

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Пашковский Александр Александрович

Совершенствование системы удобрения картофеля
в условиях радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых
супесчаных почв юго-запада Нечерноземья

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Е.В. Смольский

Брянск – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	
ГЛАВА 1 ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВЕДЕНИЯ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА.....	10
1.1 Роль погодных условий и агротехники на рост и развитие картофеля..	10
1.2 Значение средств химизации в повышении урожайности картофеля... ..	15
ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1 Агроклиматические и радиологические условия территории исследований.....	28
2.2 Почвенный покров пашни и его плодородие.....	37
2.3 Место, методика и методы исследования.....	45
ГЛАВА 3 СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ.....	49
3.1 Урожайность клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	50
3.2 Средства химизации в реализации потенциала урожайности картофеля.....	53
ГЛАВА 4 СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ.....	60
4.1 Биохимические показатели качества клубней картофеля.....	60
4.2 Элементный состав клубней картофеля.....	67
4.3 Радиоэкологические показатели качества клубней картофеля.....	72
ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЯ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ И РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ.....	79
5.1 Баланс азота, фосфора и калия при возделывании картофеля в условиях разного уровня минерального питания.....	79
5.2 Динамика агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием средств химизации.....	84
5.3 Динамика радиологические свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием средств химизации.....	90
ГЛАВА 6 ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ХИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	126

Приложение А. Результаты дисперсионного анализа урожайности клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	127
Приложение Б. Результаты дисперсионного анализа содержание сухого вещества в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания..	127
Приложение В. Результаты дисперсионного анализа содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	127
Приложение Г. Результаты дисперсионного анализа содержание золы в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	127
Приложение Д. Результаты дисперсионного анализа содержание протеина в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания	128
Приложение Е. Результаты дисперсионного анализа содержание клетчатки в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	128
Приложение Ё. Результаты дисперсионного анализа содержание азота в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания	128
Приложение Ж. Результаты дисперсионного анализа содержание фосфора в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания	128
Приложение З. Результаты дисперсионного анализа содержание калия в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	129
Приложение И. Результаты дисперсионного анализа содержание кальция в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	129
Приложение К. Результаты дисперсионного анализа удельной активности клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания.....	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Картофель универсальная культура, которая используется для обеспечения продовольственной безопасности, в кормлении сельскохозяйственных животных и производстве крахмала. Российской Федерации по возделываемым площадям картофеля 1,1 млн. га занимает шестое место, а по валовому сбору 19,3 млн. т клубней седьмое место в мире (Жевора, 2025). Вместе с тем средняя урожайность картофеля в России пока остаётся ниже среднемирового уровня, производство товарных клубней картофеля в настоящее время является высокорентабельным.

Для формирования высоких урожаев клубней картофеля необходимо применения научно-обоснованного минерального удобрения (макро и микроэлементов), известковых материалов и биологических препаратов совместно с высокой культурой земледелия и подбора сорта.

Однако в условиях юго-запада Брянской области почвенный покров представлен в основном низкоплодородными дерново-подзолистыми почвами лёгкого гранулометрического состава, а вследствие аварии на ЧАЭС при производстве продукции растениеводства необходимо решать задачи получения продуктов питания с допустимым содержанием ^{137}Cs , основного дозообразующего радионуклида региона.

Поэтому в сложившихся условиях совершенствование системы удобрения картофеля путём применения универсального удобрения и биологического препарата направленные на повышение урожайности клубней и их качества, а также обеспечение воспроизводства почвенного плодородия является весьма актуальным.

Степень разработанности темы исследования. Вопросы, связанные с возделывание картофеля в условиях Нечерноземья и получение высоких урожаев

клубней высокого качества посвящены исследования многих учёных (Н. М. Белоус (1992), А. А. Молявко (2000), Ю. Ю. Васин (2007), А. В. Кравченко (2008), А. Е. Секирников (2022) и других).

Трансформация погодных, почвенных и радиологических условий территории юго-запада Нечерноземья требуют совершенствования системы удобрения при возделывании картофеля, для решения задач повышения урожайности клубней и их качества, воспроизводства плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, экономического обоснования используемых приёмов.

В научной литературе практически не изучено возможность управления урожайностью клубней картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды. Мало исследованы возможности новых видов удобрений и биологических препаратов на урожайность и качество клубней картофеля в условиях низкоплодородных радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава.

Цель исследования – обосновать эффективность совершенствования системы удобрения при производстве клубней картофеля сорта Леди Клер при возделывании в условиях низкоплодородных радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых супесчаных почв.

Задачи исследования:

- определить изменения погодных и радиологических условий территории исследования;
- обосновать совершенствование системы удобрения картофеля на изменение урожайности клубней и окупаемость минерального удобрения в увеличении прибавки урожая;
- оценить возможность реализации потенциала урожайности картофеля в зависимости от уровня применения средств химизации;
- определить действие совершенствование системы удобрения картофеля на изменение биохимических и радиологических показателей качества клубней, а также элементного состава;

- оценить баланс элементов питания при возделывании картофеля при совершенствовании системы удобрения;
- выявить значение совершенствования системы удобрения при возделывании картофеля на изменение агрохимических и радиологических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы;
- определить экономическую эффективность совершенствования системы удобрения при возделывании картофеля.

Научная новизна. Впервые в условиях низкоплодородных радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых супесчаных почв юго-запада Нечерноземья РФ установлена высокая результативность гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и биологического препарата Гумитон в достоверном увеличении урожайности до 33,6 т/га клубней при совершенствовании системы удобрения картофеля. Определено, что биопрепарат Гумитон повышает до 20 кг на кг д.в. окупаемость минерального удобрения прибавкой урожая. Использование различных средств химизации при возделывании картофеля обуславливает получение стабильных урожаев даже в неблагоприятных условиях изменяющейся окружающей среды. Установлены закономерности действия применения средств химизации на изменение биохимических и радиологических показатели качества клубней картофеля и его элементарного состава. Совершенствование системы удобрения картофеля повышает агрохимические показатели плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты проведенного исследования на низкоплодородной радиоактивно загрязненной дерново-подзолистой супесчаной почве определяют роль совершенствования системы удобрения картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды в эффективном ведении картофелеводства и воспроизводства плодородия почвы.

Разработано и обоснованно применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия в сочетании с биологическим препаратом Гумитон при совершенствовании системы удобрения для широкого внедрения в практику картофелеводства на дерново-подзолистых супесчаных почвах, которое обеспечивает

стабильно высокое производство клубней хорошего качества с накоплением ^{137}Cs значительно ниже допустимого уровня. Результаты исследований прошли производственную проверку в ООО «Пуцко» Новозыбковского района Брянской области и внедрены в учебный процесс по дисциплинам «Агрохимия», «Система удобрения» и «Картофелеводство» преподаваемым в Брянском ГАУ.

Методология и методы исследования. Экспериментальные исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве в период с 2020 по 2022 год на полях ООО ФХ «Пуцко» Новозыбковского района Брянской области. Программа исследования базировалась на теоретических достижениях и экспериментальных материалах отечественных и зарубежных исследователей в области агрохимии, картофелеводства и радиоэкологии. Объект исследования – элементы системы удобрения картофеля (Гранулированная удобрительная смесь Боркалимагнезия, смесь ФосАгроГумитон). Эксперимент проводили в севообороте, предшественником картофеля была озимая пшеница. Возделывали картофель сорта Леди Клер, агротехника и система защиты растения типичная для региона. Повторность опыта трехкратная. Расположение делянок систематическое. Эксперимент включал следующие варианты применения средств химизации: 1. Контроль, N10P40K120 (фон – система удобрения хозяйства); 2 N10P40K120 + Гумитон (1 л/га в фазу бутонизации); 3 N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3; 4. N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон (1 л/га); 5. N10P40K120 + N40P100K150; 6. N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон (1 л/га). Фоном служила система удобрения в хозяйстве, калий хлористый – 200 кг/га ф.в. с осени; аммофос – 80 кг/га ф.в. Полевые, лабораторно-аналитические исследования проводили на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ и лабораториях Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» с использование общепринятых методов. Полученные экспериментальные данные проходили статистическую обработку с использованием вариационного, корреляционного и дисперсионного анализов (Доспехов, 1985) с использованием персонального компьютера и программ Excel 7.0 и Straz. Экономическую эффективность рассчитывали на основе типовой технологической карты.

Положения, выносимые на защиту:

1. Реализация потенциала урожайности в изменяющихся условиях окружающей среды при возделывании картофеля на низкоплодородных радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых супесчаных почвах зависит от уровня минерального питания.
2. Совершенствование системы удобрения при возделывании картофеля повышает качество клубней и изменяет его элементный состав.
3. Ограничение перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию картофелеводства под действием совершенствование системы удобрения при плотности радиоактивного загрязнения территории ^{137}Cs 111-418 кБк/м².
4. Возможность регулирования баланса элементов питания и воспроизводства агрохимических показателей плодородия почвы при совершенствовании системы удобрения картофеля.
5. Экономическая целесообразность совершенствования системы удобрения картофеля в условиях возделывания на низкоплодородных радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность основана на теоретически и методологически правильном планировании, постановки полевого опыта и проведения лабораторных анализов. Достоверность полученных результатов подтверждается практическими результатами и доказана результатами статистической обработки экспериментальных данных, объемом, комплексом наблюдений, определений, анализов и учетов. Выводы соответствуют полученным экспериментальным исследованиям, а рекомендации внедрением полученных результатов в производство.

Результаты научных исследований прошли апробацию и получили одобрение заседаниях кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Учёного совета Агрономического института ФГБОУ ВО Брянский ГАУ в 2022–2025 гг., на Научные почвоведческие чтения (г. Брянск 2022 г.).

Положения диссертационной работы были отражены в 7 научных изданиях, в том числе в 6 статьях опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Общий объем опубликованных научных статей по теме диссертационной работы – 4,935 у. п. л., в том числе долевое участие соискателя 3,95 у. п. л. или 80%.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 129 страниц компьтерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения. Содержит 18 таблиц, 16 рисунков и 11 приложений. Список литературы включает 175 наименований источника.

Личный вклад. Соискатель для написания теоретического обоснования изучил научную литературу по теме исследования. Непосредственно участвовал в постановке цели и задач исследования, проводил полевые исследования в картофельном агроценозе на полях ООО «Пуцко» Новозыбковского района Брянской области и лабораторно-аналитические исследования в лабораториях «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», статистически обработал и проанализировал полученные экспериментальные данные, на основе которых сделал выводы. Подготовил к публикации результаты исследований в научных изданиях. Результаты исследования последовательно изложил в работе и подготовил автореферат. Личный вклад в объеме диссертационной работы составляет 90 %.

