

**КОЗЛОВ
ИЛЬЯ ГЛЕБОВИЧ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ДВУХ УРОЖАЕВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ
В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**

**Специальность: 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 научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова»

**Научный
руководитель:
Официальные
оппоненты:**

Гаспарян Ирина Николаевна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Матыченков Владимир Викторович - доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», лаборатория экологии и физиологии фототрофных организмов, ведущий научный сотрудник.

Мартынова Наталья Борисовна - кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра сельскохозяйственного строительства, доцент

**Ведущая
организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»

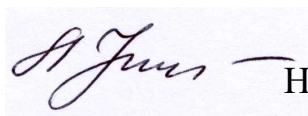
Защита диссертации состоится «16» апреля 2026 г. в 13.00 час. на заседании диссертационного совета 24.1.006.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31 а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» и на сайте: https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/f26/iyf3t8inx5zo1fq9eroxz1sko5ydxsu2/kozlov_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, 31 а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovets_vniia@mail.ru

**Ученый секретарь
диссертационного совета**



Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из наиболее востребованных культур массового потребления, находит многостороннее применение в различных отраслях хозяйственной деятельности. В связи с высокой пищевой ценностью клубней становится актуальным вопрос о необходимости интенсификации производственных процессов и качественного совершенствования отрасли картофелеводства (Симаков, 2023).

Интенсификация производства картофеля требует разработки и внедрения инновационных методологических подходов, технологических решений и агротехнических приемов. Перспективным направлением в данной области является технология получения двух урожаев в течение одного вегетационного сезона, которая успешно применяется в регионах с благоприятными климатическими условиями, включая страны Ближнего Востока, Северной Африки и южные регионы Российской Федерации. В условиях Центрального Черноземья, на фоне наблюдаемых климатических изменений в сторону потепления, становится возможным выращивание двух урожаев картофеля.

Научные исследования в области минерального питания картофеля обширны (Ионас, Вильдфлуш, 2018; Симаков, 2023), но для успешного выращивания двух урожаев за сезон необходимо учитывать специфические агротехнологические аспекты в связи с тем, что производственные циклы проходят в разных условиях: первая посадка клубней попадает на умеренные температуры, достаточное увлажнение и длинный день, при котором клубнеобразование снижается. Особенность второй посадки клубней связана с уменьшением длины дня, что благоприятно влияет на клубнеобразование, но снижается влажность и увеличивается температура, межфазные периоды проходят быстрее, растения испытывают стрессы. Стрессы негативно влияют на фотосинтез, клубнеобразование, способствуют снижению урожайности и качества клубней (Сычев, 2016; Федотова, 2011) и для уменьшения стресса возможно использование различных адаптогенов (Wadas, 2021; Madegwa et al., 2025; Матыченков В.В., 2022), таковым является кремниевое удобрение, которое применяется в виде некорневой подкормки в период вегетации. Для нивелирования дефицита влаги в почве предлагается использование гидрогелей, которые набухают в почве, постепенно отдавая влагу, тем самым улучшая водный режим растений (Максимова, 2023).

В летний период предложение картофеля на внутреннем рынке России остаётся ограниченным, что приводит к временному дефициту продукции. Ранний сбор первого урожая картофеля в конце июня начале июля, позволяет

снизить импорт этой ценной культуры и обеспечить население страны качественной отечественной продукцией (Ивашова, 2021). Поэтому оптимизация минерального питания при возделывании двух урожаев является неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития картофелеводства, направленной на увеличение объемов производства особенно в летний период. Эффективное управление минеральным питанием способствует улучшению качественных и количественных показателей урожая, что, в свою очередь, положительно будет сказываться на экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий.

Степень разработанности темы. Вопросами возделывания двух урожаев картофеля и оптимизации минерального питания занимались многие отечественные и зарубежные ученые: Н.Н. Балашев, Шкварникова П.К., Букасов С.М., Юзепчук С.В., Сикстель Д.А., Матвеев В.П., Писарев Б.А. Исследованиями по применению гидрогелей и кремнийсодержащих препаратов в картофелеводстве в последние годы активно занимаются российские и зарубежные специалисты (Старовойтов, 2014; Смагин, 2019; Dhiman J., 2021; Максимова, 2023, Buitrago-Arias C., 2025) однако комплексного изучения их применения при возделывании двух урожаев картофеля в Центральном Нечерноземье не проводилось.

Цели и задачи исследования. Целью являлась оптимизация минерального питания растений при выращивании двух урожаев картофеля в Центральном Нечерноземье для снижения негативного влияния стрессов и обеспечения высоких урожаев клубней.

В задачу исследований входило:

- проанализировать особенности минерального питания картофеля при возделывании двух урожаев в Центральном Нечерноземье и обосновать применение кремниевого удобрения и гидрогеля для снижения негативного влияния стрессов на урожайность при изменяющемся климате;
- изучить в Центральном Нечерноземье для оптимизации минерального питания растений применительно к первой и второй посадке для получения двух урожаев картофеля и оценить специфику роста и развития культуры, параметров продуктивности, формирования его компонентов и качество полученной продукции;
- корреляционные и регрессионные взаимосвязи между конечной продуктивностью и показателями фотосинтетической активности растений в агроценозах;

- дать оценку экономической и энергетической эффективности оптимизации минерального питания при возделывании двух урожаев картофеля.

Объект исследования – минеральное питание картофеля при возделывании двух урожаев картофеля в Центральном Нечерноземье.

Предмет исследования – зависимости процессов формирования урожайности клубней первой и второй посадки при оптимизации минерального питания и снижения негативного влияния стрессов.

Научная новизна. Впервые обоснована эффективность адаптационной технологии возделывания двух урожаев картофеля с применением комплекса NPK + кремниевое удобрение + гидрогель, обеспечившего ускорение фенологических фаз на 1–2 дня, увеличение высоты побегов до 46,6 см у первого урожая и 51,0 см у второго, количества стеблей — до 5,1 и 7,2 шт. соответственно, индекса листовой поверхности — до 3,4 и 3,7, а также повышение урожайности с 15,6 до 22,05 т/га у первого урожая и с 17,94 до 24,52 т/га у второго (максимально до 33,0 т/га) и товарности клубней до 97–99%, при увеличении рентабельности производства на 20,2%.

Теоретическая и практическая значимость. В условиях изменяющегося климата, были выявлены закономерности роста и развития, а также продуктивности картофеля при использовании кремниевых удобрений как в комбинации, так и отдельно, с гидрогелиевыми материалами в технологии возделывания двух урожаев в условиях Центрального Нечерноземья.

