

На правах рукописи

КАСИМОВ ИСКАНДЕР РАСТАМОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ульяновск, 2023

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель: **Куликова Алевтина Христофоровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией агрохимии органических, известковых удобрений и химической мелиорации
Всероссийский научно-исследовательский институт Агрохимии имени Д. Н. Прянишникова

Чекаев Николай Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр агрохимической службы «Татарский»

Защита диссертации состоится «14» декабря 2023 года в 13 часов на заседании диссертационного совета 99.2.117.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел./факс 8-(846-63)-46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте www.ssaa.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В настоящее время учеными убедительно доказано, что реакция почвенной среды является фундаментом для проведения всех технологических приемов, направленных на улучшение качества растениеводческой продукции и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Кислотность почвы оказывает существенное влияние на химические и биохимические процессы в почве, на численность микроорганизмов, на рост и развитие растений. Если кислотность почвы повышенная, то плодородие почвы и, как следствие, урожайность высококочувствительных к реакции почвенной среды сельскохозяйственных культур находится на низком уровне. В данном случае производство экологически безопасной и высококачественной сельскохозяйственной продукции будет ограничено.

Систематический мониторинг почв, проводимый Федеральной агрохимической службой с целью контроля уровня плодородия почв, выявил, что более 65 млн. га возделываемых почв по всей России имеет повышенную кислотность. Причем неблагоприятная динамика роста площади кислых почв сохраняется и сегодня. Ульяновская область, к сожалению, не является исключением. По состоянию на 01.01.2022 г., площади кислых почв Ульяновской области составили 705 тыс. га (49 %). Более того, происходит прогрессирующее подкисление почв. Последнее обуславливает необходимость принятия срочных мер по снижению повышенной кислотности почв, в том числе черноземов, и оценки эффективности известкования мелом местных месторождений.

Исследования являются составной частью плана научной работы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (регистрационный № АААА-А16-116.041.110.183-9).

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось изучение влияния известкования чернозема выщелоченного на продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие **задачи**:

1. Выявить влияние мелиоранта в зависимости от доз внесения на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного;
2. Оценить продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от известкования почвы и применения минеральных удобрений;
3. Изучить последствие известкования чернозема выщелоченного на свойства почвы, продуктивность и качество продукции сои;
4. Дать агроэкологическую и экономическую оценку известкования почвы при возделывании яровой пшеницы и сои в последствии.

Степень разработанности темы. Изучением вопросов химической мелиорации (известкования) кислых почв в почвенно-климатических условиях Поволжья, его последствия, отзывчивости сельскохозяйственных культур на данный агроприем, а также определения экономической целесообразности его проведения занимались многие ученые (Алиев Ш.А., 2002; Гришин Г.Е., 2002; Ивойлов А.В., 2002; Моисеев А.А., Прокина Л.Н., Каргин В.И., 2005; Шильников И.А., Гришин Г.Е., Аканова Н.И., 2011; Чекаев Н.П., Лесков А.В., 2020;

Лукманов А.А., 2022 и др.). Тщательный анализ научных результатов исследований доказывает необходимость дальнейших научных изысканий в области известкования черноземов выщелоченных в зависимости от доз, способов внесения возделываемых культур и т.д.

Научная новизна. Впервые в условиях Ульяновской области на черноземе выщелоченном среднесуглинистом проведены комплексные исследования по оценке эффективности известкования мелом Шиловского месторождения Сенгилеевского района Ульяновской области при возделывании яровой пшеницы и сои.

В исследованиях установлено, что внесение мела Шиловского месторождения с суммарным содержанием CaCO_3 и MgCO_3 не ниже 98,5 % как в чистом виде, так и на фоне стартовых минеральных удобрений (N40P40K40) приводило к существенному улучшению агрохимических свойств и повышению биологической активности чернозема выщелоченного.

Выявлено, что внесение мела в качестве известкового материала в дозе 2-6 т/га содействовало достоверному повышению урожайности зерна яровой пшеницы на 0,24-1,78 т/га и сои на 1,06-1,30 т/га по сравнению с абсолютным контролем.

Установлена высокая эффективность мела Шиловского месторождения в нейтрализации кислотности почвенной среды: сдвиг обменной кислотности в зависимости от дозы мелиоранта составил 0,35-0,62 единиц рН при сочетании его с минеральными удобрениями. Выявлено при этом существенное улучшение биологической активности и питательного режима чернозема выщелоченного, повышение урожайности яровой пшеницы и сои, улучшение качества и получение экологически безопасной продукции. Проведена экономическая оценка эффективности известкования почвы при возделывании яровой пшеницы и сои.

Теоретическая и практическая значимость. Внесен существенных вклад в понимание необходимости известкования черноземов со слабокислой реакцией среды. Результаты научных исследований доказывают возможность использования в производственных условиях мела Шиловского месторождения Сенгилеевского района Ульяновской области с целью уменьшения кислотности пахотных почв, что способствует поддержанию почвенного плодородия, росту продуктивности возделываемых культур и формированию продукции с высокими показателями качества.

Установлено, что с экономической точки зрения на черноземных почвах Среднего Поволжья, имеющих повышенную или слабокислую реакцию почвенной среды, применение местных запасов известковых материалов эффективно на фоне минеральных удобрений.

Методология и методы исследования. Методология данных исследований основана на комплексном подходе к изучению эффективности мела Шиловского месторождения в качестве известкового материала для нейтрализации кислотности кислых почв, включающем проведение полевых и лабораторных экспериментов. В работе использованы теоретические методы исследований (обработка результатов исследований методом статистического анализа) и эм-

пирические (полевые опыты, графическое и табличное представление полученных результатов).

Основные положения, выносимые на защиту:

- влияние известкования, в том числе на фоне минеральных удобрений, на агрохимические, биологические показатели и агрофизические свойства чернозема выщелоченного среднесуглинистого под посевами яровой пшеницы и сои;
- отзывчивость яровой пшеницы на действие и сои на последствие известкования почвы;
- экономическая и агроэкологическая эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур при применении мела как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями.

Степень достоверности и апробации результатов. Степень достоверности полученных результатов обосновывается применением современных методов исследований как в полевых опытах, так и при проведении лабораторных анализов почвенных и растительных образцов, необходимым количеством наблюдений и учетов, результатами статистической обработки экспериментальных данных, проведением корреляционно-регрессионного анализа.

