. Контроль	41	82	42	84	14,9	-	19,5	16,4
2. С:В – 1:4	6	12	2	4	-	-	-	-
3. С:В – 1:2	5	10	1	2	-	-	-	-
НСР ₀₅	9		10		-	-	-	-

Из этого следует, что внесение условно чистых сточных вод непосредственно перед посевом культурных растений может спровоцировать развитие грибной микрофлоры, некоторые продукты жизнедеятельности которой являются токсичными для сельскохозяйственных культур (Дрегуло А.М., 2016).

При этом наличие и степень проявления отрицательного эффекта, очевидно, будут зависеть от объема (концентрации) раствора и времени взаимодействия его с семенем.

Предварительное замачивание семян пшеницы в менее концентрированном растворе условно чистых сточных вод (вар. 2) показало тенденцию снижения массы проростков, а длина ростка и корня были существенно ниже, чем на контрольном варианте. Увеличение концентрации раствора очищенной сточной воды (вар. 3 в сравнении с вар. 2) дало дополнительный отрицательный эффект.

На семена салата замачивание в растворах условно чистой сточной воды оказало исключительно негативный эффект – они практически не взошли. Это свидетельствует о высокой фитотоксичности предварительно очищенных бытовых сточных вод частного домовладения к культуре салата, высокочувствительной к внешним воздействиям.

Выводы.

- 1) Шестичасовое замачивание семян пшеницы в растворе условно чистых сточных вод с соотношением «сточная вода : дистиллированная вода» как 1:4 не оказало фитотоксического эффекта на всхожесть семян яровой пшеницы, но показало тенденцию негативного влияния на массу проростков и доказательно снизило длину ростка и корня пшеницы.
- 2) Повышение концентрации условно чистой сточной воды, используемой для предварительной обработки семян яровой пшеницы (предпосевное замачивание в течение 6 часов), достоверно фитотоксично, что

подтверждается учетом энергии прорастания, всхожести, массы проростков и промерами длин ростка и корня.

- 3) Семена салата, как культуры высокочувствительной к концентрации раствора в околокорневом пространстве, исключительно отрицательно реагировали на предпосевное их замачивание в растворе условно чистых сточных вод обеих изученных концентраций: при соотношении «сточная вода : дистиллированная вода» как 1:4 или 1:2.

Литература

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: уч. пособие / [О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева и др.] / М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
2. Дрегуло А.М. Проблемы загрязнения окружающей среды осадками иловых карт различных сроков жизненного цикла / Агрохимия. 2016. №8. – С. 88-92.
3. Кизима В.В., Куниченко Н.А. Экология: учебное пособие / Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 234 с.
4. Рыбин Р.Н., Ельшаева И.В., Титова В.И. Оценка пригодности бытовых сточных вод и их осадка для использования в зеленом строительстве / Экологический вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20. №4. – С. 36-42.
5. Швалов П.Г., Чепелева З.Е., Шапорова З.Е. Идентификация ключевых показателей эффективности транспортной сферы при формировании социального стандарта качества жизни в сельской местности / Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Том 66. № 6(396). – С. 647-650.

УДК 631.42.634

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СЫРДАРЬИНСКОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА

Холзода Б. Н., к.с.-х.н., старший научный сотрудник
Институт почвоведения и агрохимии Таджикской академии
сельскохозяйственных наук, kholov1965@mail.ru

Аннотация. В данной статье приводятся результаты проведенных в условиях темных сероземов Сырдарьинской зоны Таджикистана (район Деваитич, Согдийской области), исследований с картофелем сорта «Кардинал». Установлено, что совместное применение органических и минеральных удобрений в зависимости от предшественников и агроклиматических условий положительно влияет на рост и развитие картофеля, тем самым оказывает очень большое влияние на повышение его урожайности.

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, дозы, число и масса клубней, урожайность картофеля

Картофель в Республике Таджикистан является одной из основных сельскохозяйственных культур, поэтому последние годы Правительством Республики Таджикистан уделяются особое внимание развитию данной

отрасли. Однако без обеспечения надлежащей агротехникой, а главным образом – применения соответствующих доз органических и минеральных удобрений, достичь потенциально возможной высокой урожайности этой культуры практически нереально.

В Республике Таджикистан, наряду с зерновыми, картофель является, по сути, вторым хлебом для населения. Картофель имеет большое экономическое и продовольственное значение и в этой связи, Таджикистан как суверенное государство, вынужденно обеспечить население страны основными продуктами сельского хозяйства, в частности картофелем. Исходя из этого, увеличение производства раннего картофеля в тех зонах республики, где почвенные и земельные ресурсы наиболее благоприятны для этой цели, повышение урожайности картофеля и расширение её посевных площадей становится приоритетной задачей для специалистов аграрного сектора и каждого землепользователя в целом (Холзода Б.Н., 2024).