Практическая значимость. Практическая значимость определяется разработкой рекомендаций по оптимизации минерального питания и снижения стрессов при возделывании двух урожаев картофеля в Центральном Нечерноземье. Рекомендации внедрены в условиях крестьянского хозяйства «Междуречье» Дмитровского района Московской области. Разработанные базы данных «Адаптация технологии возделывания картофеля к изменениям климата» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623294, от 29.09.2023 г.) позволят увеличить эффективность производства картофеля.

Степень достоверности и реализации результатов исследований. Надежность и достоверность проведения экспериментальных исследований подтверждается использованием стандартной методики проведения трехлетних полевых опытов, результатами статистической обработки и корреляционного, регрессионного анализов при уровне достоверности 95 %.

Основные положения, выносимые на защиту:

- специфика роста и развития растений картофеля, а также параметры продуктивности в зависимости от совместного применения или отдельного использования кремниевого удобрения и гидрогеля применительно к первой и второй посадке для получения двух урожаев;

- агрономическая эффективность совместного применения или по отдельности кремниевого удобрения и гидрогеля применительно к первой и второй посадке для получения двух урожаев картофеля в Центральном Нечерноземье;

- корреляционные и регрессионные взаимосвязи между конечной продуктивностью и показателями фотосинтетической активности растений в агроценозах;

- экономическая и энергетическая оценки совместного применения или по отдельности кремниевого удобрения и гидрогеля применительно к первой и второй посадке для получения двух урожаев картофеля.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на конференциях: Международная научно-практическая конференция, посвященная 160-летию академика Дмитрия Николаевича Прянишникова «Агрохимическая наука – основа эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем» (Москва, ВНИИ агрохимии, 07...09 октября 2025 г.); Международная научно-практическая конференция «Охрана окружающей среды, изменение климата, инновационные технологии повышения плодородия деградированных почв» (Ташкент, 21...23 апреля 2025 г.); Конференция молодых ученых «Современные методы агрохимических и агроэкологических исследований, их применение в сельскохозяйственном производстве» (Москва, ВНИИ агрохимии, 29 ноября 2024 г.).

Публикации. По диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе в 2 изданиях, которые рекомендованы ВАК Минобрнауки РФ; 1 свидетельство о регистрации базы данных № 2023623294, от 29.09.2023 г.).

Структура и объем диссертации. Материал диссертационного исследования изложен на 153 страницах машинописного текста, который включает введение, 5 глав, 28 таблиц, 13 рисунков, а также заключения, предложения производству и перспективы дальнейшей разработки. Библиографический список использованной литературы состоит из 168 источников, в том числе 69 иностранной литературы.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке задачи и цели исследования, получении, обработки и интерпретации результатов эксперимента и производственной проверки, апробации и

подготовки основных публикаций по выполненной работе. Доля личного участия автора в подготовке и издания совместных работ составляет до 75 %.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Гаспарян И.Н. за методическую помощь и поддержку при работе над диссертацией, а также всем сотрудникам лаборатории ЦИНАО ВНИИА им. Прянишникова за содействие в проведении исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, изложена научная новизна, сформулированы цели и задачи исследований, теоретическая и практическая значимость результатов исследований, основные положения, выносимые на защиту, отражена степень достоверности и апробация результатов исследований.

В первой главе «Теоретические основы возделывания двух урожаев картофеля за вегетационный период» рассмотрены исследования, посвященные роли кремниевых удобрений в сельском хозяйстве как адаптогенов, видам и способам применения гидрогелей как влагоудерживающих полимеров, а также агробиологическим особенностям картофеля, его требованиям к факторам внешней среды и возделыванию по двухурожайной системе. Также в данной главе проанализированы показатели изменения климата и ресурсы для получения двух урожаев картофеля в условиях Московского региона, исходя из данных обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА.

Во второй главе представлены условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в 2023...2025 году на ЦОС ВНИИА на сортах картофеля Жуковский ранний, Ред Скарлет, Варяг и Невский. Почвенный покров опытного полигона представлен дерново-подзолистой почвой средне-суглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса составляет 2,1%, общего азота - 0,16 %, подвижные формы P_2O_5 и K_2O - 128-137 и 125-146 мг/кг, подвижного кремния 203 - 222 мг/кг. Реакция солевой вытяжки характеризуется слабокислой средой – 5,7 рН-ед.

Площадь учетных делянок - 25 м². Повторность в опыте – трехкратная, размещение рендомизированное. Для проведения опытов применяли посадочный материал различной фракции: клубни среднего размера с диаметром 30–60 мм (массой 40–80 г) использовали во второй срок посадки, а более крупные клубни диаметром свыше 60 мм (массой более 80 г) – в первый. Материал относился к репродукции - элита. Посадку осуществляли в два срока: первый –

при прогревании почвы до 6–8 °С, обычно в период с конца апреля до начала мая; второй – в начале июля. Посадку картофеля осуществляли вручную.

Система возделывания соответствовала общепринятой технологии с шириной междурядий 70 см и включала следующие модули: обработку почвы, подготовку посадочного материала, собственно посадку, уход за растениями и уборку урожая. Обработка почвы различалась в зависимости от срока посадки: под первую посадку выполняли осеннюю вспашку (плуг ПЛН-3-35) и формирование гребней агрегатом КГО-2,8, тогда как под вторую – культивацию и нарезку гребней тем же орудием (КГО-2,8). Подготовка посадочного материала включала световое проращивание клубней для обоих сроков посадки. Различие заключалось только в используемой фракции: при первой посадке применяли крупные клубни, при второй – средние. В момент посадки в посадочное ложе вносили гидрогель в сухом виде из расчёта 4 г на одно растение. Агротехнический уход включал междурядную обработку (КГО-2,8) и последующее окучивание (КГО-2,8). Уборку урожая проводили вручную в два этапа – в середине июля и в конце сентября.

Варианты первого и второго урожая (посадок): 1) контроль; 2) + N60P60K90 (Фон NPK); 3) + N60P60K90 и гидрогель; 4) + N60P60K90 и кремниевое удобрение (100 г/га); 5) + N60P60K90 и кремниевое удобрение + гидрогель. Кремниевое удобрение внесли в качестве внекорневой подкормки из расчёт 100 г/га. Гидрогель на основе полиакрилата натрия внесли в почву в дозе 4 г/растение в период посадки в сухом виде. В качестве фона удобрений взят вариант, наиболее распространенный на дерново-подзолистых почвах для картофеля NPK 60:60:90.

Кремниевое удобрение (AraSil) имеет вид белого мелкокристаллического порошка. Проверка показала, что содержание влаги в удобрении составляет 31% (табл. 1).