Показатели экспериментальной работы апробированы и внедряются в ООО «КФХ Возрождение» Чердаклинского района Ульяновской области. Результаты исследований используются при чтении лекций во время учебного процесса для студентов агрономического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина» по дисциплинам: агрохимия, системы земледелия, использование нетрадиционных ресурсов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

Положения научных исследований докладывались и обсуждались на V Всероссийской студенческой научной конференции с Международным участием, на внутривузовских научных конференциях в Ульяновском ГАУ им. П.А. Столыпина (2016 – 2017 гг.): «В мире научных открытий» (Ульяновск, 2016), Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием «Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства» (Ульяновск, 2017), Международной научно-практической конференции «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (Нижний Новгород, 2017).

Личный вклад соискателя. Автором совместно с научным руководителем разработана программа исследований, лично проведены закладка полевых и лабораторных экспериментов, соответствующие учеты и интерпретация экспериментальных данных, их экологическая и экономическая оценка, выявлены лучшие решения изучаемой проблемы и даны рекомендации сельскохозяйственному производству.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 2 публикации входящие в список изданий, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ и 1 статья – в иностранном журнале «Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences».

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 117 страницах и

состоит из введения, 7 глав, заключения, библиографического списка и приложений. В работе содержится 9 таблиц, 56 рисунков, 47 приложений. Библиографический список включает 144 источника, в том числе 17 – зарубежных авторов. Работа выполнена на кафедре почвоведения, агрохимии и агроэкологии на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

Автор выражает искреннюю признательность за ценные советы и помощь в выполнении работы научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Куликовой Алевтине Христофоровне, кандидату сельскохозяйственных наук Захарову Николаю Григорьевичу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Роль известкования в повышении плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур (обзор литературных сведений)

Представлен обзор источников литературы, отражающих понятие кислотности почвы, ее негативное влияние на сельскохозяйственные культуры. Показаны результаты научных исследований по вопросам эффективности химической мелиорации (известкования) в различных регионах в зависимости от типа почвы, доз, периодичности проведения.

Глава 2. Объекты, условия и методы исследования

Исследования проведены на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2016-2020 гг. на черноземе выщелоченном среднесуглинистом среднемощном со следующими агрохимическими свойствами: содержание гумуса 4,1 % (средний класс обеспеченности), подвижных форм фосфора и обменного калия 165 и 175 мг/кг почвы (высокий класс обеспеченности), обменная кислотность pH_{KCl} 5,46, гидролитическая кислотность 3,23 мг-экв./100 г почвы (слабокислая реакция).

Научные исследования проведены в двухфакторном полевом опыте по следующей схеме: 1.1.1. Контроль (фон 1); 1.1.2. Фон 1 + $CaCO_3$ 2 т/га; 1.1.3. Фон 1 + $CaCO_3$ 4 т/га; 1.1.4. Фон 1 + $CaCO_3$ 6 т/га; 2.1.1. NPK по 40 кг/га д.в. (фон 2); 2.1.2. Фон 2 + $CaCO_3$ 2 т/га; 2.1.3. Фон 2 + $CaCO_3$ 4 т/га; 2.1.4. Фон 2 + $CaCO_3$ 6 т/га.

Посевная площадь делянки – 60 м² (6×10), учетная – 32 м² (4×8), повторность опыта четырехкратная, рендомизированное размещение делянок.

Мел Шиловского месторождения представляет собой сыпучий порошкообразный продукт белого цвета с влажностью 4-6 % и тониной помола до 0,5 мм – 70 %, до 1 мм – 90 %, до 3 мм – не более 5 %. Преимущество мела данного месторождения – высокое содержание карбоната кальция $CaCO_3$ (не менее 94 %), суммарное содержание $CaCO_3 + MgCO_3$ достигает 98,5 %. Месторождение имеет разведанные запасы природного мела объемом около 3 520 тыс. тонн, что при планируемой добыче хватит более чем на 30 лет. Добыча мела производится открытым способом.

Дозы мела в опыте рассчитывались с учетом фактических данных по гидро-

литической кислотности почвы по общепринятой методике. Внесение мела осуществлялось в осенний период под основную обработку (вспашку) почвы, сложных удобрений (азофоски в дозе N40P40K40) – весной под предпосевную культивацию. Технология возделывания изучаемых культур в опыте – адаптивная для почвенно-климатических условий Ульяновской области.

Экспериментальными культурами являлись пшеница мягкая яровая сорта Маргарита (оригинатор – Ульяновский НИИСХ), разновидность – лютеценс, сорт среднеспелый (80-94 дня); соя сорта УСХИ 6 (оригинатор – ФГБОУ ВО-Ульяновский ГАУ), сорт раннеспелый (110-120 дней), зернового направления.

Оценка динамики метеорологических элементов за 2016 – 2020 гг. показала значительную вариабельность суммы осадков как за вегетационный период, так и в целом за год. Контрастные условия позволили оценить продуктивность возделываемых в опыте культур и их реакцию на известкование почвы.

Для решения поставленной цели и задач в двухфакторном полевым опыте были проведены учеты, наблюдения и анализы по следующим методикам: фенологические наблюдения визуально по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва: Колос, 1971); отбор и подготовку проб почвы (ГОСТ 17.4.02-84) проводили буром Малькова в пахотном слое каждого варианта I и III повторностях в пяти точках; в смешанных образцах определяли: обменную кислотность потенциметрически (ГОСТ 26483-85), органический углерод по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), общий азот (ГОСТ 26107-84), азот нитратный – потенциметрическим методом (ГОСТ 26951-86), обменный аммоний – фотометрическим методом (ГОСТ 26489-85), подвижные формы фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), гидролитическую кислотность по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); в растительных образцах содержание общего азота – по Къельдалю (ГОСТ 13496.4-93), общего фосфора – по А.А. Бондаренко и Д.К. Харитоновой (ГОСТ 30504-97), общего калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97), сырого белка – ГОСТ 13496.4-2019, сырой клейковины – ГОСТ 27839-2013, сырого жира – ГОСТ 13496.15-2016, тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 30178-96). Учет фактического урожая изучаемых культур проводили с учетной площади деланки с пересчетом на 100 % чистоту (ГОСТ 12037-81) и стандартную влажность (ГОСТ 27548-97). Почвенные и растительные анализы выполнены в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» (№ RA.RU. 510251).

