

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата сельскохозяйственных наук Павлова Максима Николаевича на диссертацию Боровковой Натальи Владимировны
«Влияние фосфогипса на агроэкологические показатели орошаемых черноземов Среднего Поволжья и продуктивность картофеля», представленной на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Актуальность темы. Обеспечение населения продовольствием, а перерабатывающей промышленности сырьем зависит от экологически и экономически эффективного использования природных ресурсов, в частности - отходов промышленной переработки природного сырья. Это позволит с одной стороны найти оптимальные пути утилизации отходов, а с другой - обеспечить сельскохозяйственные культуры необходимыми элементами минерального питания, снизив при этом себестоимость продукции.

В качестве перспективного удобрения и мелиоранта можно использовать фосфогипс, побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты. Он содержит 70–80% гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2-3% P_2O_5 , 15 % SiO_2 , 20-22% Ca, а также другие макро и микроэлементы. Вместе с тем, необходима агроэкологическая оценка его эффективности в конкретных почвенно-климатических зонах. В частности, это актуально для южной агроэкологической зоны Самарской области, где на орошаемых черноземах он может быть использован для восстановления баланса кальция, обогащения фосфором снижения последствий ветровой эрозии почв.

Картофель – ключевой элемент продовольственной безопасности и одна из важнейших культур России. Его повышенные требования к уровню минерального питания создают необходимость поиска эффективных и сбалансированных удобрений.

В связи с этим, актуальным является совершенствование агротехнических приемов выращивания картофеля в системе применения фосфогипса при орошении на черноземной почве для повышения урожайности, улучшения качества клубней и снижения накопления тяжелых металлов (Cd, Pb, Ni).

Научная новизна. Автором впервые в условиях Самарской области на орошаемой черноземной почве проведена оценка эффективности действия фосфогипса Балаковского филиала АО «Апатит» при возделывании картофеля. Разработана система применения фосфогипса (2–8 т/га) с $\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{300}$ для картофеля, подтвержденная полевыми данными 2021–2024 гг., показывающими повышение урожайности в среднем по годам у разных сортов на 6–18 %. Обоснована высокая эффективность фосфогипса в нейтрализации кислотности и улучшения питательного режима исследуемой почвы.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций и достоверность результатов исследований подтверждается проведенными полевыми исследованиями в течение четырех лет (2021 – 2024 гг.) в условиях Приволжского района Самарской области на полях ИП Цирулев Е.П. Эксперименты выполнены в соответствии с общепринятыми методиками. Почвенные и растительные анализы выполнены в сертифицированных лабораториях ФГБУ САС «Самарская», Самарская испытательная лаборатория ФГБУ «ВНИИЗЖ» и научно-исследовательской испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ». Экспериментальные данные статистически обработаны с использованием методов дисперсионного анализа двухфакторного опыта и корреляционно-регрессионного анализа с использованием электронной таблицы MS Excel. Дана экономическая изучаемой технологии возделывания сортов картофеля с применением фосфогипса и минеральных удобрений. На основании проведенных исследований соискателем сделаны обоснованные выводы и рекомендации.

Результаты исследований имеют теоретическую и практическую ценность.

Автором выявлена высокая эффективность использования фосфогипса с определенными характеристиками в качестве химического мелиоранта в норме 8 т/га для сорта Гала и 6 т/га для сорта Гранада на фоне внесения минеральных удобрений $N_{150}P_{150}K_{300}$. Указаны характеристики данного фосфогипса: долевая концентрация 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).

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.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в картофелеводческих предприятиях Самарской области для повышения продуктивности картофеля на орошаемых черноземах, а также рентабельности производства за счёт высокой эффективности данных удобрений.

Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 15 научных работах, из них 3 работы в рецензируемых изданиях из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Получен патент на изобретение. Они достаточно полно раскрывают основные положения диссертационной работы. Кроме того, результаты исследований докладывались на международных, национальных и всероссийских научных конференциях (Горки, 2023; Саратов, 2023; Кинель, 2022; Казань, 2022; Курган, 2022; Самара, 2021). Внедрение результатов исследований проводили на чернозёме обыкновенном в хозяйствах Безенчукского и Приволжского районов Самарской области: ООО «Скорпион» на площади 350 га; ООО «Весна» на площади 120 га; ИП Глава КФХ Цирулев Е. П.