Таблица 1 - Качественный и количественный состав кремниевого удобрения

№ п/п	Наименование показателя, ед. измерения	Содержание в сухом продукте	
1	Двуокись кремния (SiO ₂), %	не менее	70
2	Алюминий общий (Al), %	не более	5
3	Влага гигроскопическая (H ₂ O), %	не более	55
4	Кислота кремнефтористоводородная свободная (H ₂ SiF ₆), %	не более	0,8

Методы исследований. Использовали следующие анализы: ГОСТ 26483-85 - величину рН солевой вытяжки почвы, ГОСТ Р 54650-2011 - содержание подвижного фосфора и калия в почве, ГОСТ Р 58596-2019 - определения общего азота, ГОСТ 26213-2021 – определение органического вещества, ГОСТ 26212-2021 - гидролитическую кислотность почвы, ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 - подвижные формы кремния.

Фенологические наблюдения и биометрические показатели проводили по методике ВНИИКХ (1967 г). В течение вегетации учитывали начало появления всходов, полные всходы, вступление в фазу бутонизации, полную бутонизацию, начало цветения, полное цветение. Биометрические показатели - высоту растений, количество стеблей и клубней, вес ботвы и клубней в кусте. Кроме того, определяли площадь ассимиляционной поверхности листьев учитывали фотопланиметром Li-3100.

Урожай и товарность урожая определяли вручную по фракциям 0-30 мм и более 30 мм.

В уборочной пробе по всем вариантам опыта определяли следующие показатели качества клубней:

- а) товарность урожая;
- б) содержание крахмала – весовым методом, ГОСТ 7194-81;
- в) определение сухого вещества и воды в анализируемом материале (растения) весовым методом по ГОСТ 31640-2012;
- г) содержание нитратов – ионоселективным методом, ГОСТ 29270-95.

В третьей главе «Результаты полевых опытов» представлены данные по возделыванию двух урожаев картофеля с применением гидрогеля и кремниевого удобрения.

Одной из составляющих комплексной оценки сортов служит анализ динамики прохождения фенологических фаз в зависимости от условий опыта, отражающей адаптивную реакцию растений на погодные факторы, уровень агротехнического фона и использование удобрений.

Анализ сортов Жуковский ранний, Ред Скарлет, Варяг и Невский показал, что различия в сроках прохождения фенологических фаз не превышали одного–двух дней в течение всего периода опыта. При этом варианты с применением гидрогеля и/или кремниевого удобрения характеризовались более ранним наступлением фаз по сравнению с контролем.

По результатам анализа биометрических показателей установлено, что контрольные варианты всех исследуемых сортов картофеля имели меньшие значения высоты побегов, их количества, площади листьев и индекса листовой

поверхности по сравнению с вариантами, более полно реализовавшими биологический потенциал растений (рис. 1...2).

Во всех сортах картофеля наблюдается почти линейная положительная зависимость урожайности от площади листьев: с увеличением площади листовой поверхности урожайность растёт. Линии тренда для разных сортов идут параллельно, но смещены, что отражает сортовые различия: Жуковский ранний и Невский дают более высокий урожай при одинаковой площади листьев, Ред Скарлет — меньший, а Вояг занимает промежуточное положение (рис. 3).

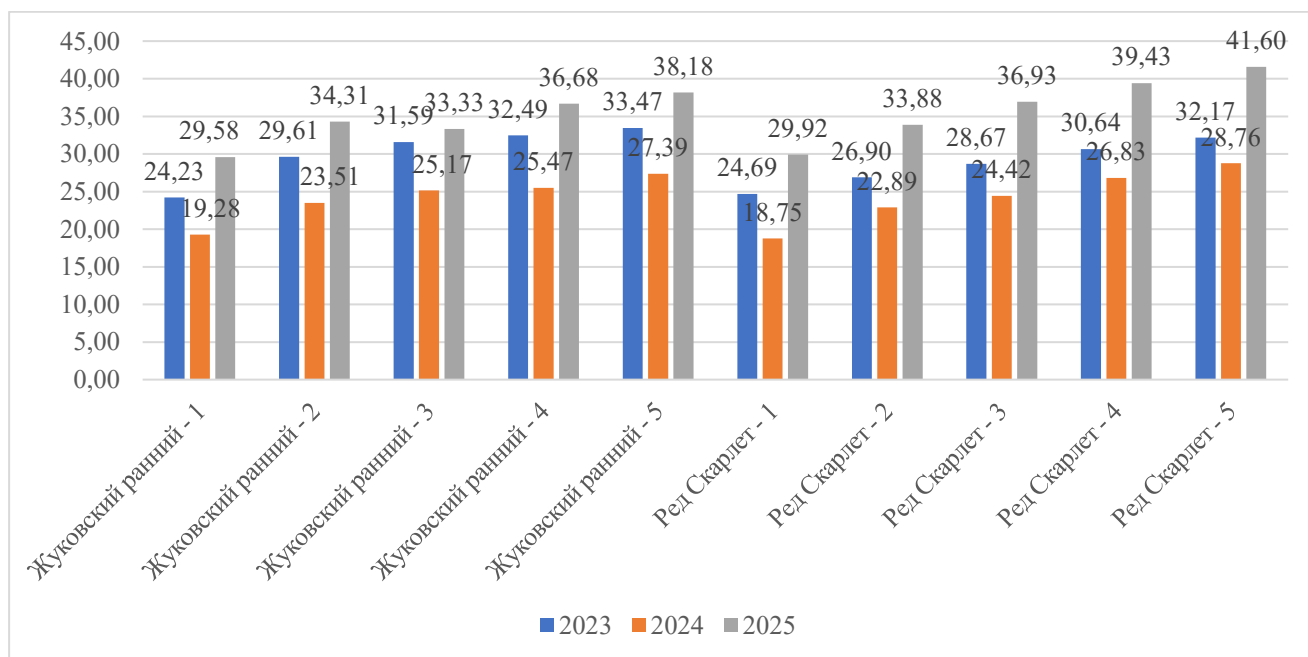


Рисунок 1 - Площадь листьев разных сортов картофеля, среднее за 2023...2025 годы 1 урожай, тыс. кв. м/га