Экономическую оценку технологии возделывания яровой пшеницы и сои проводили по системе натуральных и стоимостных нормативов и цен, принятых для производственных условий ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2021 г. Полученные экспериментальные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа двухфакторного опыта (Доспехов Б.А., 1985) и корреляционно-регрессионного анализа с использованием электронной таблицы Microsoft Office Excel 2007.

Глава 3. Влияние известкования на свойства чернозема выщелоченного

3.1. Обменная и гидролитическая кислотность

Проведение известкования чернозема выщелоченного, имеющего слабокислую реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,46 ед.), позволило существенно улучшить режим кислотности почвы, прямо пропорционально дозе внесения мела. Это, в свою очередь, оказало благоприятное воздействие на рост и развитие яровой пшеницы – культуры, требовательной к уровню кислотности, для которой оптимальным интервалом pH_{KCl} является значение 6,0-7,3. Наиболее существенное изменение гидролитической кислотности почвы отмечено на вариантах с повышенными дозами мела (4-6 т/га), независимо от применения минеральных удобрений (рис. 1). В то же время, при использовании сложных удобрений в дозе N40P40K40 в сочетании с мелом выявлена тенденция дополнительного снижения кислотности почвенного раствора.

Корреляционно-регрессионный анализ позволил установить прямую линейную зависимость между дозами извести (x) и обменной кислотностью почвы (y) вида $y = 0,0598x + 0,097$ ($R^2 = 0,78$). Уравнение свидетельствует о том, что при внесении каждой тонны мела наблюдается снижение обменной кислотности почвы на 0,06 единиц (уравнение действительно при уровне обменной кислотности 5-7 единиц).

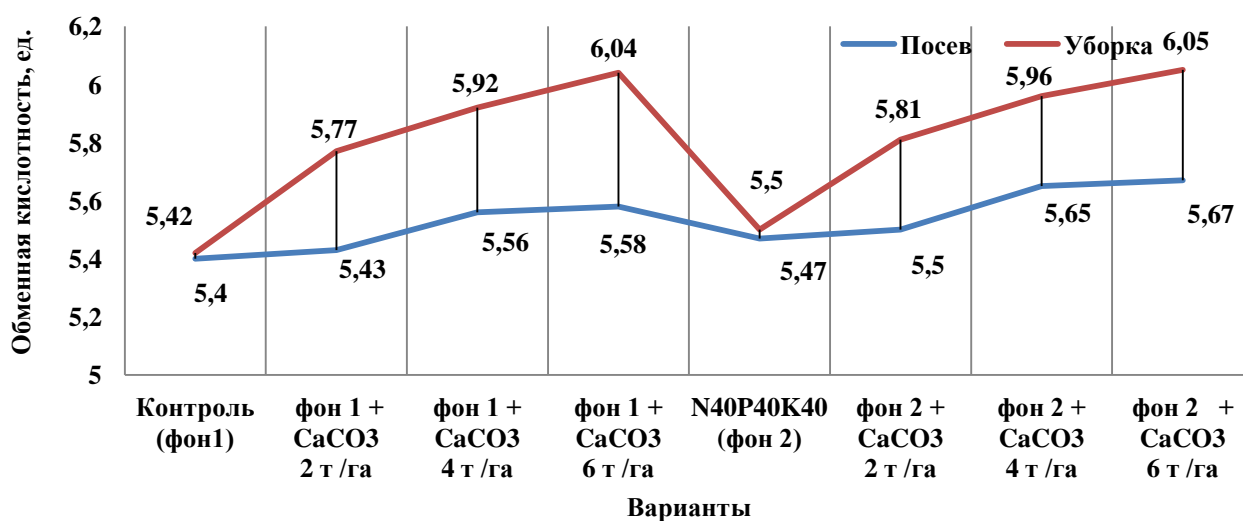


Рисунок 1 – Влияние известкования почвы на изменения обменной кислотности под посевами яровой пшеницы (средние за 2016-2019 гг.)

Следовательно, известкование чернозема выщелоченного, в том числе на фоне минеральных удобрений, обеспечило снижение реакции почвенного раствора и повышение величины обменной кислотности. Эффективность известкования заключалась в снижении кислотности почвы к концу вегетационного периода. Исходя из значения обменной кислотности, почва опытного участка из слабокислой под действием известкования перешла в группу почв, имеющих близкую к нейтральной реакцию среды (pH_{KCl} 5,6 до 6,0 ед.). Схожая закономерность наблюдалась и по показателям гидролитической кислотности.

Следует отметить, что для известкования чернозема выщелоченного со слабокислой реакцией почвенного раствора достаточно применять мел в дозе 4 т/га. Дальнейшее повышение дозы не приводит к существенному изменению кислотности почвы.

3.2. Численность микроорганизмов и ферментативная активность почвы

Известкование оказало положительное воздействие на биологические свойства почвы (рис. 2). Количество аммонифицирующих бактерий, определяющих азотный режим почвы, возросло на 29 и 38 % при внесении мела как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями, несимбиотических азотфиксаторов – на 32 и 23 % соответственно.

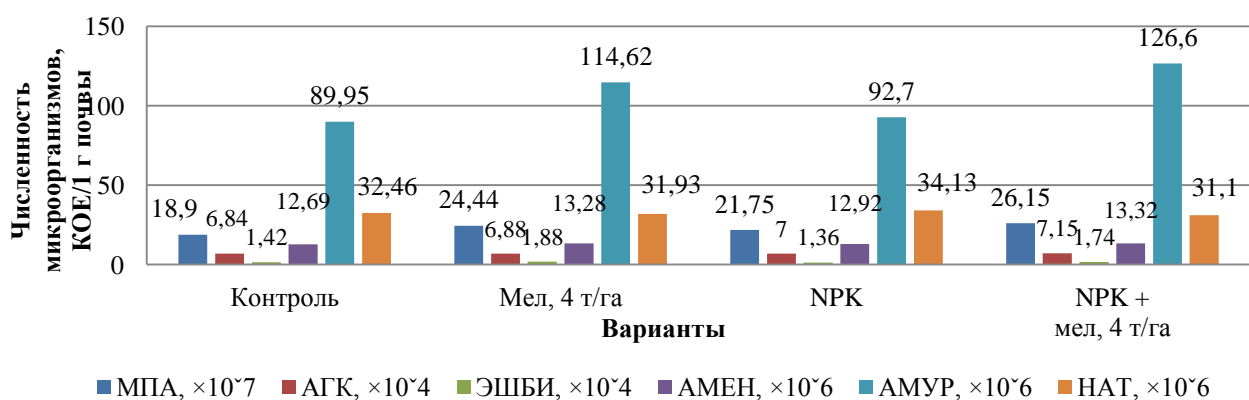


Рисунок 2 – Влияние известкования и минеральных удобрений на численность эколого-физиологических групп микроорганизмов в черноземе выщелоченном