Соискатель выражает искреннюю благодарность научному руководителю д. с.-х. н., доценту Смольскому Евгению Владимировичу за постоянные советы, замечания и направление в научной работе, а также д. с.-х. н. Прудникову Петру Витальевичу за содействие в постановки и проведении экспериментальных исследований. А также за помощь в проведении полевого эксперимента коллективу, студентам и магистрантам кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ и сотрудникам центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский».

ГЛАВА 1 ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВЕДЕНИЯ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА

Лидерами по производству картофеля в 2023 году являются Брянская, Тульская, Московская и Нижегородская области. Импорт картофеля в РФ в 2019-2021 годах не превышал 5% от всего объема произведенного внутри страны картофеля, что говорит о высоком уровне 95 - 97% продовольственной безопасности. Анализ объемов экспорта картофеля в 2019 - 2021 годах показал резкое снижение (в два раза): в 2019 году на экспорт отправлено 3% произведенного в стране картофеля, в 2020 году - 4%, а в 2021 году - менее 2%. Таким образом, имеется большой потенциал приоритетного развития отрасли картофелеводства (Баянова, 2024).

По итогам 2023 года отрасль картофелеводства продемонстрировали существенный рост, несмотря на сокращение посевных площадей, средняя урожайность увеличилась. Посевные площади под картофелем хотя и сократились до 1,070 млн га, но общий объем производства достиг максимума за последние 30 лет (8,6 млн т). Стабильное развитие отраслей стало возможно благодаря значительно возросшей государственной поддержке, открытию новых экспортных рынков и внедрению инноваций на всех этапах производства с.-х. культур (Бутов, 2024).

1.1 Роль погодных условий и агротехники на рост и развитие картофеля

Урожайность является интегральным показателем воздействия условий возделывания на рост и развития культуры, абиотические, биотические условия и антропогенный фактор оказывают на неё влияние, при этом это не простая сумма факторов воздействия, а сложная, взаимозависящая система связей между факторами окружающей среды, каждый из которых по-разному действием на растение.

В работе Г. А. Зайцевой и О. М. Рясковой (2024) доказывается, что погодные условия являются наиболее важным фактором, определяющим влажность пахотного горизонта почвы и запасов влаги в нем, что, в значительной степени, определяет содержание элементов питания в данной почве. Наступление засушливых условий приводит к снижению урожайности и качества картофеля.

В условиях Предгорного района Республики Северная Осетия-Алания показано, что биоклиматические показатели региона наиболее подходят среднеранним и среднеспелым сортам, которые обеспечивают наибольшую массу клубней под кустом соответственно 809,5 и 700,3 г/куст (Гериева, Ревазова, 2024).

Потребность картофель в воде варьируется в зависимости от периода роста, критический период – начало цветения, нехватка влаги в этот период приводит к резкому снижению урожая до 17-23 % (Джуманазаров, Чарыев, 2024).

В условиях Южного Урала для формирования планируемой урожайности клубней картофеля более предпочтительны достаточно влажные условия вегетационного периода ($\Gamma\text{TK} = 1,16$), чем влажные ($\Gamma\text{TK} = 1,44$) (Нохрин, Васильев, 2024).

В лесостепной зоне Челябинской области установлено, что в засушливых условиях урожайность картофеля определяется уровнем минерального питания (вклад фактора 40 %), густотой посадки (32 %), поливом (21 %) и генотипом (5 %) (Глаз и др., 2024).

В условиях Северо-Западного региона России способ обработки между рядий при возделывании картофеля давал максимальную урожайность 20,6 т/га в оптимальных условиях, экстремальные почвенно-климатические условия обуславливали минимальную урожайность 12,8 т/га на контроле и 14,2 т/га в опыте. Ликвидации уплотнения в междурядьях создаёт условия для нормального развития картофеля, за счет чего прибавка урожая достигает 27 % (Захаров, Мурзаев, 2024).

В работе Н. В. Потапова с соавторами (2024) показано, что погодные условия в значительной мере влияют на урожайность картофеля, которая в решающей степени зависит от осадков летнего периода. При многолетнем систематическом

применении минеральных удобрений под картофель с течением времени происходило повышение эффективности от внесенных туков. Если при выращивании первой культуры картофеля в общем чередовании (1989 г.) урожайность клубней на варианте с внесением высокой дозы минеральных удобрений и комплексом средств защиты растений была на 24 % выше контрольного варианта, то в 2005 г. этот показатель был выше контроля на 70 %, а в 2015 г. – в 2,7 раза.

В условиях Новозыбковского района Брянской области развитие патогенов зависело от погодных условий, при ГТК=2,35 наиболее активно развивался ризоктониоз и парша обыкновенная. Предпосадочной обработки клубней фунгицидами снижает суммарный уровень развития фитопатогенов и сапропитов до 4,5 в сравнении с контролем в зависимости от фунгицида. Фунгицидная защита картофеля в период вегетации обуславливает повышение урожайности на 11-29 % (Михалева и др., 2024).

В условиях юга Западной Сибири наибольший ущерб местному картофелеводству наносят поздние заморозки, низкая влажность воздуха весной и июльские обильные продолжительные осадки. Вероятность проявления этих явлений колеблется по годам (Семенова, Волкова, 2024).

В условиях Алтайского края качественные показатели клубней картофеля и урожайность зависли от погодных условий и сорта, в среднем урожайность колебалась от 22,8 т/га (сорт Романо) до 55,6 т/га (сорт Тулеевский) (Шевчук, Жаркова, 2024).

Подбор адаптивных сортов картофеля при возделывании культуры может сгладить негативное действие погодных условий. В условиях лесостепной зоны Северного Зауралья (юг Тюменской области) из исследуемых 11 сортов картофеля среднеранней группы спелости Розалинд (стандарт), Август, Аусония, Бельмондо, Бородянский розовый, Василёк, Камелия, Красавчик, Родриго, Сарма, Свитанок Киевский, наилучшей товарностью клубней характеризовался сорт Бельмондо, прибавка урожая которого составила 6,48 т/га от контроля (Ренев и др., 2024).

В природно-климатических условиях Иркутской области наиболее урожайные сорта картофеля – Сафо (287 ц/га), Аляска (263 ц/га), Бриз (281 ц/га), Криница (248 ц/га) (Большешапова и др., 2024)

В условиях Республики Коми в метеорологических условиях 2021-2023 годов, которые резко контрастировали по отношению друг к другу, хорошей приспособляемостью к внешним факторам и пластичностью по учету фенологического наблюдения выделяются ранние сорт Мишка и с/о 15-27-1, среднеспелые сорт Аляска, сортообразцы 14-27-6 и 17-33-2 (Турлакова и др., 2024).

Возделывание районированных сортов местной селекции, устойчивых к комплексу стресс-факторов, характерных для Южного Урала, один из главных факторов обеспечение стабильного производства клубней картофеля в условиях Челябинской области (Дергилева, Васильев, 2024).

В условиях опытного поля Тверской ГСХА на хорошо окультуренной дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве антоциансодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние более высоко урожайные (на 4,2-5,2 т/га), чем у сорта Гала (Павлов и др., 2024).

В условиях Северо-Кавказского региона распространенность ризоктониоза в зависимости от сорта составила от 0 до 11,7 %. На сортах Метеор, Даренка, Жуковский ранний, Кармен и Любава симптомов поражения ризоктониозом отмечено не было. Из вирусных болезней отмечены симптомы поражения крапчатой, морщинистой мозайками, скручиванием листьев. Сорта Метеор, Гулливер не имели симптомов поражения вирусными заболеваниями. Наибольшую урожайность 15,0 т/га и более клубней на 60 день после посадки дали сорта Конкурент, Гулливер, Жуковский ранний, Триумф, Удача. Во время уборки наибольшую урожайность 34,7-37,9 т/га показали сорта Конкурент, Метеор, Гулливер, Триумф, Кармен (Гериева и др., 2024).

Агротехнические приемы также один из факторов влияющих на урожайность картофеля. В условиях экспериментальной базы «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область) загущение посадок клубней картофеля на 6 и 12 тыс. на 1 га обуславливало прибавку урожая на 2,2 и 3,1 сорта

Гулливер, на 2,8 и 3,3 сорта Азарт, на 1,9-2,6 т/га сорта Гранд в сравнении с контролем (Шабанов, Соломенцев, 2024).

В лесостепи Южного Урала использование средних семенных клубней (31-50 г) существенно повышало продуктивность растений по сравнению с мелкими клубнями (21-30 г). Посадка крупной семенной фракции (51-80 г) сопровождалась дальнейшим повышением продуктивности картофеля. Формирование наибольшей урожайности клубней обеспечивает загущенная схема посадки (75×14 см) с использованием семенного материала крупной семенной фракции (51-80 г): сорт Амулет – 46,64 т/га, Сапфир – 47,14 т/га (Васильев, Давыдова, 2024).

В условиях Московской области на дерново-подзолистой почве выявлено, что ранняя посадка ускоряла появление всходов, бутонизацию и цветение на 4-7 дней, чем посадка в более поздний срок. На вариантах с ранней посадкой и дробным внесением удобрений (N60P60K90 + подкормка N30P30K45) выявлена максимальная урожайность 34,2 т/, влияние срока посадки на урожайность достигала 31% от действия всех факторов в опыте (Шабанов и др., 2024)

На базе культур зернопропашного севооборота Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва установлено влияние метеорологических показателей периода вегетации и приемов основной обработки почвы на урожайность полевых культур. Урожайность викоовсянной смеси на корм по отвальной обработке выше, чем по нулевой на 2,0 т/га, озимой пшеницы – на 0,3 т/га, картофель по вспашке на 2,3 т/га больше, чем по минимальной обработке, ячмень по вариантам отвальной и минимальной обработок почвы обеспечивал одинаковую продуктивность (Беленков и др., 2024).

В условиях высокогорной зоны Кабардино-Балкарии применение правильного севооборота в технологии выращивания вело к повышению урожайности картофеля. Внесение компоста обуславливает получение стабильно высоких урожаев (Батукаев, Шибзухов, 2024).

В условиях Красноярской лесостепи показано, что лучшим предшественником для картофеля является вико-овсяная смесь. Максимальная 11,3 т/га прибавка

урожая картофеля получена от применения минерального удобрения, минимальная – от органического удобрения (Демиденко, 2024).