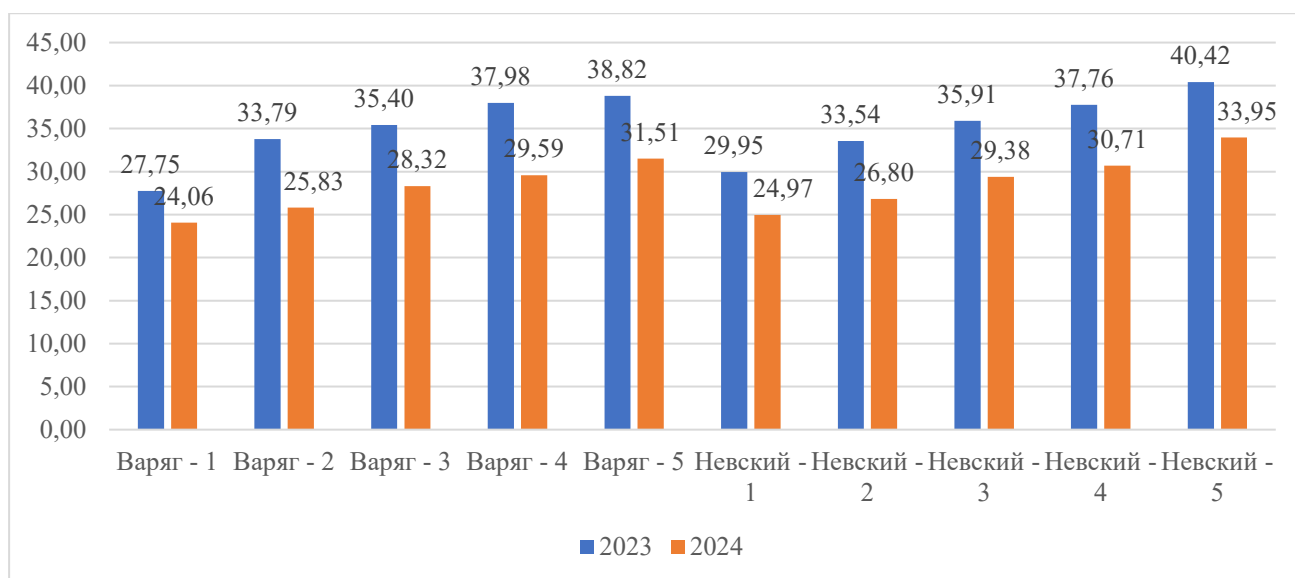


Рисунок 2 - Площадь листьев разных сортов картофеля, среднее за 2023...2025 годы 2 урожай тыс. кв м/га.

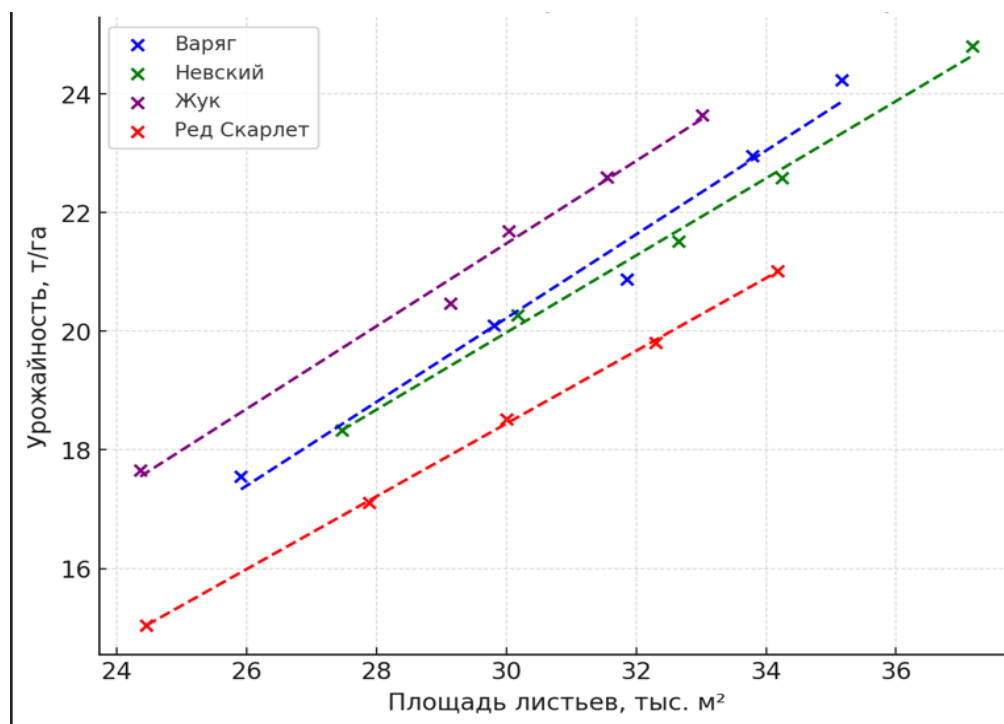


Рисунок 3 - Площади листьев и урожайности исследуемых сортов

Анализ данных рисунка 3 показывает, что между площадью листьев и урожайностью исследуемых сортов картофеля существует очень высокая положительная корреляция ($R = 0,98–0,997$). Наиболее выраженная зависимость отмечена у сорта Ред Скарлет ($R = 0,997$), наименьшая — у Варяг ($R = 0,980$). Уравнения регрессии подтверждают, что увеличение площади листьев сопровождается ростом урожайности на $0,6–0,7$ т/га, что указывает на важную роль развитой листовой поверхности в формировании продуктивности сортов.

Эффективность агротехнических мероприятий при выращивании двух посадок картофеля следует оценивать по уровню урожайности (табл. 2).

Вегетационный период 2023 года характеризовался сложными стартовыми условиями - холодный март, со среднедекадными температурами до $-3,1^{\circ}\text{C}$, задержал прогревание почвы. Последующие возвратные заморозки в I декаде мая и низкие осадки во II и III декаде также негативно повлияли на рост и развитие картофеля. Последующие в июне минимальные осадки во II декаде - $0,4$ мм оказала негативное воздействие на Жуковский ранний и Ред Скарлет, находившиеся в фазе активного клубнеобразования. Это подтверждается низкими показателями контрольного варианта сорта Жуковский ранний – $16,32$ т/га (табл. 2) и Ред Скарлет – $16,48$ т/га (табл. 2), но хорошими показателями для вариантов с использованием NPK, гидрогеля и кремниевого удобрения. Вариант с применением удобрений на сорте Жуковский ранний увеличил уро-

жайность до 19,91 т/га, Фон (NPK) + гидрогель – 21,11 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 21,86 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 22,5 т/га. Сорт Ред Скарлет в варианте с применением NPK увеличил урожайность до 19,83 т/га, Фон (NPK) + гидрогель – 19,06 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 20,40 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 21,46 т/га.