Проведенные многочисленные научные исследования свидетельствуют о хорошей отзывчивости картофеля на внесение органических и минеральных удобрений. Так, согласно исследованиям Н.Г. Ставрова (1972), на легких почвах Новозыбковской опытной станции ВНИИА внесение средних доз удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под картофель на фоне 40 т/га торфонавозного компоста (1:10) повышало урожай клубней на 42,4 ц/га. Добавление магния увеличило прибавку урожая клубней еще на 34,7 ц/га. В другом опыте на этой же станции наиболее высокий урожай был обеспечен в варианте с органоминеральной системой (40 т/га навоза + $N_{60}P_{60}K_{60}$). Прибавка урожая картофеля на глубоких и мелких песках составили соответственно 130 и 140 ц/га клубней.

По данным многолетних исследований (Демин В.А. и др., 1996), максимальная продуктивность картофеля была достигнута на фоне навозно-минеральной системы (навоз 40 т/га + $N_{120}P_{26}K_8$). Сравнительно высокая урожайность картофеля в условиях Кольского Севера (30 т/га) с допустимым уровнем содержания нитратов достигается при совместном внесении 110-120 т/га навоза и $N_{80-100}P_{80-100}K_{80-100}$ (Костюк В.И., 1995).

В Нижегородской области Российской Федерации высокая эффективность минеральных удобрений, даже без применения органических, под картофель констатирована в работах В.И. Титовой с соавторами (Титова В.И., Чудоквасов А.А., 2018; Титова В.И., Акопджанян Э.Т., 2021; Акопджанян Э.Т., Титова В.И., 2024).

По определению Н.Е. Власенко (1987), нормы минеральных удобрений при внесении их на фоне 40 т навоза на 1 га составляют, в зависимости от биологических особенностей сорта, на почвах со средней обеспеченностью фосфором и калием под продовольственный картофель $N_{6-120}P_{60-90}K_{90-150}$. Предусмотрено внесение элементов питания и в качестве основного удобрения.

Данное обстоятельство нашли своё отражение и в наших исследованиях по изучению влияния различных норм органических и минеральных удобрений на урожайность и качество картофеля в зависимости от сорта, предшественников и агроклиматических условий долинной, предгорной и

горной зон Республики Таджикистан, проведенных в 5-ти различных почвенно-климатических условиях Таджикистана.

Как показали результаты наших исследований, проведенных в 2011-2015 гг. на темных сероземах Сырдарьинской зоны (сельсовет Дальян района Деваштич Согдийской области), с картофелем сорта Кардинал, продуктивность картофеля зависит не только от предшественников, сорта картофеля и климатических условий, но и от нормы и способов применения органических и минеральных удобрений. Так, если число клубней картофеля на контрольном варианте было 6,0 шт., то на варианте 2, где была применена полная норма полуперепревшего навоза в дозе 30 т/га, количество клубней составило 8,4 шт. На варианте 3 с полной нормой минеральных удобрений $N_{150}P_{80}K_{60}$ количество клубней увеличилось до 7,5 шт. Однако на варианте 5, где совместно применяли половину нормы минеральных и половину нормы органических удобрений в виде полуперепревшего навоза в дозе $N_{75}P_{40}K_{30} + 15$ т, количество клубней картофеля составило 7,2 шт./растение. Т.е. количество клубней на этом варианте увеличилось по сравнению с контрольным вариантом на 2,4 шт., а по сравнению с 2 и 3 вариантами уменьшилось соответственно на 1,2-0,3 шт. Однако, в отличие от показателя «число клубней», в 5 варианте масса клубней картофеля по сравнению с вариантом 2 стала выше на 29,3 г, а по сравнению с 3-м вариантом – на 4,3 гр. (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивность картофеля сорта «Кардинал» на темных сероземах Сырдарьинской зоны Таджикистана (Район Деваштич Согдийской области), в среднем за 2009-2013 гг.

Сорт картофеля	Число учетных растений, шт.	Число клубней, шт./раст.	Масса клубней, г/раст.	Масса 1-го клубня, г	Расчетная урожайность, т/га
1. Контроль (без удобр.)	20	6,0	433,3	72,2	24,7
2. Навоз 30 т/га	20	8,4	619,2	73,7	35,3
3. $N_{150}P_{80}K_{60}$	20	7,5	740,2	98,7	42,2
4. $N_{75}P_{40}K_{30}$	20	6,6	400,0	60,6	22,8
5. $N_{75}P_{40}K_{30} + \text{Навоз } 15 \text{ т/га}$	20	7,2	747,4	103,7	42,6
<i>HCP₀₅</i>					1,82

Как показали результаты наших исследований, увеличение количества клубней, в свою очередь, оказывают значительное влияние и на накопление массы клубней. Исходя из чего, прирост массы клубней сорта Кардинал на варианте 3 и 5 составил 740,2-747,4 г/растение, которое по сравнению с контрольным вариантом выше на 314,1 г, а по сравнению с вариантом с полной нормой только органических удобрений (до 30 т/га навоза) – на 128,2 г/раст., соответственно. Естественно, самая минимальная масса клубней картофеля сорта Кардинал на данном опытном участке была в контрольном варианте и она составила 433,3 г/растение. Соответственно, масса одного клубня на этом варианте составила всего 72,2 г., а на 5 варианте – 103,7 г.

