

На правах рукописи

Боровкова Наталья Владимировна

**ВЛИЯНИЕ ФОСФОГИПСА НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СРЕДНЕГО
ПОВОЛЖЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный аграрный университет»

Научный руководитель:	Троц Наталья Михайловна , доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Официальные оппоненты:	Федотова Людмила Сергеевна , доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», отдел агротехнологий, главный научный сотрудник. Павлов Максим Николаевич , кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра агрохимии, земледелия и лесопользования, доцент.
Ведущая организация:	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет».

Защита диссертации состоится «16» апреля 2026 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.006.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а.

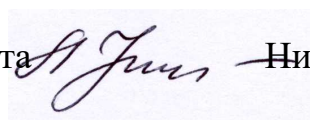
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на сайте: https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/407/8o850n9k6pu1ntt7hpxeuwn5r4dca2a/borovkova_diss_02_12_2025.pdf

Автореферат разослан «_____» _____ 2026 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru

Учёный секретарь

диссертационного совета



Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современный этап развития отечественной аграрной сферы требует агроэкологической оценки эффективности фосфогипса в конкретных почвенно-климатических зонах. Так, в южной агроэкологической зоне Самарской области в условиях орошения почв для восстановления баланса кальция, обогащения ее фосфором, снижения последствий ветровой эрозии может быть использован фосфогипс ГОСТ 588 20 2022. Научные исследования по использованию фосфогипса в качестве мелиоранта в условиях Самарской области не проводились, вследствие чего отсутствуют конкретные рекомендации по его применению под различные сельскохозяйственные культуры, в том числе под картофель. В силу биологических особенностей, картофель предъявляет повышенную требовательность к условиям минерального питания.

Для получения высокого урожая клубней картофеля на орошаемых черноземных почвах необходимо обеспечение следующих параметров: гумуса 5-7%, азота – 120-150 кг/га, фосфора – 60-80 кг/га, калия – 150-200 кг/га, обменного магния – не менее 250 мг/кг MgO, pH_{KCl} – 4,5-7,5, Нг – 1,5-3,0 мг-экв/100 г почвы, плотности – 1,1-1,2 г/см³, пористости 55-57%, влажности на уровне 70-80% полной влагоемкости в течение всего вегетационного периода. Уровень плодородия может быть достигнут за счет баланса питательных веществ на фоне оптимизации кальциевого режима.

В связи с этим актуальной и практически значимой задачей является повышение урожайности картофеля прежде всего на высокоценных орошаемых черноземных почвах с целевым уровнем продуктивности и соблюдением принципов ресурсосбережения и экологической безопасности производства

Цель исследования – совершенствование агротехнических приемов выращивания картофеля в системе применения фосфогипса при орошении на черноземной почве, обеспечивающих высокую продуктивность растений, сохранение почвенного плодородия и экологическую безопасность продукции.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Обобщить результаты мониторинга черноземных почв по основным агрохимическим параметрам, характеризующим закономерности динамики изменения плодородия почв.
2. Установить степень влияния различных норм фосфогипса на агрохимические показатели плодородия почвы и динамику основных макроэлементов.
3. Провести сравнительный анализ валового содержания и подвижных форм кадмия Cd, свинца Pb, цинка Zn, никеля Ni, меди Cu, марганца Mn, железа Fe в

пахотном горизонте почв под посевами картофеля при внесении различных норм фосфогипса.

4. Изучить эффективность использования различных норм фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями на аккумуляцию тяжелых металлов в сортах картофеля Гала и Гранада.

5. Рассчитать биогеохимические показатели содержания тяжелых металлов в почвах и растениях.

6. Провести экономическую оценку целесообразности внесения фосфогипса в норме 2,0 т/га, 4,0 т/га, 6,0 т/га, 8,0 т/га на чернозем под посевы картофеля на фоне $N_{150}P_{150}K_{300}$.

7. Обобщить данные полевого опыта, сформулировать соответствующие выводы и дать предложения производству.

Научная новизна исследования. Впервые в условиях Самарской области на орошаемой черноземной почве проведены комплексные исследования по оценке эффективности действия фосфогипса ГОСТ 588 20 2022 при возделывании картофеля.

В исследованиях установлено, что внесение фосфогипса ГОСТ 588 20 2022 Балаковского филиала АО «Апатит» с суммарным содержанием и долевой концентрацией 70-80% гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 2-3% подвижного фосфора (P_2O_5), 15% оксида кремния (SiO_2) и 20-22% кальция (Ca) как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений $N_{150}P_{150}K_{300}$ обеспечивало нейтральную реакцию, повышенный уровень кальция, улучшение обеспечения серой, водно-воздушного режима, а также способствовало уменьшению плотности почвы, увеличению доступных питательных веществ.

Выявлено, что внесение фосфогипса в качестве мелиоранта в дозе 2-6 т/га действовало достоверному повышению продуктивности картофеля сорта Гала на 3,0, 7-7,6 т/га, сорта Гранада на 4,0-9,9 т/га по сравнению с фоном.

Установлена высокая эффективность фосфогипса в нейтрализации кислотности почвенной среды: сдвиг обменной кислотности в зависимости от дозы мелиоранта составил 0,1-0,5 единиц pH при сочетании его с минеральными удобрениями. Выявлено: существенное улучшение питательного режима чернозема обыкновенного остаточно-лугового малогумусного среднесуглинистого; повышение урожайности картофеля, улучшение качества и получение экологически безопасной продукции. Проведена экономическая оценка эффективности фосфогипса при возделывании картофеля.

Теоретическая и практическая значимость работы. Внесен существенный вклад в понимание необходимости гипсования черноземов, подвергшихся

засолению. Результаты научных исследований возможно использовать с целью уменьшения засоленности 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 реакцию почвенной среды, применение местных запасов фосфогипса эффективно на фоне минеральных удобрений.