В статье Т. М. Бацазова (2024) показано, что в зависимости от площади питания урожайность клубней сорта Удача варьировала от 154 до 194 ц/га, сорта Романо от 149 до 183 ц/га. Товарность клубней картофеля в зависимости от варианта схемы посадки сорта Романо – 86,3-89,5%, сорта Удача – 84,5-86,9%. Содержание крахмала в клубнях сорта Удача – 11,1-11,9%, сорта Романо – 10,8-11,4% в зависимости от схемы посадки.

Исследования в горно-луговой субальпийской зоне в Даргавской котловине РСО-Алания установили, что безотвальные способы обработки почвы по сравнению с отвальными существенно не влияют на увлажнение почвы, накопление доступных питательных веществ, урожай и его качество, но засоренность возрастает (Икоева, 2024).

1.2 Значение средств химизации в повышении урожайности картофеля

Применение средств химизации залог получения стабильно высоких урожаев клубней картофеля. В условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы Московской области на среднеспелом сорте картофеля Фаворит показана эффективность сочетания сидератов, расчетных доз минеральных удобрений и биоактивных препаратов (Федотова и др., 2024).

В ФХ «Ярослав Мудрый» на черноземе типичном выявлена закономерная прибавка урожая от 0,2 т/га до 0,5 т/га у всех изучаемых сортов картофеля от увеличения агрофона. Наиболее отзывчивым на удобрение и урожайным оказался сорт картофеля Метеор, на котором в среднем за три года получена наибольшая урожайность 36,6 т/га при применении N115P81K81 (Сергеева, 2024).

В работе А. Аннагурбанова с соавторами (2024) показано, что применение 25-30 кг/га фосфора с посадкой картофеля даёт хороший результат.

В северо-восточной части Республики Беларусь на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение органоминеральной системы удобрения

(N70P70K120 + 1 т/га термически обработанного куриного помета) обуславливает урожайность 68,6 т/га картофеля при доле товарных клубней 90% (Царева, 2024).

В условиях Закамье Республики Татарстан на выщелоченных черноземах по мере увеличения числа высаживаемых клубней с 30 до 60 тыс. штук/га на различных фонах питания урожайность клубней картофеля сорта Гала росла с 25,2 до 29,2 т/га на контроле, на фонах с удобрениями с 31,0 до 38,7 т/га (Давлетов и др., 2024).

В исследованиях И. С. Дьячков (2024) показано, что предпосадочная обработка клубней органоминеральным удобрением Natur Agro EcoGrow увеличивает количество клубней с куста картофеля, их массу и биологическую урожайность, которая у сорта Адретта составила 80,8 т/га, у сорта Гала – 62,4 т/га, при товарности на уровне 78-86%.

В условиях Республики Коми наибольшая эффективность азота, фосфора и калия обуславливается их сочетанием N100P80K150, применение данной дозы достоверно увеличивает урожайность клубней картофеля на 20-25 %, повышается товарность клубней, при сохранении содержания сухого вещества, крахмала и витамина С на уровне контрольного варианта без удобрений, при отсутствии избыточного накопления нитратов (Тулинов, 2024).

В работе Н. Г. Курмашева и Ф. Ф. Авсахова (2024) максимальная урожайность 31,1 т/га сорта Аспия, 33,7 т/га сорта Алексеевский обусловлена применением дозы N120P120K120. Качество продукции существенно не снижалось в зависимости от применения удобрения. В клубнях сорта Алексеевский содержание сухого вещества варьировало от 22,5 до 23,3 %, сорта Аспия от 21,4 до 21,8 %.

В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» проводимых на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси максимальная урожайность 31,1 т/га клубней картофеля сорта Волат получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне N70P80K120. Обработка посадок картофеля Нутривантом плюс повышала урожайность клубней сорта Волат по отношению к контролю на 4,7 т/ га, увеличивала выход крупной фракции клубней на 2,9 % и крахмала на 0,4 т/га, увеличивало количество сырого протеина на 2,0 % (Ионас, 2024).

В условиях лесолуговой зоны на кислых дерново-глеевых почвах урожайность картофеля повышалась от увеличения доз NPK, наибольший 22,7 т/га урожай получен по тройной дозе, что на 9,0 т/га выше контроля. Эквивалентные варианты N2P2K2 и навоз + NPK были практически равными по урожайности. За счет известкования почвы урожайность возрастала на 1,7 т/га. Содержание сухого вещества в клубнях по удобренным вариантам снижалось на 0,6-1,6 % относительно контроля, снижалась также крахмалистость на 0,35-2,25%. С увеличением уровня удобренности окупаемость удобрений последовательно снижалась от 24,3 до 16,2 кг/кг д.в. (Дзанагов и др., 2024).

На дерново-подзолистых почвах Новозыбковского района Брянской области удобрения ФосАгро NPK в дозе 0,5 т/га обеспечило прибавку урожайности картофеля на 22-42% относительно контроля, совместное применение удобрения и препарата Гумитон увеличило урожай клубней на 12-19 %, в сравнении с ФосАгро NPK и на 37-68% – с контролем (Свириденко и др., 2024).

В богарных условиях Гедабекского района Азербайджана на черноземных почвах урожайность картофеля сорта Севиндж определялась количеством использования минерального удобрения. Наиболее высокие результаты получены в варианте N93P98K126 + Гипс163 + 20 т навоза (Махмудова, 2024)

В условиях равнинной зоны Дагестана при внесении удобрения в дозе N96P46 запланированный урожая 20,0 т/га клубней картофеля был, достигнут у всех изучаемых сортов, при дозе удобрения N149P72 запланированный урожая 30,0 т/га был, достигнут с незначительным отклонением. А при планировании третьего уровня урожайности – 40 т/га из изучаемых сортов по всем рассматриваемым показателям сорт Ред Скарлет имел значительное преимущество над другими сортами (Кудахова и др., 2024).

В условиях лесостепной зоны Челябинской области применение минеральных удобрений в расчете на урожайность 40 и 60 т/га обеспечивает достоверное увеличение площади листьев и продуктивности растений (N109P132K114 на 34,4-61,8 %, N245P256K264 - на 78,3-99,2 % в зависимости от сорта). Наибольшая продуктивность картофеля достигается на повышенном фоне минерального питания

(N245P256K264): у сортов Шах (1069 г/куст) и Багира (998 г/куст) - при схеме посадки 75x27 см, а у сортов Арго (881 г/куст), Амулет (821 г/куст) и Сапфир (944 г/куст) - при загущенной посадке (75x19 см) (Васильев, 2024).

Почвенно-климатические и фитосанитарные условия Челябинской области при применении минерального удобрения в дозе N132P143K158 обеспечивает получение урожая клубней среднеспелых сортов картофеля на 3,3-14,38 т/га в зависимости от сорта и схеме посадки больше в сравнении с контролем. Норма удобрения N260P260K285 в зависимости от сорта и схемы посадки повышает урожайность на 7,46-24,75 т/га по сравнению с контролем (без удобрений). Загущение посадок с 40 до 95 тыс. клубней/га продуктивность изученных сортов возрасла на 3,83-23,46 т/га в зависимости от сорта и уровня минерального питания (Дергилева и др., 2024).

В аgroценозах картофеля на серой лесной почве Рязанской области максимальная урожайность 283,7 ц/га получена при применении органоминеральной системы удобрения, что на 114,5 ц/га больше урожайности контрольного варианта (без внесения удобрений) (Ушаков и др., 2024).

В статье Д. С. Гастило с соавторами (2024) показано, что при использовании комплексного органоминерального гранулированного удобрения пролонгированного действия КГУ «ИПАН» при выращивании продовольственного картофеля прибавка урожая по сравнению с контрольным вариантом по сортам составила: 2,0-22,6 т/га (Першацвет), 12,4-21,2 т/га (Скарб), 1,8-15,0 т/га (Рубин).

В работе А. Н. Цепляева с соавторами (2024) установлено, что применение гидрогеля в дозе 18,2 г/пог. м и нитроаммофоски в дозе 33,3 г/пог. м обуславливает урожайность 29,4 т/га клубней картофеля, что на 7,8 т/га (36,1 %) выше контрольного варианта.

В исследованиях Э. Т. Акопджанян и В. И. Титовой (2024) установлено, что локальное внесение ЖКУ 11:37 в сравнении со сплошным его распределением в почве достоверно повышает клубнеобразование до 7,1 шт/куст, а внесение аммофоса локально показывает положительное влияние на образование клубней. Использование аммофоса сплошным или локальным способом приводит к образова-

нию более крупных клубней. Максимальную урожайность картофеля 33,2 т/га обеспечивает локальное внесение жидкого комплексного азотно-фосфорного удобрения по фону полного минерального удобрения – N50P50K250 + N15P53.

В работе А. А. Молявко с соавторами (2024) показано, что борофоска снижает поражение клубней болезнями при уборке через две недели после цветения, повышает урожайность при уборке после отмирания ботвы.

В условиях дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Брянской области применение макроудобрения достоверно повышает урожайность клубней картофеля в 2,0-2,4 раза в сравнении с контролем. Обнаружена тенденция повышения содержания нитратов и снижения содержания ^{137}Cs в клубнях картофеля под действием макроудобрения (Анищенко и др., 2024).

В лесостепной зоне Челябинской области наибольшая отзывчивость на внесение сбалансированных норм удобрений была у среднеспелого сорта Багира и среднераннего сорта Шах. На фоне N109P132K114 прибавка урожайности клубней сорта Багира составила 12,40-17,80 т/га, Шах - 11,08-15,51 т/га, а на фоне N245P256K264 соответственно 21,18-25,94 и 18,90-28,29 т/га. Использование минеральных удобрений в дозе N109P132K114 повышало урожайность клубней сорта Сапфир в среднем на 6,99-10,16 т/га, Амулет - на 8,08-10,71 т/га, а в дозе N245P256K264 - на 14,26-24,00 и 14,90-20,09 т/га по сравнению с контролем. Наименьшую отзывчивость на удобрения имел ранний сорт Арго. Доказана высокая потенциальная продуктивность новых сортов картофеля местной селекции (Васильев, Горбунов, 2025).

В статье О. В. Чухиной с соавторами (2025) показано, что расчетные системы удобрения обеспечивают получение 19-22 т/га клубней картофеля, инокуляция клубней препаратом повышала урожайность на 0,4-0,7 т/га при минеральных системах удобрения и на 1,5 т/га – при органо-минеральной системе удобрения культуры.

Использование биологических препаратов при возделывании картофеля даёт высокую эффективность. В условиях горной зоны Кабардино-Балкарии установлено, что различные препараты при их комплексном применении при возде-

ливании картофеля положительно повлияли на урожайность по сравнению с контролем. Урожайность росла с 0,5 до 10,4 т/га, БисолбиСан оказался наиболее эффективным препаратом, прибавка по которому составило 3,7 т/га. Наиболее высокие показатели урожайности отмечены в варианте комплексного применения Лигногумата марки АМ с препаратом БисолбиСан, при котором урожайность картофеля сорта Нарт 1 составила 41,2 т/га, что на 10,4 т/га больше, чем у контрольного варианта (Сычев и др., 2024).