Как показывают полученные данные, в условиях темных сероземов района Деваштич Согдийской области, сравнительно высокая расчетная урожайность была получена на 5 варианте (вариант совместного применения половины нормы минеральных и половины нормы органических удобрений ($N_{75}P_{40}K_{30}+N_{15}$), где она составила 42,6 т/га, и на 3 варианте с применением полной нормы минеральных удобрений, где расчетная урожайность составила 42,2 т/га, что для условий позднего картофелеводства Сырдарьинской зоны Таджикистана является очень хорошим показателем.

Следовательно, по мере увеличения нормы минеральных и органических удобрений, в зависимости от почвенно-климатических условий и предшественников, наблюдается и повышение расчетной урожайности на этих двух удобренных вариантах (варианты 3 и 5), которые по сравнению с контролем, выше на 17,5-17,9 т/га соответственно.

Полученные данные, однако, позволили сделать вывод и о том, что величина прироста массы клубней, и величины расчетной урожайности клубней картофеля, наряду с фактором «удобрение» и «сорт», также зависит от предшественников и почвенно-климатических условий зоны выращивания картофеля, где годовая сумма осадков составляет 400-450 мм, а среднегодовая температура воздуха 10-15 °C.

Кроме того, согласно результатам наших опытов, применение удобрений положительно влияло на рост и развитие растений картофеля, тем самым увеличивало и величину урожая клубней картофеля (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность картофеля сорта Кардинал на темных сероземах Сырдарьинской зоны Таджикистана (Район Деваштич Согдийской области), в среднем за 2009-2013 гг.

Варианты опыта	Годы исследований					Средний урожай, т/га	Прибавка, т/га
	2011	2012	2013	2014	2015		
1. Контроль (без удобр.)	23,8	24,2	23,6	23,1	22,8	23,5	--
2. Навоз 30 т/га	40,7	40,1	39,4	39,3	38,0	39,5	16,0
3. $N_{150}P_{80}K_{60}$	32,2	31,6	31,6	31,1	30,0	31,3	7,7
4. $N_{75}P_{40}K_{30}$	29,6	27,0	26,8	26,5	25,1	27,0	3,5
5. $N_{75}P_{40}K_{30} + N_{15}$	41,0	40,6	40,3	39,7	39,4	40,2	16,7
HCP_{05}						1,05	

Как показывают результаты проведенных нами исследований, наивысший показатель урожайности был получен на 5 варианте, то есть при совместном применении органических и минеральных удобрений в норме $N_{75}P_{40}K_{30}+N_{15}$, где средний урожай за годы исследований составила 40,2 т/га, что на 16,7 т/га больше по сравнению с контрольным вариантом. В варианте с внесением полной нормы минеральных удобрений ($N_{150}P_{80}K_{60}$) показатель урожайности составила 31,3 т/га или же на 7,7 т/га больше контрольного варианта. Однако на 2 варианте, где была внесена полная норма органических удобрений, средний урожай за годы исследований составил 39,5 т/га, что превышает контроль на 16,0 т/га. Далее, при использовании половинной нормы

минеральных удобрений ($N_{75}P_{40}K_{30}$), существенных прибавок урожайности картофеля не наблюдалось.

Существенное увеличение урожая на 5-м варианте ($N_{75}P_{40}K_{30}+H_{15}$) до 40,2 т/га (после распашки поля 3-х летней люцерны), свидетельствует о том, что корневые и пожнивные остатки после распашки пласта 3-х летней люцерны подвергаются минерализации, становясь источником содержания в почве минерального азота, что способствует активизации процесса аммонификации и нитрификации в почве органических остатков и, соответственно, к значительному увеличению содержания элементов питания в минеральной форме.

Литература

1. Акопджанян Э.Т., Титова В.И. Урожайность и семенная продуктивность картофеля при внесении комплексных удобрений / Плодородие. 2024. №4. – С. 10-14.
2. Демин В.А. Влияние расчетных систем удобрений на величину урожая и качество клубней картофеля в севооборотах на темно серой лесной почве центрального района России / Агрохимия 1996. №7. – С. 50-55.
3. Костюк В.И. Оптимизация питания картофеля на Кольском Севере / Агрохимия. 1995. – 115 с.
4. Ставрова Н.Г. Факторы эффективности применения удобрений на песчаных дерново-подзолистых почвах с разной мощностью песчаного слоя / дисс. канд. с.-х. наук. М. 1972. – 190 с.
5. Титова В.И., Акопджанян Э.Т. Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы под картофель на его урожайность и фитопатологическую характеристику клубней / Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 3. – С. 393-400.
6. Титова В.И., Чудоквасов А.А. Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля / Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 6. – С. 9-12.
7. Хозода Б.Н. Влияние органо-минеральных удобрений на продуктивность картофеля в условиях Каралангского массива. // «Земледелец» Таджикского аграрного университета имени Ш. Шохтемур. Душанбе 2024. № 1 (102). – С. 22-25.