Содержание диссертации в полной мере отражено в автореферате, основные результаты диссертационной работы опубликованы в открытой печати.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 185 страницах, состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству, библиографического списка из 111 наименований, в том числе 24 зарубежных источников, включает 48 таблиц, 7 рисунков и 4 приложения.

Во введении отражены актуальность, цель, задачи, объект и предмет исследований, описана степень разработанности темы, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности и апробация результатов.

В обзоре литературы приводится описание видов мелиоративных мероприятий, представлен аналитический обзор научной литературы по вопросам влияния микроорганизмов на плодородие почв, современного состояния отрасли картофелеводства, биологических и агротехнологических приемов регулирования урожайности картофеля и особенностей его возделывания, влиянию агротехнических приемов на содержание тяжелых металлов в почвах, на урожайность и качество картофеля.

Основная часть разбита на 4 главы. Во второй главе представлено описание условий, материалов и методов исследований, метеорологических условий зимне-весенних месяцев и вегетационного периода, представлена схема полевого опыта и ее обоснование.

В главах 3 – 5 приведены результаты исследований, в ходе которых установлено, что по содержанию органического вещества почвы исследуемых участков относятся к малогумусным (ниже среднего), характеризуются средним запасом гумуса; по степени гумификации различаются по вариантам опыта: фон + ФГ 2 т/га – средняя, фон + ФГ 4 т/га – очень высокая, ФГ 6 т/га и ФГ 8 т/га – высокая. Выявлен тип гумуса по соотношению СГК: СФК, который также различался по вариантам опыта от фульватного до гуматно-фульватного.

Проведен анализ гумусового состояния почв. Обогащенность почвы азотом гумуса (C:N) составила 12-14, а в варианте «фон + ФГ 4 т/га» - 10 (средняя), что по мнению соискателя способствует развитию инертности гумуса и снижению активности процессов минерализации. Также, по данным исследований повышается содержание подвижных форм серы в почве при внесении фосфогипса: в фоновом варианте 24,0 мг/кг (среднее), в вариантах «ФГ 2 т/га», «ФГ 4 т/га» – 42-77 мг/га (высокое), 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. Баланс гумуса в севообороте с картофелем сорта Гранада бездефицитный (компенсационный), во всех вариантах баланс отрицательный: от -0,20 т/га до -0,12 т/га. У сорта Гала наибольший дефицит испытывает вариант на фоновом участке с внесением минеральных удобрений. Получен отрицательный баланс со значением 0,24.

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. Обеспеченность почв азотом характеризуется как высокая (V класс). Под сортом Гала баланс был положительный (+ 32 кг д.в.), под сортом Гранада – отрицательный (-57,0 кг д.в.). Интенсивность баланса у данного сорта выходит за допустимые пределы. Обеспеченность почв фосфором характеризуется как средняя (III класс). Баланс отрицательный: под сортом Гала -49 кг д.в., под сортом Гранаде -54 кг д.в. Интенсивность выходит за пределы допустимой (+70-40). 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. На участке сорта Гала интенсивность выходит за границу допуска (-20-40) и относится к отрицательному (дефицитному) балансу, на участке сорта Гранаде интенсивность составляет 39% к выносу и не выходит за границу допуска.

Емкость катионного обмена в почве меняется от средней (фон + ФГ 2 т/га) до высокой (фон + ФГ 4, 6 и 8 т/га). 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 ниже оптимума, с колебанием от 39% (фон + ФГ 4 т/га) до 72% (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) выявлено в фоновом варианте и варианте «фон + ФГ 2, 4, 6 т/га», очень высокое - в варианте фон + ФГ 8 т/га (20,5 ммоль/100 г почвы). Содержание магния во всех опытных участках повышенное (2,1-2,8 ммоль/100 г почвы).

По катионному составу тип засоления во всех вариантах - магниевый-кальциевый. 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^- соискателем не обнаружено превышения порога токсичности.

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

При внесении фосфогипса содержание всех изучаемых тяжелых металлов в почве находилось ниже ПДК в 2,5-6,0 раза. Применение фосфогипса повышает концентрацию Zn, Fe, Ni на 19,3%, 20%, 15,2%, соответственно, содержание Fe снижается на 3,3%.

Применение фосфогипса способствует увеличению концентрации в почве

подвижных форм тяжелых металлов: под сортом Гала подвижность Cd возростала 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.