Таблица 2 – Урожайность 1-го и 2-го урожая в среднем за годы исследований, т/га

Вариант	2023	2024	2025	Средняя за годы исследований, т/га	Прибавка, т/га	Прибавка, %
1 урожай						
с. Жуковский ранний						
1.	16,32	10,9	25,75	17,66	-	-
2.	19,91	13,01	28,49	20,47	2,81	15,9
3.	21,11	14,11	29,85	21,69	4,03	22,8
4.	21,86	14,33	31,61	22,6	4,94	28,0
5.	22,5	15,38	33,04	23,64	5,98	33,9
НСР05	1,22	0,81	1,34	1,15		
с. Ред Скарлет						
1.	16,48	12,4	16,23	15,04		
2.	17,83	15,11	18,38	17,11	2,07	13,8
3.	19,06	16,48	20,02	18,52	3,48	23,1
4.	20,4	17,66	21,38	19,81	4,77	31,7
5.	21,46	19,01	22,56	21,01	5,97	39,7
НСР05	1,14	0,97	1,18	1,10		
2 урожай						
с. Варяг						
1.	18,57	16,52	-	17,55		
2.	22,47	17,72	-	20,1	2,55	14,5
3.	22,65	19,11	-	20,88	3,33	19,0
4.	25,62	20,27	-	22,95	5,40	30,8
5.	26,85	21,61	-	24,23	6,68	38,1
НСР05	1,39	1,14		1,27		
с. Невский						
1.	22,43	14,23	-	18,33		
2.	25,19	15,35	-	20,27	1,94	10,6
3.	26,84	16,17	-	21,51	3,18	17,3
4.	28,26	16,89	-	22,58	4,25	23,2
5.	30,24	19,35	-	24,8	6,47	35,3
НСР05	1,60	0,98		1,33		

1) Контроль; 2) Фон (NPK); 3) Фон (NPK) + гидрогель; 4) Фон (NPK) + кремниевое удобрение; 5) Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель

Вторая половина летнего сезона 2023 года в период посадки и вегетации второго урожая (Варяг, Невский) имела в целом неплохую тепло- и влагообеспеченность, при том, что в августе температура стабильно продолжала снижаться от декады к декаде. Теплый и влажный сентябрь благоприятствовал поздним сортам второй посадки, что отразилось в их сравнительно высокой урожайности. Даже контрольные варианты сортов Варяг (табл. 2) и Невский (табл. 2) дали среднюю урожайность равную 18,57 т/га и 22,43 т/га соответственно.

Как и при первом урожае тенденция о повышении урожайности при применении NPK, гидрогеля и кремниевого удобрения сохранилась. Вариант сорта Невский на контроле показал урожайность 22,43 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 25,19 т/га, Фон (NPK) + гидрогель – 26,84 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 28,26 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 30,24 т/га. Вариант сорта Варяг на контроле показал урожайность 18,57 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 22,37 т/га, Фон (NPK) + гидрогель – 23,72 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 25,42 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 26,85 т/га.

Так 2024 год отличался сильным переувлажнением в апреле, а также возвратными заморозками в мае с последующим отсутствием осадков во II и III декадах месяца. После стабилизации температурного режима в первой и второй декаде июня наблюдалось выпадение 40,3 и 113 мм осадков соответственно, что обусловило частичное переувлажнение почвы и отрицательно повлияло на формирование урожая.

Вариант сорта Жуковский ранний на контроле показал урожайность 10,02 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 13,01 т/га, на варианте Фон (NPK) + гидрогель – 14,11 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 14,33 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 15,38 т/га. Вариант сорта Ред Скарлет на контроле показал урожайность 12,4 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 15,11 т/га, Фон (NPK) + гидрогель – 16,48 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 17,66 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 19,01 т/га. Важно отметить, что урожайность Жуковского раннего в самом продуктивном варианте была ниже, чем на контроле в 2023 году, а для сорта Ред Скарлет самая лучшая

урожайность за 2024 год была между вариантом Фон (NPK) и вариантом Фон (NPK) + гидрогель.

После закладки второго урожая в июле количество осадков во II и III декадах месяца было незначительным, а в августе, несмотря на данные метеостанций, количество осадков конкретно на поле ЦОС было минимальным. За весь период вегетации картофеля сортов Невский и Варяг, растения получили недостаточно влаги для полноценного формирования урожая. Также негативным фактором стало минимальное количество осадков в сентябре (12 мм). Так урожайность сорта Невский на контроле была 14,23 т/га, а в самом продуктивном варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель она равнялась 19,35 т/га, что ниже урожайности контрольного варианта в 2023 году. Схожая ситуация с урожайностью и у сорта Варяг. На контроле урожайность была 16,52 т/га, а в самом продуктивном варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель она равнялась 21,61 т/га, что ниже, чем вариант с применением удобрений в урожае 2023 года. В целом 2024 год считается крайне неудачным и малоурожайным для картофелеводства из-за незначительного количества осадков.

По данным метеостанции ЦОС, где выполнялась работа, 2025 год был теплым и влажным, при этом осадки распределялись более равномерно по сравнению с предыдущими годами. Эти условия способствовали получению максимальной за три года урожайности у всех изучаемых сортов, особенно при использовании агротехнологий. Вариант сорта Жуковский ранний на контроле показал урожайность 25,72 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 28,50 т/га, на варианте Фон (NPK) + гидрогель – 29,85 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 31,61 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 33,04 т/га. Вариант сорта Ред Скарлет на контроле показал урожайность 16,23 т/га, с применением удобрений урожайность выросла до 18,37 т/га, на варианте Фон (NPK) + гидрогель – 20,02 т/га, Фон (NPK) + кремниевое удобрение – 21,38 т/га, а наилучший урожай был получен в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель – 22,56 т/га.

Таким образом, анализ результатов полевых испытаний продемонстрировал значительное повышение урожайности клубней картофеля различных сортов при использовании кремниевого удобрения и гидрогеля с рекомендуемой нормы минерального питания (N60P60K90). Данные, полученные в период с 2023 по 2025 годы, свидетельствуют о том, что применение NPK спо-

способствовало увеличению урожайности сортов Жуковский ранний и Ред Скарлет на 15,9% и 13,8% соответственно по сравнению с контрольным вариантом. При совместном использовании кремниевого удобрения, гидрогеля и фона NPK, прирост урожайности составил 33,9% и 39,7%, что свидетельствует о синергетическом эффекте данных агрохимикатов.

Аналогичную тенденцию наблюдали и во втором урожае, где сорта Вояж и Невский показали максимальные значения урожайности, достигающие 24,23 т/га и 24,8 т/га соответственно. Эти показатели превышали контроль на 38,1% и 35,3%, что подтверждает высокую эффективность применяемой агротехнологической схемы.