УДК 631.454

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОПОЧВ ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮЖНО-МИНУСИНСКОГО ОКРУГА ПОДВИЖНОЙ СЕРОЙ

Юферова Е.В., аспирант, Белоусова Е.Н., канд. биол. н., доцент
Красноярский государственный аграрный университет,
ekaterinagoryaewa@yandex.ru

Аннотация. Цель работы - оценить уровень обеспеченности агропочв подтаежной зоны Южно-Минусинского природного округа сульфатной серой. Анализ содержания серы проводился на реперных участках локального мониторинга согласно методическим указаниям. Обеспеченность агропочв зоны невысокая, отмечены колебания в содержании данного элемента. Выявленные изменения в содержании серы в пахотном горизонте связаны с факторами: удобрения и культура-предшественник, а так же с гранулометрическим составом почвы, реакцией почвенного раствора и содержанием гумуса.

Ключевые слова: мониторинг, сера, удобрения, реперные участки, подтайга.

Актуальность. Содержание подвижной серы в почвах – существенный признак их плодородия. Не восполнение выноса серы с урожаями культур, прогрессирующий дефицит её в почвах неизбежно ведут не только к снижению плодородия почв, но и к уменьшению запасов гумуса и подкислению реакции почвенного раствора, а так же к снижению эффективности минеральных удобрений (Аканова Н.И. с соавт., 2022). Результаты агрохимического обследования агропочв юга Красноярского края свидетельствуют о дефицитном уровне обеспеченности серой пахотного слоя (Пути сохранения..., 2020). Более 85 % площади характеризуется низким содержанием серы. Содержание элемента подвержено значительным колебаниям в диапазоне от 1,3 до 5,6 мг/кг, что, согласно научным данным, указывает на зависимость серы от комплекса агроэкологических факторов и климатических особенностей природных зон (Система земледелия..., 2015). В Южно-Минусинском природном округе в подтаежной зоне особенность содержания подвижной серы в агропочвах в пахотном горизонте и по почвенному профилю мало изучены. Для грамотного нивелирования дефицита серы необходимо проведение мониторинговых наблюдений. Цель исследований - оценка обеспеченности агропочв подтаежной зоны Южно-Минусинской природной округа подвижной серой на основе мониторинга реперных участков под действием минеральных удобрений и культур-предшественников.

Объект и методы исследования. Исследуемые агропочвы расположены в Южно-Минусинском природном округе в правобережной части Минусинской котловины в подтаежной зоне. Материалы исследований свидетельствуют об уменьшении теплообеспеченности и увеличении атмосферного увлажнения в предгорной подтайге по сравнению со степью и лесостепью (Градобоев Н.Д., Коляго С.А., 1954). Объект исследования – агропочвы подтаежной зоны, расположенные в границах реперных участков (РУ), характеризующихся типичным для зоны региона почвенным покровом и историей землепользования, интенсивностью и характером применения средств химизации. Опытные участки занимают часть поля площадью от 6 до 16,5 га и расположены в границах 4 южных районов Красноярского края: РУ 6, 18 в Шушенском районе; РУ 15 в Ермаковском районе; РУ 23 в Идринском районе; РУ 21 в Каратузском районе. На момент закладки реперных участков черноземы выщелоченные, лугово-черноземные, темно-цветные пойменные и серые лесные почвы характеризовались неодинаковым уровнем содержанием подвижной серы в пахотном горизонте и низким уровнем плодородия в целом. Исследуемые агропочвы обладают нейтральной и слабощелочной реакцией почвенного раствора, низким содержанием гумуса, средним и повышенным уровнем обеспеченности подвижным фосфором и обменного калия. Агрохимическое обследование на реперных участках локального мониторинга осуществлялось согласно методическим указаниям ЦИНАО, участки разбивались на равные четыре элементарных участка независимо от их площади. Отбор почвенных образцов проводили в конце августа – начале сентября с глубины 0-20 см методом сплошного отбора с применением GPS-трекера в период отбора почвенных образцов дает возможность зафиксировать

границы элементарного участка с привязкой к полученным результатам (рис.1а).

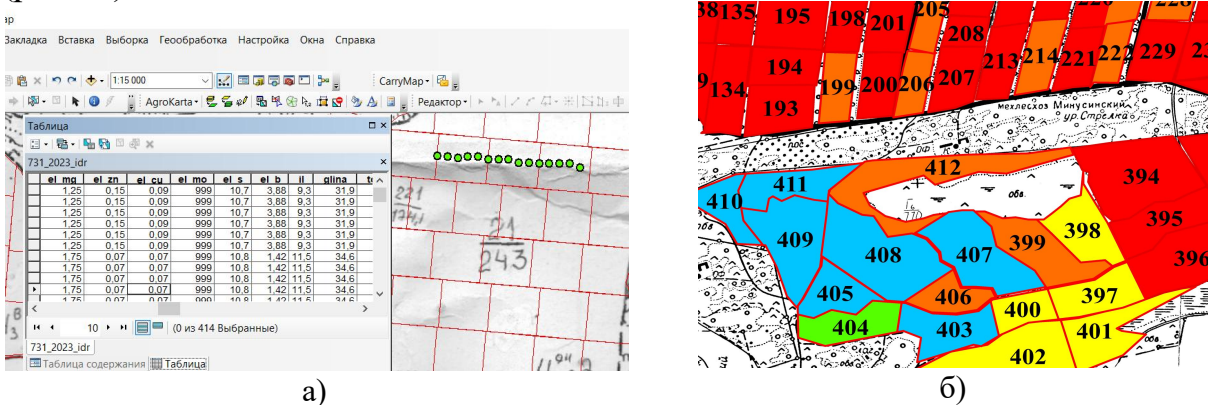


Рис. 1. Пример шейп-файла для отбора почвенных образцов при мониторинге в программе ArcMap с фиксацией точек отбора образца (а) и агрохимическая картограмма (б), сделано автором статьи