В условиях Кировской области наибольшая прибавка 8,3 и 9,8 ц/га урожайности клубней картофеля получена при применении двухкомпонентного препарата Эместо Сильвер и трехкомпонентного препарата Селест Топ (Черемисинов, Ренгартен, 2024).

В работе Е. В. Рогозиной с соавторами (2024) показано, что применение биопрепаратов оказывает положительный эффект на урожайность и качество клубней картофеля. Установлена неоднозначность действия разных штаммов Ризобакта на продуктивность и качество клубней изученных сортов картофеля. Наибольший положительный эффект оказало применение штамма М, при обработке которым продуктивность сортов Эликсред и Северное сияние составила 927,2 г/куст и 831,5 г/куст соответственно, повысилась товарность клубней у всех 4 сортов в опыте и получено самое высокое содержание антоцианов - 711,67 мг/100 г в клубнях сорта Северное сияние.

В условиях Саратовского Заволжья на орошаемых каштановых почвах прибавка урожайности от трехкратного применения гумата калия составила 2,82 т/га к контролю, трехкратное опрыскивание посевов картофеля раствором реасила микро гидро микс повысило урожайность на 3,48 т/га. Максимальную в условиях экспериментов урожайность товарных клубней картофеля Сильвана получили при совместном использовании гумата калия и реасила форте карб-азот-гумик – 25,86 т/га. Удобрения на основе гуминовых кислот повысили выход крахмала с единицы площади на 475-1076 кг/га (Корсаков и др., 2024).

В зоне северной лесостепи Тюменской области применение биологических препаратов сокращало вегетационный период сортов картофеля. Урожайность

семян в зависимости от использования биопрепаратов колебалась от 11,1 до 16,2 т/га (Гайзатулин, Логинов, 2024).

В исследованиях З. П. Котовой в соавторстве (2024) установлено, что двукратная обработка живой и автоклавированной водной суспензией бактерий-симбионтов подвида *S. Feltiae* была более эффективна и обеспечивала уменьшение степени развития симптомов парши обыкновенной в 1,3-2,8 раза и распространение ризоктониоза в 1,5-2,0 раза в сравнении с контролем, при этом урожайность клубней увеличивается на 35-22 %. Использование биологически активных вторичных метаболитов *Xenorhabdus* sp. против возбудителей заболеваний на картофеле имеет значительный потенциал.

В условиях Северо-Казахстанской области применение препаратов Биогумус, Экстрасол и Гуми-Оми увеличивает продуктивность картофель, и повышает устойчивость растений к стрессовым факторам (Подлесный, Шаяхметова, 2024).

На дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве на остаточно карбонатном мореном суглинке применение органического удобрения – компост «БИАГУМ» и обработка клубней биопрепаратором «Флавобактерин» при посадке, а затем по листьям достоверно повышало урожайность картофеля в среднем на 4,6 т/га (даже без компоста), за исключением засушливого года. Использование компоста совместно с «Флавобактерином» повышало на 2,6 т/га урожайность картофеля по сравнению с вариантами, где компост использовался без биопрепарата (Кожемяков и др., 2024).

В условиях опытного поля Омского ГАУ на лугово-черноземной почве увеличение доз биогумуса с 2 до 10 т/га закономерно повышало содержание нитратного азота в почве с очень низкого в контрольном варианте до очень высокого при внесении биогумуса. Урожайность картофеля колебалась от 27,2 до 34,9 т/га в зависимости доз внесения биогумуса. Существенные прибавки урожая клубней от применения биогумуса составили 2,2-9,7 т/га при урожайности 25,0 т/га на контроле. Максимальная урожайность 34,7 т/га была получена от 8 т/га биогумуса (Кормин, 2024).

В условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестан на светлокаштановых почвах применение препаратов роста обуславливает максимальную

урожайность клубней на уровне 32,8 т/га при применении Зеребра Агро, что на 27,6 % выше контрольного варианта, от препаратов Ризоплан и Ризолби Сан – на 19,3-9,7% (Эльдарханова и др., 2024).

В исследованиях на опытном поле Костромского НИИСХ показана эффективность применение биопрепарата «БисолбиСан», приема озонирования и фунгицида «Максим» для улучшения качества посадочного материала. Совместное применение биопрепарата и озона получена наибольшая прибавка массы клубней с куста 177 г, что на 30,8% больше, чем на контроле, а обработка клубней «Максим» увеличивает массу клубней на 20,5% в сравнении с контролем (Пуздря и др., 2024).

В условиях засушливой степи Алтайского края применение биопрепаратов фиксаторов азота «Агрофил», «Мизорин» и «Флавобактерин» при инокуляции сортов картофеля увеличивает высоту побегов, количество стеблей, листьев и их площадь, что в итоге повышает массу клубней в кусте и их крупность. Инокуляция клубней способствовала увеличению урожайности на 27,0-63,2% (Курсакова, Чернецова, 2024).

В условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Московской области применение микробиологического препарата БисолбиФит в сочетании с минеральными удобрениями (N90P90K135) при возделывании новых отечественных сортов картофеля повышало урожайность на 1,6-4,7 т/га в зависимости от сорта картофеля. Содержание крахмала повышалось под действием на БисолбиФит у среднеспелых сортов с 15,0-16,3% до 15,7-17,9% к минеральным контролям, снижалась концентрация нитратов и редуцирующих сахаров (Жевора и др., 2024).

В условиях Нечерноземной зоны предпосадочная обработка клубней регуляторами роста увеличила полевую всхожесть на 2,5-3,5%, применение регулятора роста Циркон, Р показало наибольшую прибавку ботвы + 40,8%, массы стеблей + 42,7%, массы листьев + 39,3%, массы клубней + 19,3%, количества клубней + 14,1% сорта Фаворит. При обработке клубней регулятором Циркон, Р прибавка урожайности по отношению к контролю составила 42,9 ц/га (21,2%) (Виноградов, Питюрина, 2024).

Применение органического удобрения обуславливает повышение урожайности клубней картофеля. В условиях Нечерноземной зоны Рязанской области применение компоста при возделывании картофеля положительно влияет на биометрические показатели, структуру урожая и продуктивность культуры. Применение грибного компоста обуславливает урожайности картофеля на уровне 270,8-287,1 ц/га. Применение органоминерального удобрения положительно влияет на содержание витамина С в сторону увеличения до 3,38% (Питюрина, Виноградов, 2024).

В условиях орошения черноземных почв Республики Татарстан максимальная урожайность 38,8 т/га клубней картофеля получена на варианте общий фон + навоз + солома, которая на 20,6 т/га больше контроля. В других опытных вариантах эта разница составляла 10,46...18,8 т/га. Содержание сухого вещества в клубнях при внесении различных видов удобрений было ниже, чем в контроле, на 0,49...1,49 %, крахмала – на 0,25...0,79 % (Шайхутдинов и др., 2024).

В условиях Ростовской области применение органических удобрений ведет к снижению урожайности на 9,5 т/га клубней картофеля, достижение наибольших показателей урожайности картофеля обусловлено внесением органических и минеральных удобрений (Щедрин и др., 2024).

В условиях Южного Предуралья на черноземе выщелоченном внесение индюшиного помета (26-60 т/га) и фосфогипса (3,6-20,0 т/га) повышало урожайность картофеля в первый год соответственно на 103-324 и 16-72 %. Последействие помета проявлялось и в последующие годы, прибавка урожайности составила до 96 % (Габбасова и др., 2024).

Применение 15 т/га биокомпост куриного помета обеспечивает на картофеле сорта Королева Анна прирост урожайность 87 % в сравнении с контролем (без удобрений) (Рабинович, Трешкин, 2024)

В период 2019-2021 годов на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в условиях юга Нечерноземной зоны И. С. Питюриной и Д. В. Виноградовой (2024) установлено, что применение отработанного грибного компоста при возделывании сортов картофеля увеличивает высоту растений на 1,8 см

на фоне годовалого компоста и на 4,2 см на фоне свежего компоста. Наибольшая урожайность сортов картофеля колебалась в 116-134% к контролю от использования свежего грибного компоста.

Использование микроудобрений ведет к повышению урожайности и качества клубней картофеля. В условиях Смоленской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве применение ростостимулирующих препаратов нивелировало негативное влияние неблагоприятных погодных условий и способствовало более полному использованию питательных элементов из удобрений. Совместное использование МедьАгро с Эпином увеличивало урожайность клубней до 22,5 т/га. Использование ростостимулирующих препаратов как совместно, так и раздельно практически не изменяло концентрацию крахмала в клубнях, но увеличивало до 20,4 % содержание в них сухого вещества (Гаврилова и др., 2024).

В условиях Центрального региона России применение дополнительной листовой обработки агрохимикатом Агровин Микро в максимальной дозе 2 л/га обеспечило в условиях Тамбовской области прибавку урожая клубней картофеля 6,0-10,5 т/га в зависимости от сорта и в условиях Московской области – 1,2-7,1 т/га (Кашина и др., 2024).

В условиях Ленинградской области на дерново-подзолистой почве установлено положительное влияние йода на урожайность и продуктивность картофеля. Предпосевное внесение минеральных удобрений способствовало повышению отдачи от йодных удобрений. Высокая доза NPK обеспечивала получение прибавок от йода от 7,17 до 12,43 т/га на почвах различной степени окультуренности. Погодные условия не способствовали дополнительной аккумуляции йода в клубнях картофеля от некорневой подкормки (Филиппова и др., 2024).

В Республике Карелия некорневая обработка йодидом калия посадок картофеля обеспечивает максимальную прибавку урожая при двукратной обработке, максимальный эффект получен в засушливый год (ГТК 1,1). Количество осадков вовремя и после периода обработок служит ключевым фактором, влияющим на урожайность. Увеличение содержания крахмала на 3-12% отмечено только у скороспелых сортов (Котова и др., 2024).

В условиях Северо-Западного Прикаспия на орошаемом участке максимальная урожайность клубней 94,3 т/га формируется как при обработке клубней, так и при листовой обработке препаратом Форсаж в период вегетации сорта Ажур. Наибольшая рентабельность 348,9 % получена от совместного использования N120P60K60 + Форсаж (обработка по листу + опрыскивание клубней) (Бондаренко, Петров, 2024).