Из группы фосфатредуцентов под действием мела в большей степени активизировалась деятельность литотрофов на 27 и 41 % (на фоне NPK). Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов независимо от варианта оставалась примерно на одном уровне. Изменение численности экологических групп почвенных микроорганизмов сопровождалось соответствующей вариабельностью ферментных систем.

3.3. Содержание подвижных форм макроэлементов

Под действием изучаемых факторов произошли значительные изменения в обеспеченности почвы подвижными, доступными для растений, формами элементов минерального питания.

Наибольшее повышение содержания $N-NO_3$ отмечали при сочетании повышенных доз мела (4 и 6 т/га) с минеральным фоном. В среднем за три года содержание азота нитратов на данных вариантах составляло 4,11-4,17 мг/100 г почвы, что на 0,72-0,76 мг/100 г почвы (на 22-23 %) выше контрольного варианта (3,28 мг/100 г) и на 0,18-0,24 мг/100 г почвы (на 4-6 %) выше фона NPK (3,93 мг/100 г). Отдельное применение известковых материалов, независимо от дозы, практически не оказало влияние на содержание нитратного азота. Однако известкование чернозема выщелоченного способствовало значительному увеличению содержания аммиачного азота в пахотном слое почвы как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений. Применение мела в зависимости от его дозы способствовало повыше-

нию показателя на 0,31-0,81 мг/100г почвы (17-45 %), по сравнению с минеральным фоном превышение составило 0,2-0,45 мг/100 г почвы (7-17 %).

Тенденция повышения содержания подвижных форм фосфора и калия при известковании почвы мелом Шиловского месторождения к окончанию вегетации культуры сохранялась по всем вариантам опыта, несмотря на усиленное потребление элементов на формирование урожайности культуры. Повышение содержания доступного фосфора наблюдалось на вариантах как с внесением мела в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений на 33-79, калия – 13-72 мг/кг почвы по отношению к контрольному варианту. Лучшие условия минерального питания растений складывались на вариантах с повышенной дозой внесения мела 6 т/га при внесении как в чистом виде, так и на фоне NPK, причем на 2-м фоне показатели были существенно выше.

Следовательно, известкование чернозема выщелоченного с относительно оптимальной обменной кислотностью способствует улучшению его агрохимических показателей.

3.4. Подвижность тяжелых металлов

При оценке чернозема выщелоченного по содержанию тяжелых металлов отмечали тенденцию снижения их подвижности в зависимости от применения мела и минеральных удобрений в дозе N40P40K40 в технологии возделывания яровой пшеницы. Так, в период уборки культуры содержание подвижной меди в почве на вариантах с отдельным внесением повышенных доз мелиоранта (4-6 т/га) снизилось на 6,3-11,2 %, в сочетании с минеральными удобрениями – на 12,8-18,3 % относительно контрольного варианта. Подобная закономерность наблюдалась и по содержанию подвижного цинка, никеля, свинца и кадмия. Внесение мела в дозе 4 т/га как в чистом виде, так и на минеральном фоне обеспечило наибольшее снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве. Следует отметить, что содержание ТМ не превышало ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве.

Глава 4. Формирование урожайности и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от известкования почвы и применения минеральных удобрений

4.1. Урожайность

За годы исследований установлена прямая зависимость влияния известкования почвы мелом Шиловского месторождения при использовании его как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями на урожайность пшеницы мягкой яровой сорта Маргарита (табл. 1).

Увеличение сбора зерна при внесении в почву мела в дозах 2-6 т/га составило 0,24-0,49 т/га, при этом лучшим вариантом, в том числе с точки зрения экономической эффективности, являлось известкование с дозой 4 т/га. Аналогичную закономерность наблюдали и на фоне внесения комплексного минерального удобрения в дозе N40P40K40 (повышение урожайности составило 0,57 т/га).

Проведенные исследования доказали, что черноземы выщелоченные, которые имеют в целом относительно оптимальную кислотность почвенного рас-

творя с $pH_{KCl} > 5,4$ при возделывании более требовательных к уровню кислотности культур также нуждаются в известковании в дозе, рассчитанной по показателю гидrolитической кислотности. Последнее, как показано будет ниже, способствует получению более высоких урожаев последующих культур в результате пролонгированного последействия мела в течение 3-4 лет.

Таблица 1 – Влияние мела и минеральных удобрений на продуктивность зерна яровой пшеницы

Варианты	Урожайность зерна, т/га					Отклонения, ± т/га	
	2016 г.	2017 г.	2019 г.	средняя	средняя по фону	фактор А	фактор В
1.1.1. Контроль (фон 1)	2,05	2,56	3,32	2,64	2,94		-
1.1.2. фон 1 + CaCO ₃ 2 т/га	2,13	2,98	3,52	2,88		+0,24	
1.1.3. фон 1 + CaCO ₃ 4 т/га	2,23	3,32	3,73	3,09		+0,45	
1.1.4. фон 1 + CaCO ₃ 6 т/га	2,25	3,34	3,81	3,13		+0,49	
2.1.1. N40P40K40 (фон 2)	4,1	3,51	3,93	3,85	4,22	+1,21	-
2.1.2. фон 2 + CaCO ₃ 2 т/га	4,27	4,07	4,25	4,20		+1,32	+0,35
2.1.3. фон 2 + CaCO ₃ 4 т/га	4,28	4,43	4,56	4,42		+1,33	+0,57
2.1.4. фон 2 + CaCO ₃ 6 т/га	4,38	4,28	4,54	4,40		+1,27	+0,55
Среднее по опыту, т/га	3,21	3,56	3,96				
НСР ₀₅	фактор А	0,14	0,16	0,27			
	фактор В	0,19	0,23	0,38			
	част. средних	0,27	0,33	0,54			

Методом корреляционно-регрессионного анализа установлена высокая отзывчивость яровой пшеницы на улучшение, прежде всего, азотного, затем калийного и фосфорного режимов почвы. Несмотря на исходное достаточно высокое плодородие чернозема выщелоченного, применение минеральных удобрений и проведение известкования позволили улучшить минеральное питание растений и сформировать существенные прибавки урожая изучаемой культуры.