Эффективность вариантов повышается при добавлении новых элементов агротехнологии, и наиболее результативным является комплексное применение минеральных удобрений, влагосберегающего гидрогеля и кремниевого удобрения, от которых увеличивается урожайность на 30-40 %. Рост урожайности при первом и втором посадках достигается за счёт оптимизации вододерживающей способности почвы и повышения резистентности растений к стрессовым факторам, что имеет важное значение для устойчивого сельскохозяйственного производства. В практическом плане, внедрение таких комплексных мер позволяет значительно увеличить выход товарного картофеля с гектара по сравнению с традиционной технологией без дополнительных улучшителей.

Второй урожай был более продуктивным, что отчасти связано с сортовыми особенностями, а также климатическими факторами, такими как обилие осадков в августе и сентябре, что благоприятно влияет на клубнеобразование.

Контрольный вариант отличали преобладание мелкой и средней фракции, что связано с недостатком питательных веществ и влаги в критические периоды формирования клубней. Наилучшие результаты по количеству клубней крупной фракции, их массе и общей урожайности с куста зафиксированы в вариантах с комбинированным применением NPK, кремниевого удобрения и гидрогеля (рис. 4-5).

Качество клубней по основным показателям практически не менялось вне зависимости от климатических и агрохимических условий - содержание нитратов не превышало ПДК, а содержание крахмала, витамина С и сухого вещества не показало существенных отклонений.

Также можно сделать выводы, что применение кремниевого удобрения и гидрогеля для повышения устойчивости растений картофеля к неблагоприятным климатическим условиям (2023 и 2024 гг.).

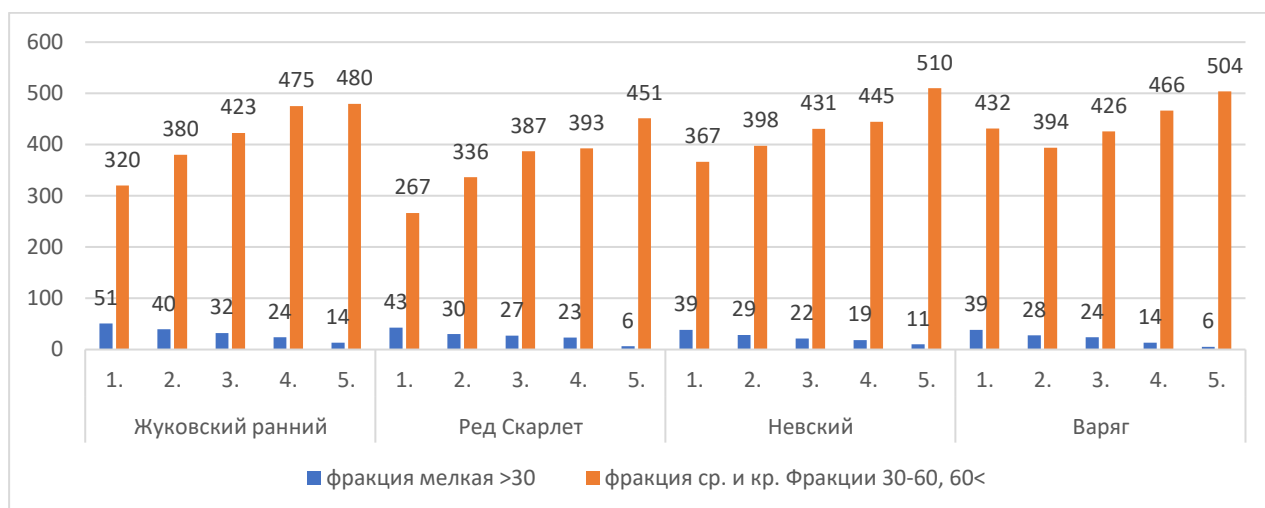


Рисунок 4 - Фракционный состав. Масса клубней в среднем с куста за годы исследований, г/раст.

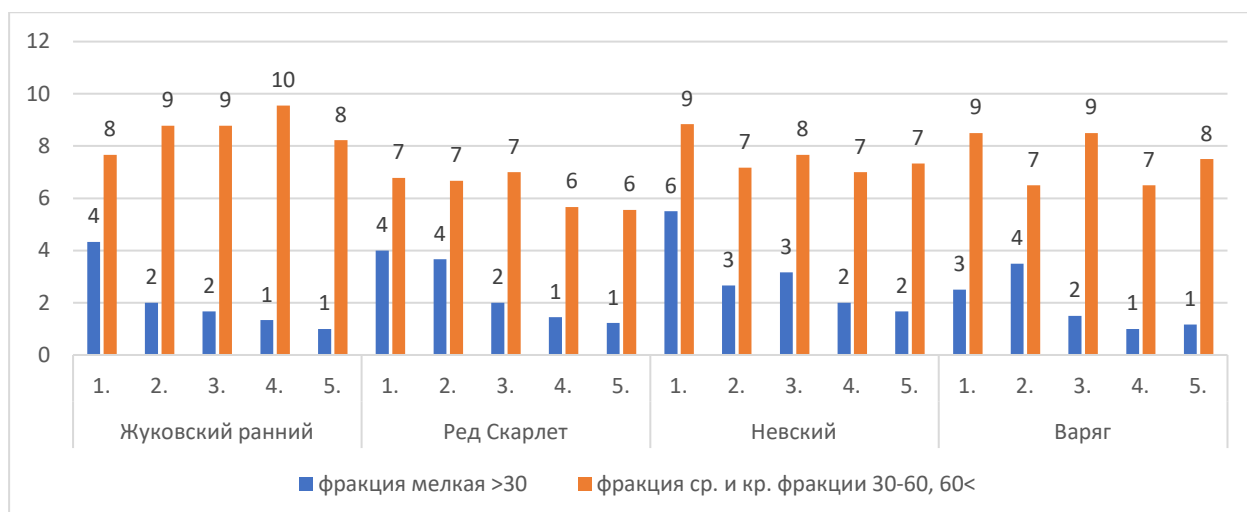


Рисунок 5 - Фракционный состав. Количество клубней в среднем с куста в среднем за годы исследований, шт/раст.

В четвертой главе «Экономическая и энергетическая оценки при оптимизации минерального питания при возделывании двух урожаев картофеля в условиях Центрального Нечерноземья» представлены расчеты, которые позволяют сделать объективную оценку исследуемых приемов.

Производство двух урожаев картофеля ранних сортов эффективно (табл. 3). Оптовая цена на рынке, по данным Картофельного союза в сентябре и октябре составляет около 15,0 руб./кг. На основе этой стоимости были выполнены расчёты для одноурожайной технологии.