В условиях КФХ «Зволинский О. В.» Черноярского района Астраханской области двойное комбинативное использование хелатного органоминерального препарата Силиплант приводило к росту урожайности картофеля до 48,9 т/га, что выше контроля на 21,1 т/га (Захарова и др., 2024).

В работе Т. М. Бацазова (2024) в условиях лесостепной зоне РСО-Алания применение микроудобрения в технологии возделывания картофеля повышало урожайность товарных клубней до 3,8-8,1 т/га в зависимости от доз микроудобрения, крахмал в клубнях варьировал от 18,8 до 19,1 %, на контроле – 18,1%.

Исследования некоторых авторов свидетельствует о высокой эффективности применения известковых материалов. В работе В. Н. Днепровской и О. И. Шубиной (2024) выявлено, что внесение 40 т/га сапропеля под картофель способствует улучшению структуры почвы, обеспечивает более устойчивый режим увлажнения и формирования высокого урожая. Эффективность сапропеля и навоза возрастает при совместном внесении с минеральными удобрениями в норме N₉₀P₁₂₀K₆₀, где получена самая высокая урожайность – 35,9 и 34,9 т/га. По содержанию золы варианты с минеральными удобрениями и сапропель + минеральные удобрения были на уровне контроля.

В работе Л. С. Федотовой с соавторами (2024) установлено, что кальций и магний необходим, как для поддержания и улучшения плодородия почв, так и для питания и развития растений картофеля, однако при известковании дерново-подзолистых почв в ряде случаев наблюдается развитие парши обыкновенной, что ведет к снижению урожайности и качества клубней картофеля. Основная причина отрицательного результата при известковании – преобладание кальция над магнием и калием в известковых материалах. Известкование при возделывании карто-

феля проводят малыми дозами, что приводит к недобору урожая.

В исследованиях Н. И. Акановой с соавторами (2024) показана высокая эффективность магнийсодержащего удобрения в качестве мелиоранта в севообороте с картофелем. Установлено прямое действие и последействие мелиорантов линейки АгроМаг марок А и В на урожайность и качество картофеля сорта Коломба. Установлено, что внесение магнийсодержащего мелиоранта увеличивает урожай клубней картофеля, наибольший 18,0 т/га урожай получен при применении 600 кг/га АгроМаг марка В.

В условиях Чувашской Республики на светло-серой лесной почве отмечается рациональное использование сапропеля и торфа низинного в дозах 15 т/га, при совместном их внесении с азофоской в дозе 200 кг/га, позволяющее существенно повысить урожайность клубней картофеля (Андреева, 2024).

Средства защиты картофеля являются неотъемлемым элементом химизации и положительно влияют на повышения урожайности. В условиях Жирятинского района Брянской области на дерново-подзолистых почвах применение усовершенствованной системы защиты растений способствует увеличению урожайности клубней картофеля – на 17-26%, товарности – на 12,5-14,5 % (Бельченко и др., 2024).

В исследованиях С. А. Замятиной с соавторами (2024) установлено снижение фитофтороза при обработке клубней ПроРостим Старт и растений во время вегетации ПроРостим Стандарт. Использование ПроРостим Старт повысило урожайность клубней картофеля на 2,5 т/га в сравнении с контролем. Наибольшая урожайность картофеля (42,7 т/га) была в варианте с ПроРостим Старт и двукратной обработкой ПроРостим Стандарт. Исследуемые варианты не оказали существенного влияния на процентное содержание крахмала в картофеле.

В работе Г. Л. Белова с соавторами (2024) показано, что обработка семенных клубней препаратами Картофин, Кагатник, Имикар, Синклер, Максим увеличила урожайность в следующем сезоне на 4,2; 4,1; 5,7; 8,5 и 5,1 т/га, снизила развитие ризоктониоза соответственно на 3,5; 6,3; 9,5; 8,7 и 9,5%. Действие защитно-стимулирующих веществ, используемых для обработки клубней перед закладкой

на хранение, позволяет снизить потери от гнилей при хранении, а в последействии вызывает повышение урожайности клубней и их качества.

Совершенствование системы защиты картофеля в условиях дерново-подзолистых почв Брянской области увеличивает урожайность культуры до 17,1 %, а товарность клубней до 12,5 % (Никифоров и др., 2024)

В условиях Центральной части Беларуси на дерново-подзолистой связносупесчаной почве применение биофунгицида Серебромедин на минеральном фоне N100P50K90 увеличивает урожайность картофеля сорта Лилея на 2,2 т/га, сорта Эволюшен на 2,4 т/га по сравнению с контролем. Устойчивость к болезням и урожайность картофеля находилось на уровне стандартного фунгицида Ордан. Использование микроудобрения Наноплант наиболее эффективно на сорте Эволюшен на 10,7 % выше по сравнению с контролем (Дайнеко, Близнюк, 2024).

В условиях лесостепи ЦЧР показана эффективность биологических средств защиты картофеля от вредных организмов, которая представляет интерес при выращивании продукции со сниженным количеством обработок химическими пестицидами (Попов и др., 2024).

В условиях Ленинградской, Тамбовской и Волгоградской областей при нормах применения 0,4; 0,5; 0,6 и 0,7 л/т Вайбранс Топ, КС установлено, что наибольшей эффект против комплекса болезней и высокую урожайность обуславливает использования препарата с максимальной нормой (Ревкова, 2024).

В условиях Республики Татарстан на серой лесной почве комплексное применение минерального удобрения, цеолита и биостимулятора Металлоцен повышает урожайность картофеля на 30-70%. При этом улучшаются качества клубней, увеличение содержания сухого вещества и крахмала (Прищепенко, Хисматуллин, 2024).

Таким образом, для формирования высоких и стабильных урожаев в изменившихся условиях окружающей среды необходима система применения средств химизации, а не отдельные её элементы. Научно обоснованное применение средств химизации даёт возможность преодолеть негативные последствия от изменения климатических и почвенных условий и обеспечить страну клубнями товарного картофеля.

ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Агроклиматические и радиологические условия территории исследований

Брянская область расположена на юго-западе Центрального района Европейской части России. На севере она граничит со Смоленской и Калужской, на востоке и юго-востоке – с Орловской и Курской областями, на западе – с республикой Беларусь (Гомельская и Могилевская область), на юге – с республикой Украина (Черниговская и Сумская область). Территория области вытянута с запада на восток, ее протяженность в этом направлении составляет 270 км, а с севера на юг – 190 км. Общая площадь области 34,9 тыс. км². Лес занимает 28,8 % ее территории. В состав области входят 27 административных района (Природное районирование..., 1975).

Наиболее крупная река в Брянской области – Десна – самый значительный левый приток Днепра. Она протекает с севера на юг. Длина ее от истока до устья – 1187 км, площадь бассейна – 100 тыс. км².

Рельеф области равнинный, местами возвышенный, более расчененный на востоке и по правобережью р. Десны. Высота над уровнем моря на севере и востоке достигает 273-278 м, на юге и западе области – 125 м.

Положение территории Брянской области в центральной части Русской равнины определило умеренно континентальный климат с теплым летом и умеренно холодной зимой, с достаточным увлажнением. Продолжительность вегетационного периода 180-190 дней. Сумма активных температур возрастает с севера на юг от 2150 до 2450 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 530-655 мм. Средняя температура наиболее холодного месяца января минус 7-9 °С, наиболее

теплого июля – плюс 18-19 °С. Годовой приход суммарной радиации в области составляет в среднем около 900 ккал/см².

По теплообеспеченности вегетационного периода, рельефу и типам почв Брянская область разделяется на 2 агроклиматических района. Граница между ними проходит по изотерме сумм температур выше 10 °С, равной 2300 °С и имеет значительные отклонения от широтного направления, объясняющиеся неоднородностью физико-географических условий территории (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

Условия агроклиматического района I менее благоприятны по теплообеспеченности и несколько более благоприятны по обеспечению сельскохозяйственных культур влагой, чем района II (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Агроклиматические условия вегетации сельскохозяйственных культур (Агроклиматические ресурсы..., 1972)

Агроклиматический район	Сумма положительных температур за период с температурой, °С		Продолжительность периода активной вегетации, дн.		Среднегодовая сумма осадков, мм	Гидротермический коэффициент (ГТК)
	выше 10 °С	выше 15 °С	выше 10 °С	выше 15 °С		
I	2150-2300	1450-1650	136-145	86-93	550-656	1,3-1,4
II	2300-2450	1650-1850	145-154	93-104	530-560	1,3-1,4

В целом климат Брянской области благоприятен для ведения растениеводства. В то же время для него характерен ряд отрицательных особенностей: частую переменчивость погоды, зимние оттепели, поздние заморозки, возврат холодов весной, ливневые дожди, изредка засушливые годы (Просянников и др., 2021).

Величины метеорологических показателей, температуры воздуха и количества выпавших осадков, в период проведения эксперимента 2020-2022 годы и их среднемноголетние показатели (климатическая норма), получены из сводных отчетов метеорологического поста Новозыбковской СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им.

В.Р. Вильямса», который расположен на $52^{\circ}30'50''$ северной широты и на $31^{\circ}51'36''$ восточной долготы, на высоте 190 м над уровнем моря.

Среднемноголетний показатель (климатическая норма) средней температуры воздуха в течение года территории исследования $7,0^{\circ}\text{C}$. В период исследований 2020-2022 годов средняя температура за год была выше на 2,2 градуса и колебалась от $8,6$ до $10,2^{\circ}\text{C}$, изменчивость показателя по годам исследования носила незначительный характер, коэффициент вариации меньше 10 % (табл. 2.2).

Среднемноголетний показатель (климатическая норма) средней температуры воздуха в течение вегетационного периода (май-август) территории исследования $18,1^{\circ}\text{C}$. В период исследований 2020-2022 годов средняя температура за вегетационный период была выше на 1,9 градуса и колебалась от $19,4$ до $20,7^{\circ}\text{C}$, изменчивость показателя по годам исследования носила незначительный характер, коэффициент вариации равен 3,2 %, что меньше 10 %.

Таблица 2.2 – Динамика температуры воздуха вегетационного периода территории исследования, $^{\circ}\text{C}$

Период	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее	$V, \%$	Среднегодовая
2020	13,1	23,3	20,7	20,2	19,4	22,6	10,2
2021	14,5	22,5	25,0	20,7	20,7	21,8	8,6
2022	13,9	23,1	20,6	22,4	20,0	20,9	8,8
Среднее	13,8	23,0	22,1	21,1	20,0	–	9,2
$V, \%$	4,8	2,0	11,5	5,4	3,2	–	9,0
Климатическая норма	14,9	18,5	20,1	18,8	18,1	–	7,0

В период исследований по обеспеченности теплом года расположились в следующей последовательности 2021 год средняя температура воздуха

вегетационного периода 20,7 (сумма активных температур больше 10 – 2546 °C), 2022 год – 20,0 (сумма активных температур больше 10 – 2460 °C), 2021 год – 19,4 (сумма активных температур больше 10 – 2386 °C), то есть обеспеченность теплом в 2021 году было на 86 и 160 °C больше соответственно 2022 и 2020 годов, среднемноголетняя обеспеченность теплом вегетационного периода была 2226 °C.