На основании приведенных исследований, для экологически безопасных урожаев картофеля сорта Гала на уровне 58,6-59,7 т/га и сорта Гранада в пределах 59,0-71,6 т/га и оптимизации кислотности орошаемого чернозема обыкновенного Самарского Заволжья с содержанием гумуса 4,5 и pH почвенного раствора 7,4-7,9 рекомендуется в качестве химического мелиоранта использовать фосфогипс с долевой концентрацией 70-80% гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 1,5-2,0% подвижного фосфора (P_2O_5), 15% оксида кремния (SiO_2) и 20-22% кальция (Ca), в норме 8 т/га для сорта Гала и 6 т/га для сорта Гранада на фоне внесения минеральных удобрений $\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{300}$.

Основные положения, выносимые на защиту:

- положительное влияние сочетания фосфогипса с минеральными удобрениями на динамику агрохимических показателей и агрофизические свойства черноземов обыкновенных остаточно-луговых и обыкновенных остаточно-луговых карбонатных под посевы картофеля;
- отзывчивость картофеля на действие сочетания фосфогипса с минеральными удобрениями на внесение в почву;
- экономическая и агроэкологическая эффективность технологий возделывания картофеля при применении фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями.

Степень достоверности и апробация 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.

Научные результаты работы по основным положениям диссертационной работы были апробированы на заседаниях кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, на научно-практических мероприятиях различного уровня: XXI Международной научно-практической конференции «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур»

(Горки, 2023); I Национальной научно-практической конференции «Современные технологии защиты и выращивания сельскохозяйственных культур», посвященной 110-летию Вавиловского университета (Саратов, 2023); Международной научно-практической конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК» (Кинель, 2022); Международной научно-практической конференции, посвященный 30-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса «Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности» (Казань, 2022); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Курган, 2022); 74-й Международной научно-практической конференции «Современные проблемы агропромышленного комплекса» (Самара, 2021).

Внедрение результатов исследований проводилось на чернозёме обыкновенном в хозяйствах Безенчукского и Приволжского районов Самарской области:

1. В ООО «Скорпион» применение 4,0-6,0 т/га фосфогипса на площади 350 га обеспечило рентабельность в пределах 53,3-61,1%;

2. В ООО «Весна» применение 4,0-8,0 т/га фосфогипса на площади 120 га обеспечивало урожайность 60,3 т/га, что на 3,2-3,3 т/га выше средних показателей по предприятию;

3. В ИП Глава КФХ Цирулев Е. П. внесение в почву фосфогипса на фоне применения хлористого калия норме 400 кг/га, сульфата аммония – 400 кг/га, аммофоса в норме 300 кг/г обеспечило увеличение в сравнении с фоном урожайности картофеля сорта Гала на 16,1%, при рентабельности 52,98%; урожайность картофеля сорта Гранада возросла с 54,1 т/га до 64,0 т/га и рентабельность равнялась 66,26%

Публикации результатов исследований по диссертационной работе отражены в 15 научных работах, в том числе 3 из них – в рецензируемых научных изданиях. Получен патент на изобретение, регистрационный номер 2024133288 от 06.11.2024 года.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 185 страницах и состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка и приложений. В работе содержится 48 таблиц, 7 рисунков, 4 приложения. Библиографический список включает 111 источников, в том числе 24 – зарубежных авторов.

Личный вклад автора заключался в самостоятельном планировании экспериментов, подборе методик и методов исследований, выполнении лабораторных и полевых опытов, а также обобщении результатов полученных данных, их статистической и корреляционной обработке, формулировке предложений производству.

Автор выражает искреннюю благодарность и глубокую признательность научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Троц Наталье Михайловне за руководство, ценные советы и неоценимую помощь в организации исследований и анализе полученных данных. Автор также благодарит за содействие в организации экспериментов и проведении анализов главу ИП Глава КФХ Цирулев Е. П. Евгения Павловича Цирулева, сотрудников кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты, условия и методы исследований

С целью решения задач, поставленных в работе, проводились обследования почвы полей севооборота до и после поставленных опытов на полях К(Ф)Х ИП Цирулев Е. П., расположенного в Приволжском районе Самарской области в период с 2021 по 2024 гг. на площади 462 га.

Согласно списку сортов растений Госреестра по состоянию на 2023 год допущено к использованию 532 сорта картофеля, из них в наши исследования были включены 2 сорта: Гранада-2017, Гала-2008.

В наших исследованиях, проводимых в 2021-2024 годах опытный участок был расположен в 5-польном севообороте. Чередование культур в севообороте приведено в таблице 1.

Таблица 1– Специализированный севооборот

Номер поля (га)	Годы исследований			
	2021	2022	2023	2024
1 (104)	soя	фацелия	картофель	лук
5 (107)	картофель	лук/ячмень	soя	soя
13 (87)	морковь	soя	фацелия	картофель
14 (92)	фацелия	картофель/оз. пшеница	лук	soя
15(70,0)	soя	soя	soя	фацелия

Для решения поставленных целей и задач в двухфакторном полевом опыте были проведены учеты, наблюдения и анализы по следующим методикам:

- фенологические наблюдения;
- отбор и подготовка проб почвы для химического анализа осуществляли буром Малькова в пахотном слое каждого варианта I и III повторности в пяти точках по двум диагоналям делянок (ГОСТ Р 58595-2019);
- содержание гумуса определяли в соответствии с ГОСТ 26213-91;
- pH солевой суспензии в модификации ЦИНАО выявляли в соответствии с ГОСТ 26423-85;
- содержание подвижного фосфора и обменного калия в нейтральных почвах определяли по Ф.В. Чирикову (ГОСТ 26204-91), в карбонатных почвах - по Б. П. Мачигину (ГОСТ 26205-91);
- содержание легкогидролизуемого азота в кислотной (0,5 н H_2SO_4) вытяжке обнаруживали по Ю. В. Тюрину и М. М. Кононовой в модификации В. Н. Кудярова;
- содержание тяжелых металлов оценивали методом атомно-абсорбционной спектроскопии;
- оценку фактического урожая экспериментальных культур проводили с учетной площади делянки проводили с последующим пересчетом на 100% чистоту;
- анализ почвенных и растительных образцов выполнен в сертифицированных лабораториях ФГБУ САС «Самарская» (Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров)» № РОСС RU.0001.510565 выдан 10.08.2016 г. (дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц – 22.04.2015 г.), в испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516467 от 23 мая 2015 г) и в научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ». Экономическую оценку технологии возделывания картофеля проводили по системе натуральных и стоимостных нормативов и цен, принятых для производственных условий ФГБОУ ВО Самарский ГАУ в 2021 г.