Между агрохимическими показателями и продуктивностью яровой пшеницы во все годы исследований установлены прямые положительные зависимости с высокой достоверностью ($r = 0,89-0,97$). Представленные уравнения можно использовать для прогнозирования потенциальной продуктивности культуры в зависимости от обеспеченности почвы доступными элементами питания.

4.2. Качество зерна

Накопление сырой клейковины в зерне яровой пшеницы, прежде всего, зависело от условий вегетации. Так, более высокое ее содержание отмечено в 2019 году. Внесение мела в дозе 2, 4, 6 т/га способствовало повышению урожайности яровой пшеницы на 0,08-0,2 т/га с одновременным повышением количества сырой клейковины от 1,2 до 3,6 абс. % (21,6-24,0 %). Оптимальной дозой мелиоранта являлась 4 т/га, которая приводила к улучшению качества сырой клейковины – 48,6 единиц ИДК, как следствие этого, изменялась группа качества из II («удовлетворительно крепкая») до I («хорошая»). Такая же закономерность наблюдалась и на фоне внесения минеральных удобрений. Несмотря на то, что

наибольшее количество клейковины сформировалось на варианте Мел 6 т/га + N40P40K40 (до 24 %), лучшим по качеству был вариант с применением 4 т/га мела совместно с минеральными удобрениями (46,9 ед. ИДК, I группа качества).

Следовательно, известкование почвы является эффективным агроприемом, способствующим получению высокого урожая зерна улучшенного качества. Содержание сырой клейковины и ее качество существенно варьировали по годам исследований, однако отмечена общая тенденция улучшения качества получаемого зерна при применении 4 т/га мелиоранта на фоне предпосевного внесения комплексных удобрений в дозе N40P40K40.

Глава 5. Оценка последствий известкования чернозема выщелоченного на свойства почвы, продуктивность и качество продукции сои

5.1. Свойства почвы

5.1.1. Агрохимические показатели

Оценка уровня плодородия почвы под посевами сои, возделываемой в севообороте после яровой пшеницы, позволила установить, что в последствии прослеживается дальнейшее снижение кислотности почвы до 6,3-6,47 единиц рН. Наиболее эффективное снижение кислотности отмечали на вариантах с повышенными дозами мелиоранта (4-6 т/га). Отдельное применение 2 т/га мела на данный показатель было не существенным. На всех вариантах с применением мелиоранта (в дозах 2-6 т/га) на минеральном фоне по отношению к фону NPK наблюдали большее снижение кислотности почвы (до 6,4-6,43 единиц).

Содержание подвижного фосфора в почве при ее известковании в последствии в зависимости от норм внесения увеличилось на 3-13 мг/кг. При этом достоверным было повышение фосфора лишь при повышенной дозе извести (6 т/га). Последствие минеральных удобрений, в том числе на фоне внесения мелиоранта в дозе 2 т/га, не оказало существенного влияния на данный показатель. Лучшую обеспеченность почвы подвижным фосфором отмечали на вариантах с повышенными дозами мела (4 и 6 т/га) на фоне минеральных удобрений и составила 179,3-180 мг/кг, что на 15-15,7 мг/кг выше абсолютного контроля и на 12,7-13,3 мг/кг относительно фона NPK.

Отдельное внесение извести привело к повышению обеспеченности почвы обменным калием на 1,7-13 мг/кг пропорционально дозе мелиоранта. Наибольшее содержание доступного калия отмечено на вариантах с повышенными дозами мела 4-6 т/га как на контрольном, так и минеральном агрофонах (85-89 мг/кг, на контроле 76 мг/кг почвы).

5.1.2. Подвижность тяжелых металлов

Как показали предыдущие исследования, известкование почвы оказывает значительное влияние на подвижность тяжелых металлов в почве в сторону ее снижения. Известкование в последствии проявило высокую эффективность по дальнейшему снижению содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве. Например, проведение известкования в последствии способствовало снижению содержания меди в почве под посевами сои на 1,9-4,8 мг/кг (на 7,5-19 %) по отношению к контрольному фону и на 2-5,7 мг/кг (на 7,6-21,8 %) к минеральному фону. Следует отметить, что в среднем уровень содержания

подвижной меди на фоне минеральных удобрений был выше по сравнению с неудобренным фоном.

Содержание подвижного Zn в почве достоверно снижалось при известковании, причем более эффективным было внесение повышенной дозы извести (снижение составило 13,4 мг/кг или 30,9 % по отношению к контролю). На вариантах с известкованием на фоне минеральных удобрений уровень содержания цинка был выше в среднем по фону на 2,8 мг/кг почвы. При этом четко прослеживалась закономерность по снижению содержания Zn с увеличением нормы извести.

Подобные закономерности снижения подвижности тяжелых металлов под действием известкования отмечены в отношении всех изучаемых ТМ.

5.1.3. Структурно-агрегатный состав почвы

При отдельном внесении минеральных удобрений структурно-агрегатный состав чернозема ухудшался (увеличилось количество глыбистой фракции > 10 мм на 2,1 % и уменьшилось количество агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм на 3,3 %). Под влиянием известкового материала отмечали достоверное повышение содержания в почве агрегатов размером 0,25-10 мм на 2,4-5 % по отношению к контролю, причем большее улучшение структуры почвы наблюдали с применением повышенных доз мела.

Применение мелиоранта на фоне минеральных удобрений по влиянию на структурный состав почвы было еще более эффективным. Так, сочетание повышенных доз мела (4-6 т/га) с минеральными удобрениями в последствии способствовало повышению агрономически ценной фракции (размером 0,25-10 мм) почвы на 5,5-5,9 % по отношению к абсолютному контролю (на контроле 70,1 %) и на 6,7-7,1 % – к минеральному фону (68,9 %).