В период исследований изменчивость температуры воздуха по месяцам вегетационного периода была значительной, коэффициент вариации колебался от 20,9 до 22,6 % в зависимости от года исследования.

Сравнивая между собой температуру воздуха по месяцам вегетационного периода годов исследования выявили, что температура воздуха в мае, июне и августе по годам исследований изменялась незначительно, а в июле в средней степени (табл. 2.2).

При этом сравнивая температуру воздуха по месяцам вегетационного периода годов исследования с климатической нормой установили, что средняя температура воздуха июня, июля и августа в период исследования была соответственно выше на 4,5, 2,0 и 2,3 °C климатической нормы соответствующий месяцев, а мая ниже на 1,1 °C.

В целом температурный режим территории исследования в период проведения эксперимента позволяет получать стабильно высокую урожайность полевых культур, в частности картофеля, также стоит отметить, что почвы опытного участка – супесчаные, они раньше прогреваются. При этом в период исследований было время с температурой выше 25,0 °C, при которой замедляется клубнеобразование, что непременно приведет к снижению урожайности.

Среднемноголетний показатель (климатическая норма) количества выпавших осадков за год территории исследования 599,7 мм. В период 2020-2022 годов исследования среднее количество выпавших осадков за год выше на 113 мм и колебалось от 580,6 до 802,7 мм, изменчивость показателя по годам исследования была средней, коэффициент вариации равен 16,4 %, что больше 10, но меньше 20 % (табл. 2.3).

Среднемноголетний показатель (климатическая норма) количества выпавших осадков за вегетационный период (май-август) территории исследования 275,9 мм. В период 2020-2022 годов исследования среднее количество осадков за вегетационный период было выше на 17 мм и колебалось от 183,7 до 415,5 мм, изменчивость показателя по годам исследования была значительной, коэффициент вариации равен 39,8 %, что больше 20 % (табл. 2.3).

В период исследований по обеспеченности влагой вегетационного периода года расположились в следующей последовательности 2021 – выпало в среднем 103,9 мм осадков з месяц, 2020 – 69,9 мм и 2022 – 45,9 мм, то есть обеспеченность влагой в 2021 году было на 34 и 55 мм больше соответственно 2020 и 2022 годов, среднемноголетняя обеспеченность влагой вегетационного периода была равной 69,0 мм за месяц.

Таблица 2.3 – Динамика количества выпавших осадков за вегетационный период на территории исследования, мм

Период	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее	V, %	Сумма за вегетацию	Сумма за год
2020	107,7	73,9	50,5	47,4	69,9	39,9	279,5	580,6
2021	126,7	33,9	103,4	151,5	103,9	48,7	415,5	754,9
2022	44,5	35,2	67,0	37,0	45,9	31,8	183,7	802,7
Среднее	93,0	47,7	73,6	78,6	73,2	–	292,9	712,7
V, %	46,3	47,7	36,8	80,5	46,3	–	39,8	16,4
Климатическая норма	54,8	70,7	81,0	69,4	69,0	–	275,9	599,7

В период исследований изменчивость количества осадков выпавших по месяцам вегетационного периода была значительной, коэффициент вариации колебался от 31,8 до 48,7 % в зависимости от года исследования.

Сравнивая между собой количество осадков выпавших в одни и те же месяцы, но в разные годы исследования вегетационного периода выявили значительную изменчивость данного показателя (табл. 2.3).

При этом сравнивая среднее количество выпавших осадков по месяцам вегетационного периода годов исследования с климатической нормой установили, что среднее количество осадков мая и августа в период исследования была соответственно выше на 38,2 и 9,5 мм климатической нормы соответствующий месяцев, а июня и июля ниже на 23,0 и 7,4 мм.

В целом доступность воды территории исследования в период проведения эксперимента позволяет получать стабильно высокую урожайность полевых культур, в частности картофеля, однако стоит отметить, что почвы опытного участка – супесчаные, которые характеризуются высокой водопроводностью и низкой водоудерживающей способностью, они хорошо аэрируемы, что позитивно сказывается на урожайности картофеля, культуры, предъявляемые повышенные требования к аэрации почвы. Картофель в период цветение и образование клубней особенно нуждается во влаге, которое оказывает положительное действие на урожайность, при этом избыточное выпадение осадков может привести к снижению урожайности клубней.

Величина ГТК (гидротермический коэффициент) при возделывании полевых культур указывает на условия увлажнения вегетационного периода, которые зависят от двух факторов прихода тепла и влаги, в зависимости от которых, ГТК может быть больше 1,6, тогда условия избыточно влажные, ГТК равен 1,6-1,3, то условия влажные, ГТК равен 1,3-1,0, то условия слабо засушливые, ГТК равен 1,0-0,7, то условия засушливые, ГТК равен 0,7-0,4, то условия очень засушливые.

Среднемноголетний показатель (климатическая норма) ГТК за вегетационный период территории исследования 1,20. В период 2020-2022 годов исследования ГТК вегетационного периода выше на 0,08 и колебался от 0,78 до 1,76, то есть от засушливых до условия избыточного увлажнения (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Динамика ГТК за вегетационный период на территории исследования, ед.

Период	Май	Июнь	Июль	Август	<i>Среднее</i>
2020	2,65	1,06	0,79	0,76	1,31
2021	2,83	0,50	1,33	2,36	1,76
2022	1,03	0,51	1,05	0,53	0,78
<i>Среднее</i>	2,17	0,69	1,06	1,22	1,28
<i>V, %</i>	45,6	46,1	25,9	82,1	–
Климатическая норма	1,10	1,30	1,20	1,20	1,20

В период исследований по величине ГТК года расположились в следующей последовательности 2021 – избыточно влажный, 2020 – влажный, 2022 – засушливый.

Сравнивая между собой ГТК в одни и те же месяцы, но в разные годы исследования вегетационного периода выявили значительную изменчивость данного показателя (табл. 2.4).

В период исследований по средней величине ГТК месяцев расположились в следующей последовательности май – избыточно влажный, июль и август – слабо засушливый, июнь – засушливый.

В целом условия увлажнения вегетационного периода территории исследования позволяют получать стабильно высокую урожайность полевых культур, в частности картофеля, однако стоит отметить, что в среднем июнь в период исследования засушливый, а это период цветения, когда критически необходима вода для получения стабильно высоких урожаев, при этом выпадение осадков в этом месяце наблюдали на протяжении проведения полевого опыта.

Таким образом, агроклиматические ресурсы юго-западной части Брянской области обеспечивают благоприятные условия для формирования стабильно высоких урожаев клубней картофеля.

В 1986 году на территории Брянской области выпали «радиоактивные осадки» вследствие аварии на ЧАЭС, в результате по плотности выпадения радионуклидов область оказалась самой загрязненной в Российской Федерации,

особенно пострадали 7 (Новозыбковский, Красногорский, Клинцовский, Климовский, Злынковский, Стародубский) юго-западных районов. Ведение сельского хозяйства, в частности картофелеводства, на радиоактивно загрязненных территориях обусловлено обеспечением продовольственной безопасности населения и в тоже время минимизации рисков получение дополнительной дозовой нагрузки от потребления продуктов питания полученных на данной территории (Белоус, 2018).

Даже спустя десятилетия после аварии на ЧАЭС, её последствия до сих пор не преодолены, хотя радиологическая обстановка на пашни Брянской области и в наиболее загрязненной юго-западной части за период с 1986 по 2023 года претерпела изменения.

В период мониторинговых наблюдений 1986-1988 годы после выпадения «чернобыльских осадков», основным дозообразующий радионуклидом которых был ^{137}Cs , средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs пашни Брянской области находилась на уровне $111,4 \text{ кБк}/\text{м}^2$, по прошествии 37 лет данный показатель снизился в 2,6 раза, до $43,1 \text{ кБк}/\text{м}^2$ (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Распределение пашни Брянской области по плотности загрязнения ^{137}Cs

Категория земель	Год	Площадь всего	по группам загрязнения					Средневзвешенная плотность загрязнения, $\text{кБк}/\text{м}^2$	
			тыс. га	до 37	37-185	185-555	555-1480		
		%	$\text{кБк}/\text{м}^2$						
Брянская область									
Пашня	1986-1988	1267,4	787,3	286,8	131,0	55,0	7,3	111,4	
		100,0	62,1	22,6	10,3	4,4	0,6		
	2023	1249,1	1019,7	173,9	46,5	8,2	0,9	43,1	
		100	81,6	13,9	3,7	0,7	0,1		
7 юго-западных районов Брянской области									
Пашня	1986-1988	359,7	26,4	140,7	130,3	55,0	7,3	325,6	
		100,0	7,3	39,1	36,2	15,3	2,1		
	2023	349,8	124,1	170,3	46,4	8,2	0,9	116,6	
		100,0	35,5	48,7	13,3	2,3	0,2		

Распределение пашни Брянской области в первые годы после аварии на ЧАЭС по группам загрязнения было следующим: до $37 \text{ кБк}/\text{м}^2$ относились 787,3

тыс. га, 37-185 кБк/м² относились 286,9 тыс. га, 185-555 кБк/м² относились 131,0 тыс. га, 555-1480 кБк/м² относились 55,0 тыс. га и выше 1480 кБк/м² относились 7,3 тыс. га, по прошествии 37 лет произошло изменение площадей различных групп по плотности загрязнения ¹³⁷Cs: до 37 кБк/м² увеличилась в 1,3 раза за счет уменьшения по другим группам соответственно в 1,6, 2,8, 6,7 и 8,0 раз (табл. 2.5).

Средневзвешенная плотность загрязнения ¹³⁷Cs пашни, 7 наиболее пострадавших юго-западных районов Брянской области, после аварии на ЧАЭС находилась на уровне 325,6 кБк/м², по прошествии 37 лет данный показатель снизился в 2,8 раза, до 116,6 кБк/м². Распределение пашни в 7 наиболее пострадавших юго-западных районов Брянской области в первые годы после аварии на ЧАЭС по группам загрязнения было следующим: до 37 кБк/м² относились 26,4 тыс. га, 37-185 кБк/м² относились 140,7 тыс. га, 185-555 кБк/м² относились 130,3 тыс. га, 555-1480 кБк/м² относились 55,0 тыс. га и выше 1480 кБк/м² относились 7,3 тыс. га, по прошествии 37 лет произошло изменение площадей различных групп по плотности загрязнения ¹³⁷Cs: до 37 кБк/м² и 37-185 кБк/м² увеличилась соответственно в 4,7 и 1,2 раза за счет уменьшения по другим группам соответственно в 2,8, 6,7 и 8,0 раз.