Агрохимические показатели почв производственных плантаций картофеля

Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном горизонте обогащенностью азотом, степенью гумификации органического вещества, а также отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, в соответствии с которым определяется тип гумуса (табл. 2.).

Таблица 2 – Агрохимические показатели почв
участков возделывания картофеля, 2021-2024 гг.

Вариант опыта	рН (сол) обменная кислот- ность	рН (вод) актуальная кислот- ность	Азот NO ₃ ⁻ , мг/кг	Азот ЛГ, мг/кг	Подвижные формы, мг/кг		ЕКО мг- экв/100 г почвы
					P ₂ O ₅	K ₂ O	
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	7,3	8,0	55,0	7,0	58,0	265,0	26,0
+ ФГ 2 т/га	7,1	7,1	10,7	96,0	213,0	160,5	30,0
+ ФГ 4 т/га	7,0	7,0	7,6	127,0	203,0	145,0	46,0
+ ФГ 6 т/га	7,3	7,4	11,0	128,0	56,0	300,0	36,0
+ ФГ 8 т/га	7,1	7,1	7,2	122,0	207,0	210,0	38,0

По содержанию гумуса почвы исследуемых участков характеризуются средним запасом и относятся к малогумусным; по степени гумификации на фоновом варианте N₁₅₀P₁₅₀K₃₀₀ и при внесении + ФГ 2 т/га – средним, в варианте «фон + ФГ 4 т/га» – очень высоким и варианте «ФГ 6 т/га» и «ФГ 8 т/га» – высоким; тип гумуса по соотношению СГК: С_{ФК} на фоне и варианте «фон + ФГ 2 т/га» – фульватный, вариантах «фон + ФГ 4 т/га» – гуматно-фульватный и «ФГ 6 т/га» и «8 т/га» – фульватный.

Степень гумификации в фоновом варианте и «фон + ФГ 2 т/га» – средняя, составляет 24% и 25%, соответственно (табл. 3.).

Таблица 3 – Показатели гумусового состояния почв

Наименование показателя	Вариант опыта				
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	+ 2т/га	+ 4 т/га	+ 6т/га	+ 8 т/га
Содержание гумуса, %	4,3	4,8	4,5	4,7	4,5
Запас гумуса в слое 0-20 см	120	131	144	137	135
Углерод общий, %	0,82	1,43	1,21	0,97	1,32
Углерод гуминовых кислот, %	0,20	0,36	0,52	0,36	0,53
Углерод фульвокислот, %	0,62	1,07	0,69	0,61	0,79
Степень гумификации органического вещества СГК : С _{ФК} ×100	24 средняя	25 средняя	43 очень высокая	37 высо- кая	39 высо- кая
Тип гумуса, СГК × С _{ФК}	0,32 очень фульват- ный	0,34 очень фульват- ный	0,75 гуматно- фульват- ный	0,59 фуль- ватный	0,67 фуль- ватный

Распад органической субстанции почвы происходит в зависимости от соотношения С:N. Применение 4 т ФГ увеличивает степень гумификации на 79% по отношению к фону, 6 и 8 т/га на 37-39%.

Влияние разных норм применения фосфогипса на микробиологическую активность почвы

Микроорганизмы, усваивающие минеральный азот, определяют на КАА, их содержание указывает на интенсивность процессов минерализации органического вещества и наличие минеральных форм азота. Соотношение численности микроорганизмов этих двух групп (КАА/МПА) дает возможность сделать выводы об интенсивности минерализационных процессов в образцах почвы (табл. 4.).

Таблица 4 – Биологические показатели почвы
на посадках картофеля в почве 0-30 см, среднее 2022-2024 гг.

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ на 1 г почвы				K _{мин}
	Бактерии, на МПА	Микроорга- низмы на КАА	Микро- мицеты	Общее количество микроорганизмов биогенность	
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	1155	1615	24	2794	1,40
+ФГ 2 т/га	1225	1834	42	3101	1,50
+ФГ 4 т/га	1486	1989	41	3516	1,34
+ФГ 6 т/га	1532	2374	39	3781	1,55
+ФГ 8 т/га	1486	1739	39	3264	1,17

На всех вариантах опыта коэффициент минерализации (K_{мин}) больше единицы и составляет 1,17-1,55. При применении ФГ K_{мин} получается на 0,06-0,15 выше, чем на фоновом варианте. Максимальное значение отмечено при внесении фосфогипса в норме 6 т/га – 1,55, что на 0,15 больше фона. При применении повышенной нормы ФГ (8 т/га) коэффициент минерализации снижается до 1,17, что ниже фона на 0,23.

Влияние применения фосфогипса на распространение заболеваний клубней картофеля

Перед уборкой урожая проводились исследования на клубнях картофеля сорта Гранада на поражение внешними инфекциями, которые снижали товарность картофеля. Было отмечено, что в варианте с ФОНОм содержание клубней, зараженных паршой и внешними инфекциями, составляло 38,7%, а с внесением фосфогипса в норме 2 т/га уменьшалось на 21,7% и составило 30,3 (табл. 5.).

Таблица 5 – Влияние фосфогипса на зараженность паршой и внешними инфекциями картофеля сорта Гранада, %, 2021-2024 гг.