При этом использование (Красницкий В.М., Шмидт А.Г., 2019) навигационных устройств позволяет при отборе почвенных проб фиксировать координаты точек отбора и в дальнейшем более точно отслеживать динамику серы. Анализы почвенных образцов проводился в аккредитованной лаборатории ФГБУ ГСАС «Минусинская» (Державина Л.М., Булгакова Д.С., 1996). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием пакета программ MS Excel. С помощью ГИС-программы *ArcMap* и MS Excel, проводился учет показателей состояния почвенного плодородия агропочв региона с целью изучения динамики временных изменений показателей плодородия, оценке уровня трансформации прошедший период под влиянием сельскохозяйственной деятельности (рис. 1б).

Обсуждение результатов. Анализ результатов наблюдений за содержанием сульфатной серы в почвах реперных участков за период с 1995-2024 гг. в условиях подтаежной зоны указывал на увеличение ее содержания вниз по профилю по почвенному профилю интразональной лугово-черноземной агропочвы. Выявлена положительная взаимосвязь концентрации сульфатной серы с гранулометрическим составом ($r=0,91$), реакцией почвенного раствора ($r=0,70$), а также с органическим веществом ($r=-0,93$), подвижным фосфором ($r=-0,94$) и обменным калием ($r=-0,71$) (табл. 1).

Таблица 1 – Профильное распределение серы в почвах РУ подтаежной зоны

РУ	Тип/ подтип	Глубина	Гран. состав	Гумус	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₄	pH _{kcl}
		см	%	%	мг/кг почвы			
6	Лугово- чернозем- ные почвы	0-20	26,4	2,3	165	150	0,2	7,5
		20-40	28,2	2,1	94	74	2,1	7,4
		40-60	42,2	1,4	59	74	4,4	7,5
		60-80	41,5	1,1	55	85	6,4	7,7
		80-100	38,1	1,0	50	48	4,7	7,7

Продолжение таблицы 1

РУ	Тип/ подтип	Глубина	Гран. состав	Гумус	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₄	pH _{кел}
		см	%	%	мг/кг почвы			
15	Серые лесные	0-20	25,9	2,3	144	78	1,1	7,7
		20-40	23,6	2,1	115	56	0,85	7,2
		40-60	28,1	1,0	44	41	0,95	7,4
		60-80	29,1	0,8	32	39	0,65	7,5
		80-100	30,7	0,8	30	44	1,35	7,6
18	Темно- цветные поймен- ные	0-20	27,2	2,6	281	73	1,4	6,5
		20-40	26,0	1,6	381	55	1,35	6,6
		40-60	24,2	1,0	34	58	2,25	7,4
		60-80	25,2	1,0	30	46	1,35	7,7
		80-100	33,9	1,0	26	41	1,6	7,9
21	Чернозем выщелочен ный	0-45	37,96	7,5	212	73	3,2	5,7
		45-56	32,38	4,2	219	47	1,45	6,1
		56-79	34,59	1,1	387	47	0,75	6,4
		79-115	28,24	0,7	29	40	1,0	7,2
		115-137	28,57	0,4	20	39	1,7	7,6
23	Чернозем выщелочен ный	0-30	38,3	12,76	111	63	1,4	6,7
		30-42	47,6	6,29	23	45	1,1	7,4
		42-64	49,3	2,01	45	44	0,6	7,9
		64-84	45,3	1,28	31	54	0,4	8,0

В темно-цветных пойменных почвах профильное распределение серы определялось содержанием гумуса и подвижным фосфором ($r=-0,42$ и $r=-0,50$ соответственно). Для серых лесных легкосуглинистых почв также как и для темно-цветных почв, по мере утяжеления гранулометрического состава наблюдалось увеличение концентрации серы. Накопление элемента питания тесно было связано и с реакцией почвенного раствора ($r=0,51$).

Исследования профильного распределения содержания подвижной серы в черноземах выщелоченных среднесуглинистых показало наибольшую обеспеченность гумусово-аккумулятивного горизонта сульфатной серой. Зафиксировано уменьшение содержания серы вниз по профилю, что напрямую обусловлено гранулометрическим составом ($r=0,63$) и содержанием гумуса ($r=0,90$). Кроме того, вниз по профилю агрочерноземов отмечено подщелачивание реакции почвенного раствора и соответственно снижение концентрации подвижной серы ($r=-0,74$).