Анализируя радиологическую ситуацию пашни Брянской области, необходимо отметить, что наиболее загрязнённые территории остались только на юго-западе области, именно там все еще сохраняется вероятность при возделывании сельскохозяйственных культур с плотностью загрязнения выше 555 кБк/м², получения продукции с содержанием ¹³⁷Cs выше действующих нормативов (Белоус и др., 2019; Панов и др., 2019; Фесенко и др., 2022).

Проведение защитных мероприятий, организационных (подбор культур, сортов и др.), агротехнических (обработка почвы, нормы высева) и главным образом агрохимических (применение средств химизации), по преодолению последствий аварии на ЧАЭС ведет к снижению перехода радионуклидов из почвы растениеводческую продукцию (Алексахин и др., 1994; Богдевич и др., 2006; Прудников, 2007; Белоус и др., 2009; Алексахин, Лунёв, 2011; Санжарова и др., 2016; Фесенко и др., 2023). Особая роль в защитных агрохимических

мероприятиях отводится применению калия, как антагониста основного дозообразующего радионуклида территории Брянской области ^{137}Cs (Прудников и др., 2006; Коренев, Воробьев, 2016).

В настоящее время плотность загрязнения ^{137}Cs почв пашни Брянской области снижается как по области в целом, так и по юго-западным районам, в основном за счет радиоактивного распада радионуклидов, в 2016 году прошел первый период полураспада ^{137}Cs , а также в меньшей степени за счет вертикальной и горизонтальной миграции и выноса с урожаем.

2.2 Почвенный покров пашни и его плодородие

По данным федерального агентства кадастра объектов недвижимости земельный фонд Брянской области на 1 января 2022 г. составлял 3485,7 тыс. га. По категориям земель он распределен следующим образом: земли сельскохозяйственного назначения общая площадь – 1977,9 тыс. га; населенных пунктов – 194,0 тыс. га; промышленности, транспорта, связи и иного назначения – 39,3 тыс. га; особо охраняемых территорий – 12,7 тыс. га; лесного фонда – 1208,8 тыс. га; водного фонда – 5,1 тыс. га; запаса – 47,9 тыс. га. На земли сельскохозяйственного назначения приходится 56,7 % от общей площади земельного фонда.

В структуре сельскохозяйственных угодий Брянской области преобладают земли под пашней, на которые приходится 63 %, которые могут быть увеличены за счет распашки залежи (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Структура сельскохозяйственных угодий Брянской области

Категория земель	Площадь / соотношение	
	тыс. га	%
Сельскохозяйственные угодья, всего	1719,0	100
из них:		
пашня	1086,7	63
залежи	113,2	7
многолетние насаждения	17,0	1
сенокосы	182,9	11
пастища	319,5	18

Территория Брянская область расположена в лесной зоне, преимущественно в подзоне широколиственных лесов, частично – в подзоне хвойно-широколиственных лесов (Почвенно-геологические условия..., 1984). Это предопределило преобладание дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава, меньшее распространение получили серые лесные почвы (табл. 2.7).

Таблица 2.7 – Состав почвенного покрова сельскохозяйственных угодий

Тип (подтип) почвы	Площадь / соотношение	
	тыс. га	%
Дерново-подзолистые	1037,1	60,3
песчаные	84,2	4,9
супесчаные	352,2	20,5
легкосуглинистые	578,3	33,6
эродированные	22,4	1,3
Серые лесные	362,6	21,1
Дерново-карбонатные	4,7	0,3
Дерново-глеевые	15,5	0,9
Пойменные дерновые и дерновые оглеенные	101,5	5,9
песчаные	6,9	0,4
супесчаные	25,8	1,5
легкосуглинистые	68,8	4,0
Пойменные иловато-торфяные	65,3	3,8
Болотные	61,8	3,6
Овражно-балочного комплекса	61,8	3,6
Другие	8,7	0,5
<i>Всего</i>	<i>1719,0</i>	<i>100</i>

Наиболее распространёнными по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почв – легкосуглинистые, на которые приходится 33,6 %, на супесчаные приходится 20,5%, а песчаные встречаются небольшими массивами. Дерново-подзолистые почвы области характеризуются низким естественным плодородием и неблагоприятными физико-химическими свойствами. Серые лесные почвы, обладают более высоким естественным плодородием в сравнении с дерново-подзолистыми, занимают наибольшие площади в юго-восточных районах области и по правобережью рек Десна и Судость (Антыков, 1958; Воробьев, 1993).

Один из основных критериев оценки плодородия почв – содержание в ней сложного химического комплекса органических веществ биогенного происхождения, около 90% которого составляет гумус. Он сосредотачивает в себе значительную часть питательных веществ, служит энергетическим источником для почвенных микроорганизмов, дополнительным источником углекислого газа для растений, обуславливает влагоёмкость, поглотительную способность и биологическую активность почвы, эффективность применения средств химизации продуктивность пашни (Белоус, 2000). За счет гумуса удовлетворяется около 60-70% потребности растений в азоте, 30-40% в фосфоре и 90% в сере.

При агрохимическом обследовании почв сельскохозяйственных угодий в 2021 г. установлено, что содержание органического вещества (гумуса) в почвах пашни в целом по региону составило 1,95 % (рис. 2.1).

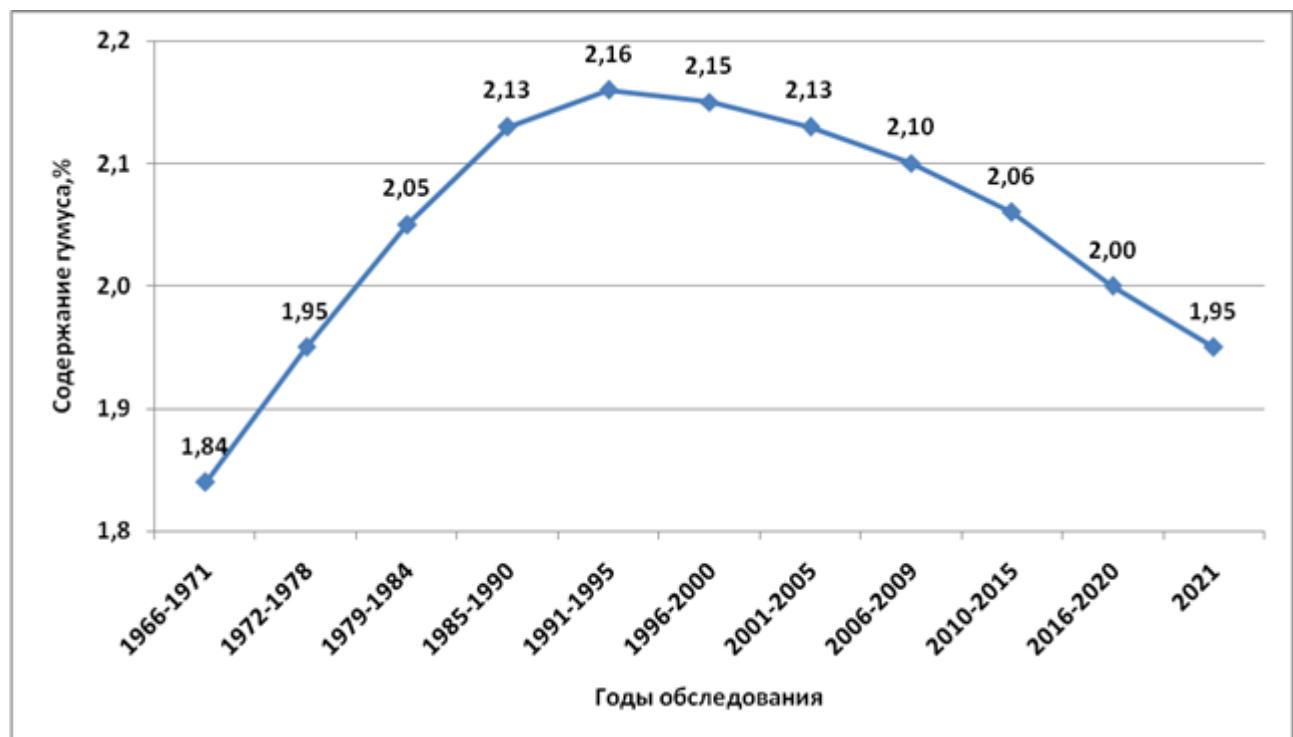


Рисунок 2.1 – Динамика содержания гумуса в почвах пашни Брянской области

Самая высокая величина этого показателя на 01.01.2022 год характерна для Карабинского (3,03 %), Комаричского (2,91 %) и Брянского (2,91 %) районов, на которых располагаются в основном серые лесные почвы, самая низкая – для Дятьковского (1,29 %) и Рогнединского (1,37 %) где почвенный покров в основ-

ном представлен дерново-подзолистыми почвами. При этом начиная с 1991-1995 годов в среднем по Брянской области наблюдается устойчивое уменьшение содержания гумуса с достигнутого в эти годы максимального уровня 2,16 %.

Почвенный покров Новозыбковского района в основном представлен дерново-подзолистыми почвами разного гранулометрического состава, средневзвешенное содержание гумуса 1,49 %, при этом 50 % площади почв пашни имеют очень низкое и низкое содержание гумуса.

В сложившихся условиях повышение плодородия почв должно базироваться на расширенном возврате органического вещества и макроэлементов на полях, где содержание гумуса и соответствующих веществ находится ниже оптимального уровня, а на остальной площади сельскохозяйственных угодий необходимо обеспечить бездефицитный баланс гумуса и элементов минерального питания.

В связи с этим резко возрастает роль органических удобрений не только как основного источника пополнения запасов гумуса в почвах, но и как дешевого и доступного источника элементов питания для сельскохозяйственных культур.

Важный фактор почвенного плодородия, сильно влияющий на формирование урожая сельскохозяйственных культур, – кислотность почвы. Общеизвестно, что в результате отрицательного баланса кальция увеличивается активная, обменная и гидролитическая кислотность пахотных почв. Наибольший интерес в практике проведения известкования представляет обменная кислотность, которая обусловлена присутствием обменных H-ионов и подвижных форм Al. Она представляет собой небольшую, но наиболее вредную часть почвенной кислотности (Прудников, Сезин, 2014).