Год исследований	Варианты опыта				
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	+ ФГ 2 т/га	+ ФГ 4 т/га	+ ФГ 6 т/га	+ ФГ 8 т/га
2021	52	46	38	29	17
2022	28	21	17	15	13
2023	36	24	12	17	8
2024	38	24	17	17	12
Среднее значение	38,7	30,3	22,3	20,3	12,7

При внесении ФГ отмечено снижение зараженности паршой и другими инфекциями картофеля сорта Гранада в среднем на 8-26% и сорта Гала – на 19-30% (2021-2024 гг.). При этом минимальное поражение за весь период исследования на картофеле Гранада отмечено при внесении ФГ в норме 8 т/га, что на 15-35% ниже фона. Наименьший процент зараженности паршой и внешними инфекциями картофеля сорта Гала за период 2021-2024 гг. выявлен при применении 6 т/га мелиоранта, что на 26-35% ниже фонового показателя (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние фосфогипса на зараженность паршой и внешними инфекциями картофеля сорта Гала, %, 2021-2024 гг.

Год исследований	Варианты опыта				
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	+ ФГ 2 т/га	+ ФГ 4 т/га	+ ФГ 6 т/га	+ ФГ 8 т/га
2021	51,1	28,3	17,2	16,1	16,3
2022	43,6	22,6	17,1	15,8	16,6
2023	41,4	27,1	17,2	15,3	15,4
2024	45,5	27,1	17,2	15,6	16,2
Среднее значение	45,4	26,0	17,2	15,7	16,1

Можно сделать выводы, что внесение ФГ улучшает работу антагонистов и ведет к снижению распространения внешних инфекций и улучшению товарного вида сорта Гала более чем на 40%. Максимально низкое значение было отмечено при применении ФГ 6 т/га и составило 15,7%, что ниже фонового значения на 64,5%.

Эффективность действия фосфогипса на аккумуляцию тяжелых металлов почвой и клубнями картофеля

Содержание кадмия в клубнях картофеля сорта Гала с внесением мелиоранта снижалось. При внесении 2 т/га фосфогипса имело минимальное значение и

составляло 0,059 мг/кг почвы, а максимальное значение кадмия было на фоновом участке с внесением удобрений в норме $N_{150}P_{150}K_{300}$ и составило 0,090 мг/кг почвы (табл. 7). Увеличение доз фосфогипса 4, 6, 8 т/га снижало содержания кадмия на 0,03 мг/кг. Содержание кадмия в клубнях картофеля сорта Гранада при внесении 2 г/га фосфогипса было минимальным – 0,064 мг/кг почвы, а при внесении фоновых доз удобрений повышенное – 0,092 мг/кг.

Таблица 7 – Содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля, мг/кг

№ пп.	Вариант	Элемент, мг/кг						
		Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni
Сорт Гала								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,090	0,53	9,75	0,64	4,2	68,0	0,98
2	+ФГ 2 т/га	0,059	0,85	8,23	0,44	1,50	42,4	0,61
3	+ФГ 4 т/га	0,065	0,78	7,22	0,57	1,35	42,1	0,79
4	+ФГ 6 т/га	0,066	0,72	9,21	0,51	1,33	41,6	0,66
5	+ФГ 8 т/га	0,066	0,70	9,21	0,36	1,62	44,5	0,75
Сорт Гранада								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,092	0,80	9,94	0,72	4,8	72,1	0,99
2	+ФГ 2 т/га	0,064	0,64	8,75	0,94	1,80	54,2	0,75
3	+ФГ 4 т/га	0,073	0,91	7,78	0,67	1,65	54,1	0,73
4	+ФГ 6 т/га	0,074	0,86	9,89	0,61	1,64	52,3	0,69
5	+ФГ 8 т/га	0,076	0,78	9,91	0,47	1,72	53,6	0,82
ФОН		0,03	0,28	21,3	24,5	46,7	336,4	
Критическая концентрация		0,100	0,50	50,00	10,0	500	750	3,0
Нормальная концентрация		0,05-2	0,1-5	15-150	15-20	300	50-250	20-30
Фитотоксичная концентрация		100	60	400	20	300	-	80,0

Содержание Mn, Fe, Ni при внесении фосфогипса снижалось по сравнению с ФОНом на всех вариантах сорта Гала и Гранада. Так, при внесении удобрений $N_{150}P_{150}K_{300}$ содержание элементов было 4,2, 68,0, 0,98 мг/кг соответственно, внесение мелиоранта снижало содержание Mn от 1,33 мг/кг до 1,62 мг/кг на сорте Гала и на сорте Гранада – от 1,62-1,8 мг/кг.

Коэффициент биологического поглощения (КБП) клубнями Cd на сортах Гала и Гранада минимальное значение имел при внесении фоновых доз удобрений $N_{150}P_{150}K_{300}$ и составил 0,141, 0,144. При внесении фосфогипса наблюдалось увеличение коэффициента биологического поглощения у Cd от 19 до 34%, а Pb от 40 до 70% на сорте Гала и Cd от 23 до 46%, на сорте Гранада (табл. 8).

Таблица 8 – Коэффициенты биологического поглощения
тяжелых металлов клубнями картофеля сорта Гала и Гранада
при различных уровнях внесения фосфогипса

№	Вариант	Элемент						
		Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni
Сорт Гала								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,141	0,047	0,574	0,069	0,020	0,017	0,065
2	+ ФГ 2 т/Га	0,169	0,080	0,588	0,050	0,007	0,013	0,047
3	+ ФГ 4 т/Га	0,186	0,076	0,516	0,068	0,006	0,011	0,061
4	+ ФГ 6 т/Га	0,189	0,071	0,658	0,058	0,006	0,013	0,044
5	+ ФГ 8 т/Га	0,189	0,068	0,542	0,048	0,007	0,012	0,050
Сорт Гранада								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,144	0,071	0,742	0,077	0,025	0,018	0,071
2	+ ФГ 2 т/Га	0,178	0,063	0,673	0,112	0,010	0,017	0,063
3	+ ФГ 4 т/Га	0,203	0,087	0,598	0,082	0,009	0,017	0,061
4	+ ФГ 6 т/Га	0,206	0,083	0,761	0,073	0,009	0,017	0,058
5	+ ФГ 8 т/Га	0,211	0,078	0,708	0,059	0,009	0,015	0,059

Коэффициент биологического поглощения Zn на сорте Гала по отношению к ФОНу изменялся не значительно и только при внесении ФГ в норме 6 т/га имел 0,658, что на 12% больше ФОНа.