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.

Исходя из потенциальной биогеохимической подвижности металлов, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni являются элементами слабого накопления. Наиболее высокий коэффициент биологического поглощения (КБП) у Zn, но его роль в общем круговороте веществ незначительна. Показатель биотичности элемента (ПБ) для Zn < 0,3. Для кадмия по сорту Гала ПБЭ = 0,45 - 0,62, по сорту Гранада – ПБЭ = 0,49 - 0,71, 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.

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 14,9 - 16,0 %, сорта Гранада – на 15,0 – 18,3 %.

Расчет экономической эффективности показал, что у сорта Гала в варианте с максимальной урожайностью прибыль составила 239,38 тыс. рублей с 1 га при рентабельности 52,98%. Максимальная расчетная прибыль от возделывания картофеля сорта Гранада составила 297,31 с уровнем рентабельности производства 66,26%.

В конце работы приведены заключение и предложения производству, которые логически вытекают из содержания работы и отражают полученные результаты исследований.

В качестве замечаний, пожеланий и вопросов к рассматриваемой диссертационной работе можно отметить следующее:

1. На странице 44 диссертации в предложении «В основном объект исследования почва представлена чернозёмами обыкновенными остаточно-луговатыми и обыкновенными остаточно-луговатыми карбонатными с вкраплинами мелких контуров лугово-чернозёмных почв» имеется ряд опечаток. Во-первых, слово «вкраплинами» разбито переносом на две строки, во-вторых слово «вкраплины» является некорректным, правильная форма без переноса — «вкрапления». Также существует некая синтаксическая неясность в начале предложения. Фраза «В основном объект исследования почва» может быть понята двояко: как «в основном объекте исследования почва представлена...» (т.е. речь идёт о какой-то части объекта) или как «в основном объект исследования — почва...» (т.е. почва является основным объектом исследования).

2. В конце первой главы следовало сделать небольшое заключение, в котором кратко подвести итоги проведенного анализа литературы и обосновать его значение для исследований автора. В конце глав 3 – 5 также следовало подвести небольшие итоги полученных результатов исследований.

3. Не совсем понятно почему глава 3 называется «Результаты исследований», тогда как результаты представлены также в главах 4 и 5. Следовало или объединить результаты в одну главу или назвать главу 3 заголовком, более конкретно характеризующим ее содержание.

4. Следует пояснить, почему в качестве объектов исследования взяли сорта немецкой селекции, а не отечественные? Какие категории семенного материала

использовали при закладке опыта?

5. На страницах 56 – 59 диссертации достаточно подробно описана схема защиты растений в опытах, однако для используемых средств отсутствует указание их препаративной формы.

6. На странице 116 диссертации представлены данные по влиянию различных норм фосфогипса на биохимический состав клубней картофеля перед закладкой на хранение (Таблица 3.7.5) в среднем за 2021 – 2024 гг. А как оно изменялось по годам? Следует также пояснить, за счет чего применение фосфогипса снижает содержание нитратов в урожае?

Однако, все указанные выше вопросы и замечания, сделанные при рецензировании диссертации и автореферата, не затрагивают основной сути представленной работы и не могут существенно отразиться на общей её оценке.

Заключение. Диссертационная работа Боровковой Натальи Владимировны «Влияние фосфогипса на агроэкологические показатели орошаемых черноземов Среднего Поволжья и продуктивность картофеля», представленная на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений, выполнена на высоком научно - методическом уровне и представляет собой завершённую научно - квалификационную работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для аграрной науки и производства картофеля на черноземных почвах Среднего Поволжья. Выводы и рекомендации, сформулированные автором, обоснованы и подтверждены экспериментальными данными, сделаны в соответствии с поставленными целью и задачами исследований. Автореферат отражает основное содержание диссертации. По объёму экспериментальных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости данная диссертационная работа соответствует критериям и требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор Боровкова Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Официальный оппонент:

Доцент, доцент кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, кандидат сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство



Максим Николаевич Павлов

24.03.2026 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Тверская ГСХА)

Адрес организации: 170904, Тверская область, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), д. 7

Тел. (4822)53-12-36; e-mail: mail@tvgscha.ru

Подпись Павлова М.Н. заверяю
Ученый секретарь



Г.М. Володькина