Формирование рыночной стоимости картофеля носит ярко выраженный сезонный характер: оптовые и розничные цены могут различаться в два и более раза. Реализация картофеля первого урожая осуществляется по более вы-

сокой цене, так как ранняя продукция в начале сезона оценивается значительно дороже - от 15 до 80 руб. за килограмм в зависимости от региона сбыта. Для расчётов была выбрана стоимость реализации 25 руб./кг (25 000 руб./т), что связано с тем, что производители, работающие по оптовым каналам сбыта, получают минимальную надбавку. Урожайность первой посадки составила 22,05 т/га, а выручка достигла 551,25 тыс. руб./га.

Таблица 3 - Экономическая эффективность производства картофеля в среднем за 2023-2025 гг.

Статьи расходов	Один урожай	Первый урожай (вариант 5)	Второй урожай (вариант 5)
Урожайность, т/га 30,0	30,0	22,05	24,52
Итого затрат, тыс. руб.	301,8	221,82	246,67
Затраты дополнительно	-	+Световое проращивание (10 %) + затраты на препараты (38080+1600)	+ хранение в холодильниках (в ср. 10 руб/кг); - вместо вспашки культивация + затраты на препараты (47600+1600)
Дополнительные затраты, тыс. руб.	-	+22,18+39,7	+20-5+39,7
Всего прямых затрат, тыс. руб.	301,8	283,7	301,37
Выручка от реализуемой продукции, тыс. руб.	382,68	551,25 (25 руб/кг)	367,80 (15 руб/кг)
Чистый доход, тыс. руб.	80,88	267,55	66,43
Себестоимость, руб. / кг	10,06	12,86	12,29
Уровень рентабельности, %	26,8	94,3	22,04
Уровень рентабельности, %	26,8	(94,3+22,04)/2=58,17	

Примечание: световое проращивание – 10 % от всех затрат, затраты на препараты (кремниевое удобрение 100 г/га, 1 кг стоит 1600 руб., гидрогель – 4 г/растение, всего 47600 растений на 1 га, необходимо всего на 1 га 190,4 кг, стоимость 1 кг – 200 руб., всего на 1 га составит 38080 рублей), вспашка стоит 10000 руб/га, культивация 5 000 руб/га, хранение 10000 руб/т в месяц, норма посадки – 2 т/га, стоимость хранения посадочного материала на 1 га составит 20 тыс. руб.

В осенний период чаще всего убираются универсальные сорта, обладающие хорошей лежкостью и высоким содержанием крахмала, но уступающие по вкусовым качествам раннеспелым столовым сортам. Ранний картофель отличается нежной кожурой и ярко выраженным вкусом, поэтому, будучи реализованным позже массовой уборки, находит спрос в ресторанном секторе и может оцениваться выше. Поскольку большинство клубней имеет среднюю фракцию, такая продукция также подходит для использования в качестве се-

менного материала. Совокупная выручка от реализации двух урожаев достигла 919,05 тыс. руб./га, при этом прибыльность составила 333,98 тыс. руб./га. Уровень рентабельности культуры при двукратном возделывании практически в два раза выше — 58,17%.

Об эффективности производства двух урожаев картофеля свидетельствует также коэффициент энергетической эффективности, который ниже, чем при возделывании 1 урожая на 0,39 и составляет 0,70, что все еще выше 0 (таблица 4). Главной причиной сниженного коэффициента выступает необходимость проведения ранней уборки первого урожая и связанные с этим дополнительные производственные затраты.

Таблица 4 - Энергетическая эффективность возделывания картофеля раннего
(в среднем за 2023...25 гг.)

Показатели	1 урожай	2 урожая
Затрачено энергии всего, ГДж/га	67,26	121,45
Урожайность основной культуры, т/га	30,00	43,8
Получено энергии от основной продукции, ГДж/га	141,00	205,86
Чистый энергетический коэффициент, ГДж/га	73,74	84,41
Коэффициент энергетической эффективности посадок	1,09	0,70
Биоэнергетический коэффициент (КПД) посадок	2,09	1,69
Энергетическая себестоимость, ГДж/т клубней	2,24	2,77

Возделывание двух урожаев картофеля за один вегетационный период представляет собой перспективное направление для сельскохозяйственных предприятий, обеспечивающее значительную экономическую выгоду. Ранний сбор первого урожая, запланированный на начало июля, позволяет оптимизировать производственный цикл и максимизировать рентабельность. Второй урожай, востребованный в ресторанной индустрии или на семенные цели способствует более эффективному использованию агротехнических ресурсов и земельных площадей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Глобальные климатические изменения стимулируют развитие адаптивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, таких как возделывание двух урожаев с применением адаптогенов и гидрогелей.

2. Динамика прохождения фенологических фаз растениями картофеля менялась под воздействием кремниевого удобрения и гидрогеля на фоне рекомендуемых норм удобрений. В варианте Фон (N60P60K90) + кремниевое удобрение + гидрогель отмечалось ускорение наступления ключевых фенофаз (всходы, бутонизация, цветение) на 1–2 дня относительно контроля на сортах первого урожая - Жуковский ранний и Ред Скарлет. Аналогичная тенденция наблюдалась при выращивании второго урожая на сортах Варяг и Невский, где наступление ключевых фаз также проходило быстрее в варианте с применением гидрогеля и кремниевого удобрения.

3. Применение комплекса агроприёмов N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель обеспечивало значительное увеличение побегообразующей способности растений картофеля, что является одним из ключевых факторов формирования высокого урожая. В среднем за годы исследований у первого урожая в фазе цветения количество стеблей у сорта Жуковский ранний увеличилось с 2,0 на контроле до 5,1 шт. при использовании варианта N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель, а у сорта Ред Скарлет — с 2,0 до 4,0 шт соответственно. У второго урожая наблюдалась аналогичная тенденция: у сорта Варяг количество стеблей возросло с 2,7 до 7,2 шт, а у сорта Невский — с 3,5 до 5,4 шт.

4. Применение технологических агроприёмов способствовало повышению высоты побегов картофеля. Наилучшие показатели на первой и второй посадках были при внесении N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель. У сорта Ред Скарлет высота побегов достигала 44,1 см, против 26,1 на контроле, а у Жуковского раннего – 46,6 см и 42,3 см соответственно. При возделывании второго урожая вариантом с самыми высокими побегами был вариант с применением N60P60K90, гидрогеля и кремниевого удобрения. Сорт Варяг на данном варианте имел высоту побегов 51 см и 31,5 см на контроле, а сорт Невский – 49,9 см, против 36,6 см на контроле.