Коэффициент биологического поглощения Ni для сорта Гала и Гранада увеличивался на фоне внесения минеральных удобрений в норме N₁₅₀P₁₅₀K₃₀₀ и составил 0,065 и 0,071 соответственно (табл. 8). Минимальное значение КБП никеля было на обоих сортах при внесении 6 т/га фосфогипса в обоих вариантах и составило 0,044 и 0,058.

Показатель биотичности тяжелых металлов сортов Гала и Гранада (табл. 9) при различных нормах внесения фосфогипса показал, что фоновое внесение удобрений N₁₅₀P₁₅₀K₃₀₀ имело максимальное значение показателя биотичности Cd, Mn, Fe, Ni – 0,692, 0,0042, 0,0015, 0,01690 соответственно на сорте Гала. На сорте Гранада уровень биотичности составил 0,708, 0,0048, 0,0016, 0,0171 соответственно.

Максимальное значения ПБЭ было при использовании удобрений (0,014), а минимальное значения ПБЭ (0,008) – при внесении фосфогипса в норме 8 т/га. На сорте картофеля Гранада ПБЭ меди с максимальным значением был при внесении ФГ 2 т/га и составил 0,020, а минимальное значение показателя было при внесении 8 т/га ФГ. Так же стоит отметить, что при внесении ФГ с интервалом в 2 тонны: 2, 4, 6, 8 т/га показатель ПБЭ меди снижался и составил 0,020, 0,014, 0,013, 0,010 соответственно.

Таблица 9 – Показатель биотичности тяжелых металлов клубнями картофеля сорта Гала и Гранада при различных уровнях внесения фосфогипса

№	Вариант	ПБЭ						
		Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni
Сорт Гала								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,692	0,033	0,117	0,014	0,0042	0,0015	0,01690
2	+ ФГ 2 т/Га	0,454	0,053	0,099	0,009	0,0015	0,0009	0,01052
3	+ ФГ 4 т/Га	0,500	0,049	0,087	0,012	0,0014	0,0009	0,01362
4	+ ФГ 6 т/Га	0,508	0,045	0,111	0,011	0,0013	0,0009	0,01138
5	+ ФГ 8 т/Га	0,508	0,044	0,111	0,008	0,0016	0,0010	0,01293
Сорт Гранада								
1	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	0,708	0,050	0,120	0,015	0,0048	0,0016	0,0171
2	+ ФГ 2 т/Га	0,492	0,040	0,105	0,020	0,0018	0,0012	0,0129
3	+ ФГ 4 т/Га	0,562	0,057	0,094	0,014	0,0017	0,0012	0,0126
4	+ ФГ 6 т/Га	0,569	0,054	0,119	0,013	0,0016	0,0011	0,0119
5	+ ФГ 8 т/Га	0,585	0,049	0,119	0,010	0,0017	0,0012	0,0141

**Оценка экономической эффективности
использования фосфогипса для получения
экологически безопасной продукции картофеля**

Данные по урожайности картофеля сорта Гранада представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Урожайность картофеля сорта Гранада, 2021-2024 гг., т/га

Вариант опыта	Год исследований					Отклонение от контроля	
	2021	2022	2023	2024	Среднее значение	т/га	%
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₃₀₀	54,3	58,4	52,1	51,6	54,1	0	0
+ ФГ 2 т/га	58,4	65,6	55,3	54,2	58,3	4,2	7,8
+ ФГ 4 т/га	60,1	58,0	57,4	57,3	58,1	4,0	7,4
+ ФГ 6 т/га	63,4	71,6	59,1	62,1	64,0	9,9	18,3
+ ФГ 8 т/га	64,7	62,1	60,1	61,9	62,2	8,1	15,0
<i>НСР 0,5</i>	<i>1,02</i>	<i>0,98</i>	<i>0,74</i>	<i>0,96</i>	<i>0,93</i>		

Обобщение полученных данных четырехлетнего опыта позволило получить средние значения урожайности, была подсчитана прибавка к фоновому варианту.

В среднем урожайность картофеля сорта Гранада варьировала от 54,1 до 65,0 т/га, наибольший показатель выявлен на варианте опыта ФГ 6 т/га, что превосходит фон на 9,9 т/га или на 18,3%.

По результатам исследований можно сделать заключение, что внесение в почву фосфогипса на фоне применения минерального удобрения в норме $N_{150}P_{150}K_{300}$ достоверно обеспечивает прибавку урожая картофеля сорта Гранада в пределах 7,4-18,3%, или 4-9,9 т/га при его сборах на уровне 58,1-64,0 т/га. Наибольшую прибавку урожая относительно фона обеспечивает вариант опыта ФГ 6 т/га и 8 т/га.

Данные четырехлетнего опыта возделывания картофеля сорта Гала на черноземе обыкновенном в условиях южной агроклиматической зоны Самарской области представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Урожайность картофеля сорта Гала, 2021-2024 гг., т/га

Вариант опыта	Год исследования				Среднее значение	Отклонение от контроля	
	2021	2022	2023	2024		т/га	%
$N_{150}P_{150}K_{300}$	52,1	50,7	50,3	51,2	51,1	0	0
+ФГ 2 т/га	52,8	56,4	53,6	53,6	54,1	3,0	5,9
+ФГ 4 т/га	54,1	57,3	57,0	57,2	56,4	5,3	10,4
+ФГ 6 т/га	57,4	58,7	59,2	59,4	58,7	7,6	14,9
+ФГ 8 т/га	58,6	59,4	59,7	59,3	59,3	8,2	16,0
<i>HCP 0,5</i>	<i>0,98</i>	<i>0,74</i>	<i>0,73</i>	<i>0,96</i>	<i>0,85</i>		

Применение минеральных удобрений совместно с фосфогипсом способствовало увеличению сбора урожая картофеля с одного гектара и, соответственно, получению большей выручки от продажи продукции. При внесении ФГ в дозе 4 т/га произошло увеличение урожайности до 56,4 т/га, что на 10,4% превосходит фон. Дальнейшее повышение нормы ФГ до 6 и 8 т/га привело к росту урожайности картофеля сорта Гала в среднем за период 2021-2024 гг. на 7,6 и 8,2 т/га соответственно, что на 14,9 и 16,1% больше фонового варианта.