За длительный период наблюдений обеспеченность подвижной (сульфатной) серой агропочв реперных участков характеризовалась значительными флуктуациями в интервале от 0,05 до 20,5 мг/кг. Подобные изменения, вероятно, обусловлены различным использованием минеральных удобрений и чередованием культур в севообороте. Анализ данных пахотного слоя черноземов выщелоченных среднесуглинистых показал высокую зависимость содержания серы от применения минеральных удобрений ($r=0,61$). Выявлено, что содержание серы в периоды интенсивного использования минеральных удобрений и прекращения их внесения фиксируют

трансформацию содержания серы. Многолетние данные свидетельствуют о благоприятном влиянии удобренного фона на накопление серы (табл. 2).

Таблица 2. Влияние агрофакторов на содержание подвижной серы (мг/кг) в черноземах выщелоченных среднесуглинистых (0-20 см)

Реперные участки	РУ21		РУ23		РУ21		РУ23	
Агрофактор:	удобрения, t _{0,5} =2,365 - 2,571				культура предшественник, t _{0,5} =2,571 - 2,776			
Фон	б/у*	уд.**	б/у	уд.	б/у		уд.	
Среднее (2018-2024гг.)					Рапс яровой			
	1,8	7,6	1,48	7,9	0,84	9,3	1,85	10,9
t _{факт.}	2.62		7.4		6.3		9.05	

* без удобрений; ** удобренный фон

Выявлена высокая зависимость обеспеченности серой черноземов выщелоченных среднесуглинистых по неудобренному фону от содержания гумуса ($r=-0,74$) и реакции почвенного раствора ($r=0,78$). Данные по среднему значению содержания серы в 0-20 см слое агрочерноземов под посевами ярового рапса указывали на низкое ее содержание в почве всех опытных вариантов неудобренного фона. Применение удобрений выявило повышение показателя до среднего класса обеспеченности.

Мониторинг обеспеченности серой пахотного слоя лугово-черноземной солончаковатой легкосуглинистой почвы зафиксировал связь накопления серы с гумусом и гранулометрическим составом ($r=0,55$ и $r=0,70$, соответственно) для удобренного фона (табл. 3).

Таблица 3. Динамика изменения содержания подвижной серы в интразональных почвах подтайги, $t_{0,5}= 2,048 - 2,069$

Фактор	РУ6		РУ15		РУ18	
Тип/подтип	лугово-черноземная солончаковатая		серая лесная		темно-цветная пойменная	
Фон	б/у	уд.	б/у	уд.	б/у	уд.
Среднее (1995-2024 гг.)	2,9	8,3	2,2	13,7	2,3	15,5
$t_{\text{факт.}}$	3,62		3,14		3,57	

Наблюдения на агросерой легкосуглинистой почве свидетельствовали о высокой зависимости накопления серы в пахотном слое от серосодержащих минеральных удобрений ($r=0,88$). Различия между удобренным и неудобренным фонами составили 11,5 мг/кг (см. табл. 3). При этом на удобренном фоне отмечена положительная зависимость аккумуляции серы от реакции почвенного раствора ($r=0,94$).

Анализ результатов исследования по культурам-предшественникам: яровой пшенице, кукурузе, картофелю и паровому полю показал значительные колебания в содержании серы по удобренному фону на всех опытных участках.

Под яровой пшеницей, выращиваемой на лугово-черноземной почве, выявлена зависимость накопления сульфатной серы от гумуса ($r=0,94$), подвижного фосфора ($r=0,59$) и обменного калия ($r=0,83$) по удобренному фону. Кроме того, внесение минеральных удобрений на лугово-черноземной почве сопровождалось подщелачиванием, что препятствовало накоплению серы в пахотном слое ($r=-0,77$). В почве под посевами кукурузы накопление серы определялось подвижным фосфором ($r=0,78$) и реакцией почвенного раствора ($r=0,76$) (табл. 4).

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений на содержание подвижной серы (мг/кг) в интразональных почвах (0-20 см) в зависимости от фона и предшественника, $t_{05}= 2,776 - 2,306$

Факторы: культура, фон	Пшеница яровая		t _{факт}	Картофел ь		t _{факт.}	Кукуруза		t _{факт}	Пар	Люцерна
	б/у	уд.		б/у	уд.		б/у	уд.			б/у
Лугово-черноземные солончаковатые легкосуглинистые почвы											
РУ6	-	10,4	-	3,3	5,1	2,2	-	10,3	-	1,7	
серая лесная легкосуглинистая почва											
РУ15	3,5	-	-	-	-	-	1,2	13,7	3,4	-	
темно-цветная пойменная легкосуглинистая почва											
РУ18	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	1,98

На неудобренном фоне лугово-черноземной почвы после картофеля содержание серы зависело от гумуса ($r=0,95$), подвижного фосфора ($r=0,69$) и калия ($r=0,63$), тогда как на удобренном фоне выявленные зависимости становятся отрицательными. По паровому предшественнику большое влияние на накопление серы оказывают уровень содержания подвижного фосфора ($r=0,66$), обменного калия ($r=0,58$) и реакция почвенного раствора ($r=-0,59$).