5. Индекс листовой поверхности (ИЛП) в среднем за весь период испытаний значительно увеличивался под влиянием применения комплекса агроприёмов. У первого урожая ИЛП на контроле составлял 2,4, тогда как при использовании N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель достигал 3,3 у

сорта Жуковский ранний, а у сорта Ред Скарлет - 3,4. При возделывании второго урожая значение ИЛП также возрастало: у сорта Варяг - с 2,6 до 3,5, у сорта Невский - с 2,7 до 3,7. Наивысшие показатели ИЛП отмечены во всех случаях именно при применении N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель, что свидетельствует о высокой эффективности данного комплекса агротехнологий и его положительном влиянии на развитие фотосинтетического аппарата растений картофеля.

6. Применение комплекса агроприёмов способствовало значительному повышению урожайности картофеля на 30-40 % для обеих посадок в зависимости от сорта: так у первого урожая средняя урожайность выросла с 15,6 на контроле до 22,05 т/га, у второго - с 17,94 до 24,52 т/га соответственно. Максимальные показатели на сортах получены при применении N60P60K90 + кремниевое удобрение + гидрогель у сорта Жуковский ранний - 33,04 т/га, у сорта Ред Скарлет - 22,56 т/га, сорта Варяг - 26,85 т/га, сорта Невский - 30,24 т/га, что подтверждает высокую эффективность данного сочетания агротехнологий.

7. Выявлена высокая положительная корреляция ($R = 0,98-0,997$) урожайности и площади листьев картофеля, которая достигается при сочетании N60P60K90, гидрогеля и кремниевого удобрения.

8. Применение фона NPK совместно с кремниевым удобрением и гидрогелем способствовало снижению доли мелких клубней и увеличению массы клубней средней и крупной фракций, что обеспечило рост товарности. Наибольшая товарность отмечена в варианте Фон (NPK) + кремниевое удобрение + гидрогель. У первого урожая на сортах Жуковский ранний и Ред Скарлет - до 97-99%, у второго урожая на сортах Невский и Варяг - до 98-99%.

9. Качество клубней по основным показателям практически не менялось вне зависимости от климатических и агрохимических условий - содержание нитратов не превышало ПДК, а содержание крахмала, витамина С и сухого вещества не показало существенных отклонений по системам удобрений.

10. Производство двух урожаев картофеля эффективно – повышается урожайность на 16,57 т/га, увеличиваются выручка от реализуемой продукции на 219,91 тыс. руб., чистый доход на 253,10 тыс. руб., повышается рентабельность на 20,2 %, а коэффициент энергетической эффективности, который выше 0 и составляет 0,70.

Результаты исследования доказывают, что технология возделывания двух урожаев картофеля с применением N60P60K90, кремниевого удобрения и гидрогеля обеспечивает на всех сортах ускорение развития растений, улучшает морфометрические показатели, повышает урожайность и товарность

клубней. При этом сохраняется высокое качество продукции. Данная адаптационная технология способствует росту экономической эффективности производства картофеля, что повысит конкурентоспособность хозяйств за счет более высокой цены реализации в период дефицита продукции на рынке для первого урожая и получение более качественной продукции второго.

Предложения производству. Для устойчивого возделывания двух урожаев картофеля в изменяющемся климате, обеспечивающая наибольшую урожайность и товарность клубней, в условиях Центрального Нечерноземья РФ рекомендуется: использовать фон минерального питания N60P60K90, кремниевое удобрение (100 г/га) в период вегетации в виде некорневой подкормки и гидрогель 4 г/растение в период посадки.

Перспективы дальнейшей разработки. Необходимо продолжить интеграцию адаптивных технологий, включающих применение кремниевых удобрений и гидрогелей, а также изучать другие эффективные агротехнические приемы и средства, позволяющее эффективно противостоять негативным последствиям глобальных климатических изменений и обеспечивать стабильное производство, особенно в летний период.

Внедрение инновационной стратегии (выращивание двух урожаев за сезон) в регионах с соответствующими климатическими условиями представляет собой перспективное направление для оптимизации использования земельных ресурсов и повышения продуктивности агроэкосистем.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

Гаспарян, И. Н. Применение кремниевого удобрения в технологии возделывания двух урожаев картофеля / И. Н. Гаспарян, **И. Г. Козлов**, В. Ш. Гаспарян // Агрохимический вестник. – 2025. – № 2. – С. 13-15.

Козлов, И. Г. Устойчивое возделывание картофеля в условиях изменения климата / И. Г. Козлов, М. А. Петрова, И. И. Бочарников, Н. Ф. Денискина // Плодородие. – 2023. – № 4(133). – С. 33-36.

Авторские свидетельства, патенты, лицензии

Козлов, И. Г. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623294 Российская Федерация. Адаптация технологии возделывания картофеля к изменениям климата: № 2023623048: заявл. 21.09.2023: опубл.

29.09.2023 / И. Н. Гаспарян, В. И. Диденко, М. А. Петрова, И. Г. Козлов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова».

***Публикации в журналах, сборниках научных трудов,
материалах конференций:***

Козлов, И. Г. Использование гидрогеля в технологии возделывания картофеля / И. Г. Козлов, М. А. Петрова, И. Н. Гаспарян, Н. Ф. Денискина // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 90-96.

Козлов, И. Г. Особенности применения адсорбентов в технологии возделывания картофеля / И. Г. Козлов, М. А. Петрова // Актуальные проблемы и инновационные решения в области агрохимии: Материалы 57-й Всероссийской конференции с международным участием молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов (к 300-летию Российской академии наук и 220-летию со дня рождения Юстуса фон Либиха), Москва, 29 ноября 2023 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2024. – С. 148-154.

Гаспарян, И.Н. Применение гидрофильных полимеров в технологии возделывания двух сортов картофеля в условиях дефицита влаги / И.Н. Гаспарян, **И.Г. Козлов** // Охрана окружающей среды, изменение климата, инновационные технологии повышения плодородия деградированных почв: Материалы Международной научно-практической конференции, Ташкент, 21-23 апреля 2025 года. – Ташкент: Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, 2025. – С. 222-225.

Козлов, И. Г. Влияние внекорневой подкормки и влагосберегающих компонентов на продуктивность двух урожаев картофеля // Агрохимическая наука – основа эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения академика Дмитрия Николаевича Прянишникова, Москва, 8 октября 2025 г. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2025. – С. 175-184.

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 № 3
Почтовый адрес: 127434 Москва, ул. Прянишникова, д. 31-А
Тел. (499) 976-25-01 e-mail: pl@vniia-pr.ru