Экономическими расчетами в нашем опыте установлено, что за период 2021-2024 гг. стоимость полученного урожая в денежном выражении по вариантам опыта варьирует от 595,62 тыс. руб./га до 691,20 тыс. руб./га (по средней цене, сложившейся за 2021-2024 гг. – 11 656 руб. за 1 т картофеля).

Внесение минеральных удобрений и мелиоранта потребовало дополнительных материальных затрат, которые составили в варианте с внесением фосфогипса в норме 2,0 т/га – 443,22 тыс. руб./га. От внесения даже сравнительно

небольшой нормы мелиоранта заметна прибавка продукции, что характеризуется положительным показателем рентабельности, равным 42,28%, тогда как на фоновом варианте он составил 36,40%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По содержанию органического вещества (гумуса) почвы исследуемых участков относятся к малогумусным (ниже среднего), характеризуются средним запасом гумуса; по степени гумификации на фоне и варианте опыта фон + ФГ 2 т/га – средняя, в варианте «фон + ФГ 4 т/га» – очень высокая и в варианте «ФГ 6 т/га» и «ФГ 8 т/га» – высокая; тип гумуса по соотношению СГК: С_{фк} на фоне и варианте «фон + ФГ 2 т/га» – фульватный, вариантах «фон + ФГ 4 т/га» – гуматно-фульватный и «ФГ 6 т/га» и «8 т/га» – фульватный. Степень гумификации в фоновом варианте и «фон + ФГ 2 т/га» – средняя, составляет 24% и 25% соответственно.

2. Обогащенность почвы азотом гумуса составила С:N =12-14, в варианте «фон + ФГ 4 т/га» (С:N=10) – средняя, что способствует развитию инертности гумуса и снижению активности процессов минерализации, ниже которого процессы, происходящие в почве, могут быть необратимыми.

Содержание подвижных форм серы в почве при внесении фосфогипса значительно повышается: в фоновом варианте 24,0 мг/кг – среднее, в вариантах «ФГ 2 т/га», «ФГ 4 т/га» – 42-77 мг/га – высокое и в вариантах «ФГ 6 т/га и 8 т/га» – 117-125 мг/кг – очень высокое.

Соотношение азота к сере в вариантах опыта составляет 18-87:1, что выше оптимального значения 10:1. При таком соотношении задерживается образование белка и растения испытывают недостаток серы.

3. Баланс гумуса в севообороте с картофелем сорта Гранада бездефицитный (компенсационный), во всех вариантах баланс отрицательный с колебанием от -0,20 т/га на фоне и до -0,12 т/га в варианте фон + ФГ 8 т/га. В пятипольном севообороте дефицит гумуса компенсируется за счет включения в севооборот выращивания сои на 2-х полях и фацелии. Расчет потребности в органических удобрениях в среднем по севообороту показал, что внесение органических удобрений не требуется.

4. Для получения картофеля сорта Гала при средней урожайности за 4 года 2021-2024 гг. 51,3 т/га потребуется внести (кг/га): 357 азота, 327 фосфора и 210 калия. Для сорта Гранада при средней урожайности за 4 года 2021-2024 гг. 54,1 т/га потребуется внести на 1 га: 381,0 кг азота, 349,0 кг фосфора и 250,0 кг калия.

5. Расчет коэффициента возврата показал, что положительный баланс питательных веществ в севообороте выявлен только по азоту при возделывании картофеля сорта Гала, по остальным элементам установлен отрицательный баланс. Наибольший дефицит установлен по калию при выращивании картофеля сортов Гала и Гранада.

6. Обеспеченность почв азотом характеризуется как высокая (V класс), при таком уровне плодородия не допускается отрицательный баланс (+10-0). Под сортом картофеля Гала баланс положительный и составил: + 32 кг д.в., под сортом Гранада баланс отрицательный: -57,0 кг д.в. Данный критерий подтверждается интенсивностью баланса: на участке сорта Гала он составил – 116% и сорта Гранада – 72% к выносу. Интенсивность баланса у сорта Гранада выходит за допустимые пределы и относится к отрицательному или дефицитному балансу.

7. Обеспеченность почв фосфором характеризуется как средняя (III класс). Под сортом Гала баланс -49 кг д.в., под сортом Гранаде -54кг д.в. Данный критерий подтверждается интенсивностью баланса на участках обоих сортов и составляет 16% и 10% соответственно к выносу. Такая интенсивность выходит за пределы допуска (+70-40) и относится к отрицательному или дефицитному балансу.

Обеспеченность обменным калием характеризуется как очень высокая (VI класс). Под сортом картофеля Гала баланс составил -87 кг д.в., под сортом Гранаде -122 кг д.в. Данный критерий подтверждается интенсивностью баланса: на участке сорта Гала он составляет 56 % к выносу, который выходит за границу допуска (-20-40) и относится к отрицательному или дефицитному балансу. Интенсивность баланса на участке сорта Гранаде составляет 39% к выносу и не выходит за границу допуска.

8. Емкость катионного обмена в почве меняется от средней до высокой. Поглощающая способность почв по величине ЕКО установлена следующая: в варианте «фон +ФГ 2 т/га» – средняя, «фон + ФГ 4, 6 и 8 т/га» – высокая.

Актуальная кислотность изменяется от среднещелочной в фоновом варианте с уменьшением щелочности в вариантах «фон + ФГ 2, 4, 8 т/га» до нейтральной (рН 6,6-7,3) и в варианте «фон + ФГ 6 т/га» до слабощелочной. Обменная кислотность варьирует от нейтральной рН 7,0 в вариантах опыта ФГ 2, 4 и 8 т/га до слабощелочной в варианте ФГ 6 т/га.