Согласно полученным расчетам, чернозем выщелоченный на опытном поле имеет отличное структурно-агрегатное состояние (коэффициент структурности 2,34). Известкование почвы в последствии позволило увеличить Кс на 0,3-0,68 единиц к контролю (Кс = 2,34) за счет увеличения числа агрономически ценных агрегатов. Подобная закономерность по улучшению состава ценных агрегатов в зависимости от известкования прослеживалась также и на фоне минеральных удобрений. Высокий коэффициент структурности почвы отмечен при сочетании повышенных доз мелиоранта 4-6 т/га и минеральных удобрений и составил 3,1-3,17.

5.2. Урожайность и качество зерна

5.2.1. Урожайность

Положительная роль известкования почвы, а также минеральных удобрений заключается в пролонгированном действии на последующие культуры, что подтверждается нашими исследованиями (таблица 2).

На естественном плодородии почвы урожайность сои составила 1,61 т/га. Известкование почвы в последствии показало высокую эффективность, что позволило получить дополнительно 0,19-0,56 т/га (на 11,8-34,8 %) по отношению к неудобренному фону и 0,19-0,69 т/га (на 8,6-31,1 %) – к минеральному фону, причем все дозы известкового материала оказали достоверное повышение продуктивности культуры.

Таблица 2 – Влияние последействия известкования почвы и минеральных удобрений на урожайность зерна сои, 2020 г.

Варианты	Урожайность зерна сои, т/га	Среднее по фону, т/га	Отклонения, ± т/га	
			фактор А	фактор В
1.1.1. Контроль (фон 1)	1,61	1,88	-	
1.1.2. фон 1 + CaCO ₃ 2 т/га	1,80		-	+0,19
1.1.3. фон 1 + CaCO ₃ 4 т/га	1,95		-	+0,34
1.1.4. фон 1 + CaCO ₃ 6 т/га	2,17		-	+0,56
2.1.1. N40P40K40 (фон 2)	2,22	2,55	+0,61	-
2.1.2. фон 2 + CaCO ₃ 2 т/га	2,41		+0,61	+0,19
2.1.3. фон 2 + CaCO ₃ 4 т/га	2,67		+0,72	+0,45
2.1.4. фон 2 + CaCO ₃ 6 т/га	2,91		+0,74	+0,69
НСР ₀₅	фактор А	0,19		
	фактор В	0,27		
	част.средних	0,38		

Сочетание высоких доз мелиоранта (4-6 т/га) и минеральных удобрений в дозе N40P40K40 в последействии обеспечило прибавку 1,06-1,30 т/га по сравнению с абсолютным контролем. Наибольшую отзывчивость при формировании урожая соя проявила на варианте с внесением 6 т/га мела на фоне минеральных удобрений (2,91 т/га).

5.2.2. Качество продукции

Применение минеральных удобрений и проведение известкования в последействии способствовали повышению содержания сырого белка в зерне сои на 0,21-5,17 % по отношению к абсолютному контролю. Более высокое содержание сырого белка отмечали при внесении 6 т/га известкового материала в сочетании с минеральными удобрениями: прибавка составила 5,17 % по отношению к контролю и 3,35 % по сравнению с вариантом НРК без известкования.

Только за счет известкования почвы (без дополнительно минерального удобрения) содержание сырого жира в зерне сои повысилось на 0,9-2,48 % к неудобренному фону, причем увеличение накопления жира было прямо пропорционально дозе мелиоранта. Последействие известкования на минеральном фоне было существенно выше (в среднем по фону на 1,7 % по отношению к неудобренному фону). Наибольшее содержание сырого жира в зерне сои отмечали при сочетании 6 т/га мелиоранта с N40P40K40 (прибавка по сравнению с абсолютным контролем составила 6,18 % и 5,51 % к фону N40P40K40).

5.2.3. Экологическая оценка продукции

Известкование почвы в дозе 2-6 т/га в чистом виде, также как на минеральном фоне, в последействии способствовало меньшему накоплению тяжелых металлов в зерне сои по сравнению с контрольным вариантом (без внесения мела). С увеличением дозы мелиоранта наблюдали уменьшение поступления никеля в зерно на 22-34 % к абсолютному контролю, на 10-31 % – к минеральному фону. Несмотря на исходно низкое накопление кадмия в зерне на контроле (0,03-0,04 мг/кг), внесение мела способствовало уменьшению содержания элемента на 33 % (до 0,02

мг/кг), а по отношению к фону NPK на 50 %. Пролонгированное действие мелиоранта также способствовало уменьшению накопления в зерне сои меди, цинка и свинца, и, как следствие, получению экологически более безопасной продукции.

Глава 6. Баланс элементов питания в черноземе выщелоченном под посевами яровой пшеницы в зависимости от известкования почвы

Известкование почвы и применение минеральных удобрений в технологии возделывания яровой пшеницы способствовало значительному изменению интенсивности баланса элементов питания (рис. 3).

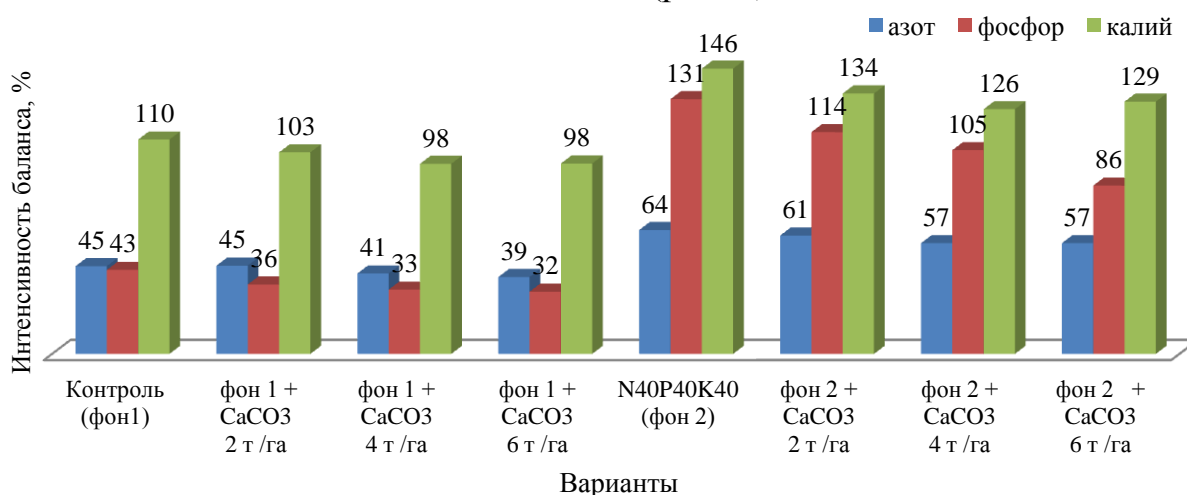


Рисунок 3 – Интенсивность баланса элементов питания в почве в зависимости от известкования и применения минеральных удобрений

Интенсивность баланса по азоту при отдельном внесении извести была низкая (39-45 %). Внесение ее с минеральными удобрениями позволило повысить значения до 57-64 %. Следовательно, дефицит по азоту составил около 40 %.