В 0-20 см слое агросерых почв на неудобренном фоне после яровой пшеницы выявлено накопление подвижной серы от содержания гумуса ($r=0,99$). По предшественнику – кукуруза различия между удобренным и неудобренным фонами значимы. Здесь отмечалось статистически значимое увеличение обеспеченности почв подвижной серой. Для этого предшественника по удобренному фону зависимость содержания серы от реакции почвенного раствора составляла ($r=0,94$), а для неудобренного с гумусом и фосфором ($r=-0,68$ и $r=0,90$, соответственно).

Мониторинг изменений серы в пахотном слое темно-цветной пойменной почвы по предшественникам на неудобренном фоне наблюдался дефицит элемента питания после всех предшественников. Содержание сульфатной серы в 0-20 см слое почвы как по люцерне ($r=-0,81$), так и по паровому предшественнику ($r=0,68$) определялось реакцией почвенного раствора.

Выводы. 1. Обеспеченность агропочв подтаежной зоны Южно-Минусинского природного округа подвижной серой невысокое. 2. Трансформация серы определялась гранулометрическим составом, реакцией

среды, а в интразональных почвах – подвижным фосфором и обменным калием. 3. Профильное распределение серы для типов/подтипов почв зоны обусловлено утяжелением гранулометрического состава и варьированием реакции среды. Зафиксировано отрицательное влияние подщелачивания почвенной среды на накопление серы, как в пахотном слое, так и по почвенному профилю. 4. Наибольшее содержание серы было сосредоточено в гумусовом горизонте черноземов. Сходная тенденция наблюдалась на серых лесных почвах и темно-цветных пойменных. В лугово-черноземных почвах отмечалась существенная роль подвижного фосфора и обменного калий в обеспеченности подвижной серой.

Литература

1. Аканова Н.И. Агроэкологическое значение серы и потребность в серосодержащих удобрениях в земледелии России / Н.И. Аканова, Т. В Гребенникова. М. М. Визирская // Плодородие. – 2022. – №4. – С. 83-87.
2. Градобоев Н.Д. Почвы Минусинской впадины /Н.Д. Градобоев, С.А. Коляго. - Москва: Изд-во Акад. Наук СССР, 1954. – 304 с.
3. Красницкий В.М. Мониторинг плодородия почв как элемент точного земледелия при использовании азотных минеральных удобрений / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт // Агрохимическое обеспечение цифрового земледелия. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2019. – С. 59-62
4. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М.: Изд-во ЦИНАО, 1996. – 16 с.
5. Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края: науч.-практ. рекомендации / Е.В. Алхименко, Е.Н.Белоусова, О.Н. Вебер [и др.]. – Красноярск, 2020. 48 с.
6. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: руководство. – Красноярск, 2015. – 591 с. – С. 54-81.

Оглавление

Роль личности в истории формирования кафедр, факультетов и научных школ

Варламова Л.Д. <i>Владимир Григорьевич Бусоргин – человек, ученый, педагог</i>	4
Дабахова Е.В. <i>Специальность «Агроэкология» в Нижегородской ГСХА (НГАТУ имени Л.Я. Флорентьева): открытие, становление, развитие</i>	9
Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л., Царева М.В., Мишура О.И., Коготько Ю.В. <i>Вклад ученых-агрохимиков белорусской государственной сельскохозяйственной академии в развитие агрохимической науки</i>	12
Сидиков С., Гафурова Л., Эргашева О. <i>История развития агрономической химии в Узбекистане</i>	17
Значение генезиса и возможности оптимизации плодородия почв в агроэкосистемах. Геоинформационные системы и цифровые методы как современный вектор развития агротехнологий	
Беленков А.И., Акимов А.А. <i>Влияние метеоусловий и показателей почвенного плодородия на урожайность зерновых культур в полевом опыте ЦТЗ</i>	22
Белоусова Е.Г. <i>Эффективность применения калийных удобрений на льне-долгунце</i>	27
Бузуева А.С., Губарев Д.И., Ефимова В.И., Стрельцов С.Б. <i>Динамика содержания обменных оснований под различными агроценозами на черноземе южном</i>	32
Губарев Д.И., Ефимова В.И., Бажан Г.Н. <i>Изменение компонентов катионно-анионного состава черноземных почв при различном их использовании</i>	36
Крыпин Д.Д., Ефремова М.А. <i>Влияние органического вещества на подвижность свинца в загрязненной тяжелым металлом почве</i>	39
Кулагина Н.А., Полякова Н.В., Куприянов М.А., Демичев П.А., Бобриков А.Н. <i>Динамика эмиссии углерода в пойме реки Кудьма в зависимости от гидрологических условий и микрорельефа</i>	43
Митянин И.О. <i>Влияние разработок по добыче песка на изменение агрохимических показателей почв сельхозугодий</i>	47
Митянин И.О. <i>Влияние работ по строительству автодорог на изменение агрохимических показателей почв сельхозугодий</i>	51
Новожилов И.А., Алакборова Д.Д., Чирков В.Д. <i>Геопространственное варьирование содержания гумуса почвенного покрова неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения ТНВ «Михеев и Компания» Бутурлинского муниципального округа Нижегородской области</i>	56
Полякова Н.В., Бобриков А.Н., Кулагина Н.А., Куприянов М.А., Демичев П.А. <i>История осушения пойменных земель Нижегородской области и их состояние в современный период</i>	63
Полякова Н.В., Богомолова Ю.А., Байдала Д.Д. <i>Влияние энергосберегающих обработок на физико-химические показатели светло-серой лесной почвы в звене севооборота с бобовыми культурами</i>	67
Платонычева Ю.Н., Гетманченко Е.А.	