Содержание суммы кальция и магния от ЕКО во всех вариантах исследования ниже оптимума, с колебанием от 39% в варианте фон +ФГ 4 т/га до 72% в варианте фон +ФГ 2 т/га. Согласно группировке почв по содержанию кальция, почвы опыта относятся к 5 группе – высокое, по содержанию магния к 4 группе – повышенное. Высокое содержание кальция 15,1-18,8 ммоль/100 г почвы

определено в фоновом варианте и «фон + ФГ 2, 4, 6 т/га», в варианте фон + ФГ 8 т/га – очень высокое 20,5 ммоль/100 г почвы.

Содержание магния во всех опытных участках повышенное – 2,1-2,8 ммоль/100 г почвы. Близкое к оптимальному соотношение $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 5:1$ отмечено в варианте «Фон + ФГ 4 т/га», в остальных – $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 7:1$ и больше.

9. По катионному составу тип засоления во всех вариантах опыта характеризуется как магниевый-кальциевый. Расчет токсичности солей показал, что по содержанию CO_3^{2-} и Cl^- превышен порог токсичности во всех вариантах опыта, включая фон; по содержанию SO_4^{2-} превышен порог токсичности в вариантах ФГ 6 и 8 т/га; по содержанию HCO_3^- нет превышения порога токсичности.

Согласно равенству «суммарный эффект» (СЭ) токсичных ионов изменяется на фоне и вариантах ФГ 2 и 4 т/га 0,69-0,78 мг-экв, почва классифицируется как слабозасоленная, в вариантах ФГ 6 и 8 т/га при «суммарном эффекте» 1,84-2,21 мг-экв. – средnezасоленная.

10. Во всех вариантах опыта в структурной группе почв в процентном отношении преобладают мезоагрегаты с размером частиц 0,25-10 мм, что свидетельствует об агрономически ценной структуре. Внесение фосфогипса способствует увеличению содержания данных почвенных частиц с изменением от 64,3-65,6% до 73,1-72,6% в вариантах ФГ 2, 0, 4, 6 и 8 т/га соответственно.

11. При внесении фосфогипса содержание всех изучаемых тяжелых металлов в почве находилось ниже ПДК в 2,5-6,0 раза. Накопление тяжелых металлов можно представить следующим геохимическим рядом для сортов Гала/Гранада: $\text{Cd} - (1,02/1,02) - \text{Pb} - (0,83/0,80) - \text{Ni} (0,51/0,49) - \text{Cu} (0,36/0,37) - \text{Mn} (0,29/0,29) - \text{Zn} (0,20/0,19) - \text{Fe} (0,10/0,11)$. Применение фосфогипса повышает концентрацию Zn, Fe, Ni на 19,3%, 20%, 15,2%, соответственно, содержание Fe снижается на 3,3%.

12. Применение фосфогипса способствует увеличению концентрации в почве подвижных форм тяжелых металлов: под сортом Гала подвижность Cd возрас- тала на 16%, Mn на 90%, Fe, Ni на 19%, под сортом Гранада подвижность Pb, Cu, Zn, Mn, Ni увеличивалась на 23,5%, 30%, 15%, 20%, 26,5% соответственно.

13. Геохимические ряды, характеризующие почвы под участками картофеля, отображены в виде ранжирования по убыванию Кс химических элементов:

$$\text{сорт Гала} \quad \text{Cd } 0,88 \text{ Ni } 0,69 \text{ Fe } 0,63 \frac{1}{\text{Pb } 0,10 \text{ Cu } 0,06 \text{ Mn } 0,04 \text{ Zn } 0,03}$$

$$\text{сорт Гранада} \quad \text{Cd } 0,88 \text{ Fe } 0,72 \text{ Ni } 0,69 \frac{1}{\text{Pb } 0,12 \text{ Cu } 0,06 \text{ Mn } 0,04 \text{ Zn } 0,03}$$

14. При внесении фосфогипса содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля не превышает гигиенические нормативы и ниже фитотоксичной концентрации: Cd – в 140 раз, Pb – в 89,5, Zn – в 55,5, Cu – в 38,3, Mn – в 144, Ni – в 111,6 раза. Превышена допустимая концентрация по Pb в клубнях сорта Гала в 1,36 раза, сорта Гранада – в 1,5 раза. Фоновое значение в клубнях обоих сортов превышено в 2-3 раза по содержанию Cd. Во всех вариантах опыта концентрация Pb оказалась выше фоновой в 2,5 раза и 2,8 раза для обоих сортов, соответственно. Остальные элементы находились в концентрациях, значительно ниже фоновых: Zn в 2,9 раза, Cu в 47 раз, Mn в 22,4 раза, Fe в 6,4 раза.

15. Исходя из потенциальной биогеохимической подвижности металлов, согласно рядам биологического поглощения, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni являются элементами слабого накопления. Наиболее высокий КПБ у Zn, но его роль в общем круговороте веществ незначительна ($ПБЭ_{Zn} < 0,3$). Для кадмия $ПБЭ_{Cd} = 0,45-0,62$ для сорта Гала, $ПБЭ_{Cd} = 0,49-0,71$ для сорта Гранада, $КБП_{Cd} < 0,3$, что свидетельствует о его слабом поглощении растениями из почвы. Pb, Cu, Mn, Fe, Ni не проявились как биотичные элементы, их роль в биогеохимическом круговороте незначительна.