За счет увеличения потребления фосфора растениями и выноса его с урожаем существенно снижалась интенсивность баланса по фосфору с 43 % на контрольном варианте до 39 % с применением 6 т/га мела. Внесение фосфора в составе азофоски в количестве 40 кг/га д.в. обеспечило получение бездефицитного баланса по фосфору (интенсивность баланса 105-131 %). Лишь повышенная доза мела (6 т/га) совместно с удобрениями создала дефицит по фосфору на уровне 14 %. Расчеты показали, что по калию сложился бездефицитный баланс и, как следствие, интенсивность баланса составила 98-146 %.

Глава 7. Экономическая эффективность известкования почвы при возделывании яровой пшеницы и сои в последствии

Известкование почвы является экономически затратным агроприемом. Стоит отметить, что промышленные издержки на транспортировку, внесение известкового материала, необходимо переносить и на следующие культуры севооборота, в связи с тем, что пролонгированное действие мелиоранта длится несколько лет (не менее 5-ти), которое связано с получением большего количества сельскохозяйственной продукции с более высоким качеством.

В связи с большими расходами на транспортировку и внесение мела в чистом

виде, невзирая на значительную прибавку урожайности, экономически не оправдывается и уровень рентабельности находится значительно ниже контрольного варианта (таблица 3). Возделывание яровой пшеницы с применением минеральных удобрений на фоне известкования вдвое превышало показатели по урожайности и значительно увеличило рентабельность производства.

Таблица 3 – Экономическая эффективность использования мела ООО Меловой завод «Шилковский» в качестве известкового материала при возделывании яровой пшеницы

Показатели		Варианты							
		Контроль	Фон 1 + CaCO ₃ 2 т/га	Фон 1 + CaCO ₃ 4 т/га	Фон 1 + CaCO ₃ 6 т/га	НРК (фон 2)	Фон 2 + CaCO ₃ 2 т/га	Фон 2 + CaCO ₃ 4 т/га	Фон 2 + CaCO ₃ 6 т/га
Урожайность, т/га		2,64	2,88	3,09	3,13	3,85	4,20	4,42	4,40
Стоимость продукции,	руб./т	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
	руб./га	39600	43200	46350	46950	57750	63000	66300	66000
Производственные затраты на 1 га, руб.		23813	31319	38825	46248	26135	33709	41220	48614
Затраты труда, чел.-час	на 1 га	6,05	6,78	7,48	8,04	7,24	7,82	8,76	9,27
	на 1 т	2,29	2,35	2,42	2,57	1,88	1,86	1,98	2,11
Себестоимость 1 т, руб.		9020,3	10874,6	12564,6	14775,6	6788,3	8026,1	9325,9	11048,6
Условный чистый доход, руб./га		15786	11881	7525	702	31615	29291	25080	17386
Уровень рентабельности, %		66,3	37,9	19,4	1,5	121,0	86,9	60,8	35,8

Возделывание сои в последствии высокоэффективно, что позволило увеличить уровень рентабельности в 1,3-1,5 раза. Лучшие экономические показатели, наряду с наибольшей урожайностью сои, получены при сочетании повышенных доз мелиоранта и минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Известкование чернозема выщелоченного среднесуглинистого мелом Шилковского месторождения с содержанием CaCO₃ + MgCO₃ 98,5 % обеспечивает существенный сдвиг обменной кислотности рН_{KCl} на 0,35-0,62 единиц в зависимости от дозы мелиоранта и при сочетании с минеральными удобрениями – на 0,39-0,55 единиц. Наибольшее снижение кислотности почвы наблюдали на варианте с внесением повышенной дозы мела (6 т/га). Подобные изменения отмечали и в гидролитической кислотности, которая снизилась на 0,21-0,34 мг-экв./100 г почвы соответственно;

2. Под влиянием мела как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями происходило увеличение численности аммонифицирующих бактерий на 15-30 %, несимбиотических азотфиксаторов на 23-33 %, литотрофов на 28-41 %. Внесение 4 т/га мела обеспечило повышение протеазной активности почвы на 30 %, в сочетании с минеральными удобрениями на 19 %, целлюлазной активности – на 18-23 % и фосфатазной активности – на 15-40 % соответственно;

3. Под действием известкования почвы в сочетании с минеральными удобрениями в дозе N40P40K40 наблюдали улучшение питательного режима чернозе-

ма выщелоченного: содержание подвижного фосфора увеличилось на 33-79, обменного калия – на 13-72 мг/кг почвы по отношению к контрольному варианту. Оптимальные условия минерального питания растений складывались на вариантах с повышенной дозой внесения мела 6 т/га при внесении как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями;

4. На фоне минеральных удобрений внесение мела в дозе 4 т/га способствовало снижению подвижности тяжелых металлов в почве. При этом содержание подвижной меди в пахотном слое почвы к уборке культуры уменьшилось на 8,5-19,7 %, цинка – на 9,8-11,8 %, никеля – на 1-9,3 %, свинца – на 3,9-20,9 %, кадмия – на 13,6-37,5 % относительно данных, полученных при посеве;

5. Использование мела Шиловского месторождения с общим содержанием $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ 98,5 % в чистом виде привело к достоверному увеличению урожайности зерна яровой пшеницы на 0,24-0,49 т/га по отношению к абсолютному контролю, в сочетании со сложными минеральными удобрениями – на 0,35- 0,57 т/га к фону NPK. Наибольшую продуктивность культуры отмечали при сочетании N40P40K40 и CaCO_3 в дозе 4 т/га (4,42 т/га). Между агрохимическими показателями и продуктивностью яровой пшеницы во все годы исследований установлены прямые зависимости с высокой достоверностью ($r = 0,89-0,97$);