<i>Оценка загрязнения подземных вод в районе действия полигона промышленных отходов</i>	72
Стекольников К.Е.	
<i>Органическое земледелие в России, за и против</i>	78
Белоусова Е.Г.	
<i>Влияние органо-минерального удобрения «осеннее» на продуктивность льна-долгунца</i>	83
Роль агрохимикатов в создании растительной продукции и поддержании устойчивости биосферы.	
Агростартап как эффективный прием внедрения инновационных технологий в сельском хозяйстве	
Белоусова Е.Н., Белоусов А.А.	
<i>Комплексная диагностика условий минерального питания озимой ржи при внесении минеральных удобрений</i>	88
Ветчинников А.А., Митрофанов В.Е., Повелайтитис В.А.	
<i>Проектно-ориентированное обучение в вузах как драйвер инновационного предпринимательства в аграрном секторе</i>	93
Ветчинников А.А., Петухова А.С., Баранов Е.В.	
<i>Сравнительный анализ влияния различных спектров LED-источников освещения на рост и развитие микрорастений редьки</i>	99
Диаките Б.	
<i>ЖКУ в современных системах удобрения значение, особенности и результаты использования</i>	106
Карпова А.Ю., Кадышева М.Э., Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И.	
<i>Изменение агрохимических и биологических свойств дерново-подзолистей почвы при возделывании многолетних агрофитоценозов</i>	110
Кириллова Д.А., Лобанова Т.С., Володина Е.Н.	
<i>Влияние ионитного субстрата Цион на некоторые морфометрические показатели яровой пшеницы, выращиваемой на различных грунтах в условиях модельного опыта</i>	115
Климова А.В., Курьянова И.В., Калинин Д.И.	
<i>Перспективные методы селекции растений для повышения устойчивости к различным заболеваниям</i>	120
Короленко И.Д., Кодочилова Н.А., Кондратьева Ю.Д., Смирнова Ю.П.	
<i>Влияние борсодержащих препаратов на рост и развитие клевера лугового на первом этапе онтогенеза</i>	125
Короленко И.Д., Пасынкова Е.В., Пестова В.С.	
<i>Влияние разных форм калийных удобрений на продуктивность листового салата в мелкоделяночном полевом опыте на светло-серой лесной почве</i>	131
Муралев С.Г.	
<i>Концепция применения жидких комплексных удобрений с микроэлементами в современном сельскохозяйственном производстве</i>	135
Пестрякова Н.А., Эргашева О.	
<i>Действие азота минеральной или органической формы на почву и растения в начальный период их роста</i>	142
Петроченко Ю. С., Курьянова И. В.	
<i>Оценка посевных качеств семян озимой пшеницы на серых лесных почвах Нижегородской области</i>	145
Рыбин Р.Н.	
<i>К вопросу оценки степени загрязнения почвы при использовании побочных продуктов животноводства в качестве удобрений</i>	151
Семененко Л.А., Тепленкова А.С., Воронина Л.П.	

<i>Физиолого-биохимическая характеристика разных сортов мяты при их возделывании с фолларным применением янтарной и кофейной кислот</i>	154
Слюсарев В.Н.	
<i>Перспективы использования шлама терриконов восточного Донбасса в качестве агрохимикатов.</i>	158
Титова В.И.	
<i>Декарбонизация и дыхание почвы значение для земледелия и агрохимии</i>	162
Титова В.И., Судаков Д.Е.	
<i>К оценке фитотоксичности условно чистых сточных вод частного домовладения на тестовых культурах</i>	166
Холзода Б. Н.	
<i>Влияние совместного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность картофеля в условиях сырдарьинской зоны Таджикистана</i>	169
Юферова Е.В., Белоусова Е.Н.	
<i>Оценка обеспеченности агропочв подтаежной зоны Южно-Минусинского округа подвижной серой</i>	173

Сборник статей

Под общей редакцией:

Басонов Орест Антипович, и. о. ректора, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Платонычева Юлия Николаевна, декан биоэкологического факультета, кандидат биологических наук, доцент.

Агрономическая химия и экология: вчера, сегодня, завтра

Материалы национальной научно-практической конференции
(с международным участием)

14–16 мая 2025 г.

Публикуется в авторской редакции.

Автор(ры) несут всю ответственность за научное содержание и достоверность используемых сведений, за соблюдение авторских прав третьих лиц, а также за сохранение государственной и коммерческой тайны.

Компьютерная верстка: Белоусова Е. Г., Володина Е. Н.

Подписано к публикации 08.09.2025

Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. — 21,2. Уч. изд. л. — 12,5.

ISBN 978-5-6051874-7-9

ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. Л. Я. Флорентьева
603107, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97