16. Максимальная урожайность у сортов картофеля Гала и Гранада получена при внесении 8 и 6 т/га фосфогипса. По сравнению с фоном урожайность картофеля сорта Гала увеличивалось на 16,1%, прибыль составила 239,38 тыс. рублей с 1 га при рентабельности 52,98%. Урожайность картофеля сорта Гранада возросла с 54,1 до 64,0 т/га и рентабельность составила 66,26%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью получения стабильно высоких, экологически безопасных урожаев картофеля сорта Гала на уровне 58,6-59,7 т/га и сорта Гранада в пределах 59,0-71,6 т/га и оптимизации кислотности орошаемого чернозема обыкновенного Самарского Заволжья с содержанием гумуса 4,5 и pH почвенного раствора 7,4-7,9 рекомендуется в качестве химического мелиоранта использовать фосфогипс с долевой концентрацией 70-80% гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), 1,5-2,0% подвижного фосфора (P_2O_5), 15% оксида кремния (SiO_2) и 20-22% кальция (Ca), в норме 8 т/га для сорта Гала и 6 т/га для сорта Гранада на фоне внесения минеральных удобрений в норме $N_{150}P_{150}K_{300}$.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка темы перспективна в научном и в практическом отношении. Интерес представляют вопросы разработки агроприемов, способствующих сохранению и повышению плодородия почв, увеличению объемов и качества сельскохозяйственной продукции за счет применения комплексной мелиорации в условиях интенсивного использования пашни. Внесение мелиорантов в каждой агроклиматической зоне требует изучения изменений в агрохимических и агрофизических свойствах почв, особенностей накопления и агроприемов по регулированию тяжелых металлов в почвах и растениях. Особенности фенологии растений, урожайности изучаемых сортов картофеля могут быть использованы при выделении лучших сортов реестра региона. Данные опытные результаты целесообразно использовать при разработке региональных технологий выращивания картофеля.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в перечне рецензируемых изданий,
из списка рекомендованных ВАК РФ:*

1. **Боровкова, Н. В.** Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя / Н. М. Троц, Н. В. Боровкова, А. А. Соловьев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 3-11. DOI 10.55471/19973225_2022_7_1_3.
2. **Боровкова, Н. В.** Эколого-мелиоративные приемы повышения продуктивности чернозема солонцеватого в условиях Самарской области / Н. М. Троц, А. А. Соловьев, Н. В. Боровкова, А. А. Бокова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 9-15. DOI 10.55471/19973225_2022_7_4_9.
3. **Боровкова, Н. В.** Агроэкологическая эффективность фосфогипса в повышении продуктивности картофеля при орошении / Н. И. Аканова, Н. М. Троц, М. Н. Можаренко, Н. В. Боровкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №2. – С. 10-17. DOI 10.55170/19973225_2023_8_2_10.

4. **Боровкова, Н.В.** Влияние хелатных форм микроэлементов на урожайность овощных культур в условиях орошения степной зоны Среднего Поволжья / Н.М. Троц, Н.В. Боровкова, А.А. Соловьев // Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности: сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций. – Казань: Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 2022. – С. 596-600.

5. **Боровкова, Н.В.** Влияние органоминеральной подкормки на урожайность и товарное качество картофеля / Н. М. Троц, Н.В. Боровкова, А.А. Соловьев // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель: Самарский ГАУ, 2022. – С. 9-13.

6. **Боровкова, Н.В.** Биологически активные грибы рода *Trichoderma* как перспективное средство экологически безопасной защиты растений / Liliya Khalikova, Natalia Borovkova, Oksana Semkina // Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования: материалы Международной научно-практической конференции. – Курск, 2021. – С. 484.

7. **Боровкова, Н.В.** Анализ антагонистических грибов рода *Trichoderma* в отношении некоторых фитопатогенных микромицетов / Л.В. Халликова, Н.В. Боровкова, О.В. Семкина // Материалы Международной конференции по достижениям в агробизнесе и биотехнологических исследованиях (ABR 2021). – Том 285. – Краснодар, 2021.

8. **Боровкова, Н.В.** Агроэкологическая оценка эффективности фосфогипса на посевах подсолнечника / В.Б. Троц, Н.М. Троц, А.А. Соловьев [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 247-252.

9. **Боровкова, Н. В.** Влияние хелатных форм микроэлементов на урожайность овощных культур в условиях степной зоны среднего Поволжья / Н.М. Троц, А.А. Соловьев, Н.В. Боровкова [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 252-255.

10. **Боровкова, Н.В.** Влияние органоминеральной подкормки на урожайность лука при выращивании на орошении в условиях степной зоны среднего

Поволжья / Н.М. Троц, А.А. Соловьев, Н.В. Боровкова // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель : Самарский ГАУ, 2022. – С. 13-16.

11. **Боровкова, Н.В.** Влияние хелатных форм микроэлементов на урожайность овощных культур в условиях орошения степной зоны Среднего Поволжья / Н.М. Троц, Н.В. Боровкова, А. А. Соловьев // Сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций, посвящённый 30-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса. – Казань: Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 2022. – С. 596-600.

12. **Боровкова, Н.В.** Выращивание картофеля на орошении с подкормками жидкими азотными и азото-серосодержащими минеральными удобрениями / В.А. Милюткин, Н.Г. Длужевский, А.А. Соловьев, Н.В. Боровкова // Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 107-114.

13. **Боровкова, Н. В.** Влияние жидких азотных удобрений на урожайность картофеля в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Д.Р. Кусманова, Н.В. Боровкова // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сборник научных трудов 77-ой Международной студенческой научно-практической конференции. – Кинель: Самарский ГАУ, 2024. – С. 81-85.

14. **Боровкова, Н.В.** Влияние жидких азотных удобрений на распространение вирусных заболеваний картофеля в условиях лесостепи Самарской области / Д.Р. Кусманова, Н.В. Боровкова // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сборник научных трудов 77-ой Международной студенческой научно-практической конференции. – Кинель: Самарский ГАУ, 2024. – С. 85-89.

Издание выполнено в редакционно-издательском отделе ВНИИА
Лицензия на издательскую деятельность ЛР 040919 от 07.10.98
Лицензия на полиграфическую деятельность ПЛД №53-468 от 13.08.99
Подписано в печать 10.02.2026 Формат 60х84/16
Усл.печ.л. 1,4 Тираж 100 экз. Заказ № 2
Почтовый адрес: 127434 Москва, ул. Прянишникова, д. 31-А
Тел. (499) 976-25-01 e-mail: pl@vniia-pr.ru