6. Применение мелиоранта как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями способствовало увеличению содержания сырой клейковины в зерне яровой пшеницы. Наиболее оптимальной дозой мелиоранта являлась 4 т/га, которая приводила к улучшению качества сырой клейковины во все годы исследований. Как следствие этого, качество зерна из II («удовлетворительно крепкая») повышалось до I группы («хорошая»). Такую же закономерность наблюдали и на фоне внесения минеральных удобрений;

7. Под посевами сои на всех вариантах с применением минеральных удобрений на фоне известкования в последствии выявлено наибольшее снижение обменной кислотности почвы до 6,4-6,43 единиц $\text{pH}_{\text{КС}}$. Известкование чернозема выщелоченного и применение минеральных удобрений оказало положительное влияние в последствии на агрохимические и агрофизические показатели почвы;

8. Сочетание повышенных доз мелиоранта (4-6 т/га) и минеральных удобрений в дозе N40P40K40 в последствии обеспечило прибавку урожайности сои в 1,06-1,30 т/га по сравнению с абсолютным контролем. Наибольшую отзывчивость при формировании урожая соя проявила на варианте с внесением 6 т/га мела совместно с минеральными удобрениями (2,91 т/га). При применении повышенных доз мела (4-6 т/га) как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями установлено достоверное повышение содержания сырого белка в зерне сои – на 1,92-2,38 и 1,46-2,79 % и сырого жира – на 1,95-2,47 и 1,51-3,71 % по отношению к неудобренному варианту соответственно;

9. Применение мелиоранта в последствии существенно снизило подвижность тяжелых металлов в почве и, как следствие, уровень их поступления в зерно сои, что позволило получить экологически более безопасную продукцию;

10. Интенсивность баланса по азоту при отдельном внесении известки в почву

была низкая (39-45 %). Внесение ее с минеральными удобрениями позволило повысить значения до 57-64 % (дефицит по азоту составил около 40 %). Внесение фосфора и калия в составе азофоски в количестве по 40 кг/га д.в. обеспечило бездефицитный баланс по данным элементам (интенсивность баланса составила 105-131 % и 98-146 % соответственно);

11. Экономически известкование чернозема выщелоченного при возделывании яровой пшеницы оправдано при урожайности не менее 3 т/га. Наибольший экономический эффект наблюдали на варианте с применением мела в дозе 2 и 4 т/га совместно с минеральными удобрениями в дозе N40P40K40 (уровень рентабельности составил 87 и 61 %). Возделывание сои в последствии было высокоэффективно, что позволило увеличить уровень рентабельности в 1,3-1,5 раз. Учитывая пролонгированное действие известкования на свойства почвы, эффективность его несомненна.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях лесостепи Среднего Поволжья при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном среднесуглинистом с реакцией почвенного раствора 5,4-5,5 единиц для повышения продуктивности зерновых культур рекомендуется использовать в качестве известкового материала для оптимизации кислотности мел Шиловского месторождения с суммарным содержанием CaCO_3 и MgCO_3 98,5 % в дозе 4 т/га в сочетании со стартовой дозой минеральных удобрений N40P40K40.

Список работ в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Куликова А.Х. Эффективность известкования чернозема выщелоченного при возделывании яровой и озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / А. Х. Куликова, А. В. Дозоров, Н. Г. Захаров, **И. Р. Касимов** [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 3. – С. 32-35.
2. Куликова А.Х. Влияние известкования на агрохимические свойства чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / А. Х. Куликова, Н.Г. Захаров, **И.Р. Касимов** [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4(52).

Публикации в других изданиях

3. Liming Efficiency of Leached Black Soil in The Conditions of The Forest-Steppe of The Volga Region / A. Kh. Kulikova, A. V. Dozorov, N. G. Zakharov, **I. R. Kasimov** [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. – No 3. – P. 629-633.
4. Куликова А.Х. Эффективность удобрения и известкования чернозема выщелоченного при возделывании яровой пшеницы в Среднем Поволжье / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, Н. А. Хайртдинова, **И. Р. Касимов** // Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: материалы Международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВПО "Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия", 2017. – С. 54-56.
5. Захаров Н.Г. Эффективность известкования чернозема выщелоченного при

возделывании яровой пшеницы в условиях Ульяновской области / Н. Г. Захаров, **И. Р. Касимов**, А. А. Пятова / «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения»: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова. – Горки: Белорусская ГСХА, 2019. – С. 261-264.

6. Захаров Н.Г. Влияние прямого действия и последействия известкования почвы на урожайность зерна сельскохозяйственных культур / Н. Г. Захаров, **И. Р. Касимов**, Н. Н. Захарова [и др.] // Инновации в науке и практике: сборник статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции, Барнаул, 18 февраля 2019 года. – Барнаул: ООО Дендра, 2019. – С. 180-186.

7. Захаров, Н. Г. Изменение содержания тяжелых металлов в почве при использовании мела Шиловского месторождения Ульяновской области в качестве мелиоранта / Н. Г. Захаров, **И. Р. Касимов**, Н. Н. Захарова // I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах»: материалы Международной научной конференции, Пермь, 19–22 ноября 2019 года / ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2020. – С. 389-393.

8. Куликова, А. Х. Влияние последействия известкования почвы на урожайность и качество зерна сои / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, **И. Р. Касимов** // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях. Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ и 80-летию члена-корреспондента АН РТ доктора сельскохозяйственных наук, профессора И.А. Гайсина. Казань, 2021. С. 150-153.

9. **Касимов, И.Р.** Последействие природного мела на урожайность зерна сои / И. Р. Касимов, А. А. Пятова // Наука без границ и языковых барьеров: материалы Международной научно-практической конференции, Орёл, 20 мая 2021 года. – Орёл: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2021. – С. 212-215.

Касимов Искандер Растамович

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Подписано в печать 12.10.2023 г. Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. – 1,25. Тираж 100 экз. Заказ № __41__

Типография Ульяновского государственного аграрного университета.
432017, г. Ульяновск, Бульвар Новый Венец, 1