На 01.01.2022 г. кислые почвы (рН 4,1-5,5) в Брянской области занимали 507,5 тыс. га, или 51 % обследованной пашни. При этом на долю сильнокислых почв приходится 85,3 тыс. га, или 9%. Количество кислых почв по районам колеблется от 18-30% в Злынковском, Карабевском, Погарском районах, до 60-88% в Почепском, Клетнянском, Комаричском, Навлинском, Стародубском, Суражском, Трубчевском, Рогнединском районах. Объяснить такие различия можно тем, что сильно и среднекислые почвы остались на тех полях, куда чаще всего проезд

техники и транспорта затруднен, а позднее созревание почв весной не оставляет «окна» для проведения работ по известкованию перед посевом.

Средневзвешенная кислотность почв пашни по состоянию на 01.01. 2022 г. составила 5,57 единиц, что значительно выше исходной (5,11) в 1970 году (рис. 2.2). Однако распределение величины этого показателя по районам неоднородно: в Дятьковском, Жирятинском, Клетнянском, Комаричском, Навлинском, Стародубском, Севском, Суражском, Новозыбковском, Погарском, Почепском, Суземском, Рогнединском она ниже средне областной и варьирует от 4,81 до 5,49.

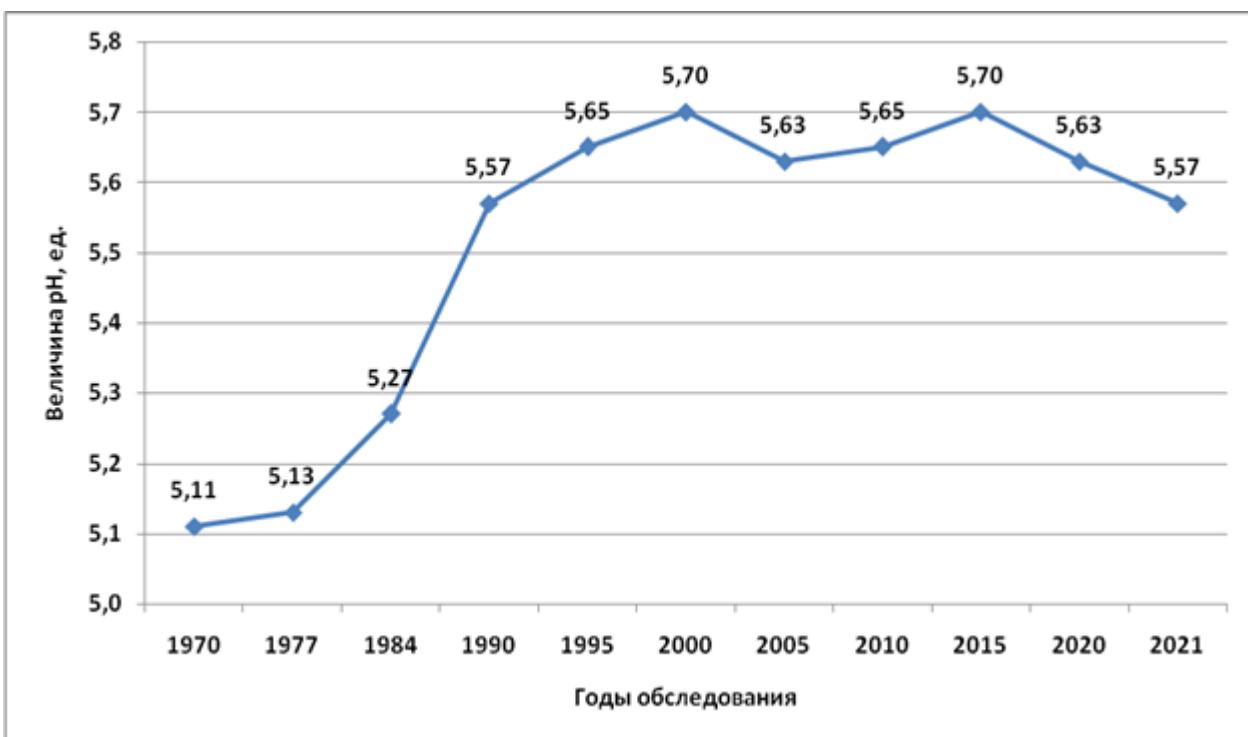


Рисунок 2.2 – Динамика изменения обменной кислотности почв пашни в Брянской области

Длительное (5-7 лет) многостороннее действие, в результате которого устраняется неблагоприятное влияние кислотности, оказывает известкование. За период с 1971 по 1990 г. его объемы в среднем по области достигали 140,0 тыс. га, к 2006-2010 гг. величина этого показателя сократилась до 5,1 тыс. га, а с 2011 г. внесение известковых материалов почти прекратилось и составило всего лишь 1,96 тыс. га. Безвозвратные потери кальция в 2015 г. составили в среднем – 434 кг/га. С 2016 по 2021 год среднегодовые объемы известкования достигли более 10 тыс. га.

Фосфор играет важную роль в жизни растений. Он входит в состав белковых веществ и участвует в процессах ассимиляции и диссимиляции (Прудников, Прудников, 2019). Почвы Брянской области в целом характеризуются высоким содержанием подвижного фосфора (табл. 2.8). Средневзвешенное его содержание по области составляет 211 мг/кг и колеблется от 139 мг/кг в Выгоничском до 289 мг/кг в Новозыбковском районах, при оптимальном содержании 200 мг/кг.

Таблица 2.8 – Распределение почв пашни Брянской области по содержанию подвижного фосфора (01.01.2022 г.)

Район	Распределение почв по содержанию подвижного фосфора, тыс. га / %						Средневзвешенное содержание, мг/кг
	очень низкое (< 25 мг/кг)	низкое (26-50 мг/кг)	среднее (51-100 мг/кг)	повышенное (101-150 мг/кг)	высокое (150-250 мг/кг)	очень высокое (> 250 мг/кг)	
Брасовский	-/-	0,6/1	5,0/10	6,7/13	16,5/33	21,5/43	252
Брянский	0,2/1	0,1/1	0,3/2	2,1/13	5,4/34	7,8/49	214
Выгоничский	0,1/-	3,3/9	17,2/46	6,8/18	5,9/15	4,4/12	139
Гордеевский	0,1/-	5,8/18	3,3/10	2,9/9	6,5/20	14,1/43	232
Дубровский	1,4/3	2,8/7	7,8/19	6,8/16	12,8/31	9,9/24	155
Дятьковский	-/-	0,7/5	0,5/4	2,0/15	4,2/31	6,1/45	251
Жирятинский	0,4/1	2,3/3	5,5/23	3,5/12	7,1/39	4,1/22	149
Жуковский	0,2/-	1,2/5	3,8/17	3,7/17	10,0/45	3,7/16	185
Злынковский	-/-	0,4/1	1,0/4	2,6/10	9,6/39	11,3/46	219
Карабинский	0,1/1	0,2/1	2,4/5	4,9/12	15,4/38	17,5/43	216
Клетнянский	0,1/-	4,8/16	8,2/26	5,7/18	6,2/20	6,2/20	164
Климовский	0,2/-	3,1/5	9,3/13	9,5/14	19,5/29	26,4/39	228
Клинцовский	-/-	0,8/2	4,3/10	3,5/8	9,4/22	25,3/58	268
Комаричский	-/-	-/-	1,1/4	3,9/16	9,4/36	11,6/44	256
Красногорский	0,1/-	8,0/21	10,0/26	7,5/19	7,4/19	5,7/15	140
Мглинский	-/-	4,4/14	5,8/19	4,4/14	7,3/24	9,0/29	198
Навлинский	0,1/-	2,2/6	3,7/11	3,9/11	12,5/34	13,9/38	236
Новозыбковский	-/-	0,8/2	2,0/5	3,9/10	8,8/23	23,2/60	289
Погарский	0,3/1	3,2/6	7,7/14	11,9/21	22,8/41	9,7/17	165
Почепский	-/-	0,2/1	1,7/11	1,6/10	3,4/21	9,3/57	286
Рогнединский	0,1/-	4,2/13	8,3/24	6,5/19	8,7/26	6,0/18	169
Севский	0,6/1	3,3/5	10,5/16	11,2/18	25,4/40	12,3/20	168
Стародубский	0,1/-	1,5/2	9,1/10	12,6/15	27,5/32	35,4/41	242
Суземский	-/-	2,1/8	4,4/16	4,9/17	8,1/29	8,3/30	207
Суражский	0,1/-	10,6/29	6,1/17	5,3/15	5,8/16	8,3/23	159
Трубчевский	-/-	-/-	1,4/5	4,5/16	8,1/28	14,7/51	283
Унечский	-/-	1,5/4	3,4/9	4,5/12	9,0/26	18,1/49	254
По области	4,2/-	67,8/7	143,8/15	147,3/15	292,7/29	343,8/34	211

Почвы с пониженным содержанием (ниже 100 мг/кг фосфора) занимают площадь 215,8 тыс. га, или 22% пашни. Наибольшая доля площадей пахотных почв с таким содержанием подвижного фосфора характерна для Суражского, Красногорского и Выгоничского районов.

Доля почв с пониженным содержанием подвижного фосфора в целом по области снизилась с 73 % в 1971 г. до 22% в 2021 г.

Один из эффективных приемов, обеспечивающих одновременно снижение кислотности почв и повышение содержания подвижного фосфора – фосфоритование. В 1985-1990 гг. его проводили на площади более 110 тыс. га в год. После 1991 г. фосфоритование почв Брянской области резко сократилось, а в последние 2 года его не проводилось вообще.

Роль калия в земледелии очень велика. Фундаментальные, физиологобиохимические и экологические исследования не только подтверждают известные, но и открывают новые функции этого элемента: он усиливает процесс фотосинтеза, ассимиляцию CO_2 ; способствует более усиленному накоплению ассимиляントов в запасных органах растений; улучшает выполнимость зерна злаковых культур; повышает эффективность азота при выращивании культурных растений, способствует более эффективному использованию воды, снижает поступление в растение радионуклидов и др. (Прудников, 2006; Леонова, Прудников, 2014; Чекмарев, Прудников, 2016).

Для Брянской области актуальность калийного питания растений обусловлена прежде всего тем, что больше половины пашни расположено на почвах легкосуглинистых, супесчаных и песчаных разновидностей с низкими естественными запасами этого элемента, на которых отмечается высокий эффект от применения калийного удобрения.

Пахотные земли Брянской области на площади 711,1 тыс. га, или 71% отличаются пониженным содержанием подвижного калия, менее 120 мг/кг. При этом доля почв с пониженным содержанием подвижного калия в целом по области увеличилась с 66% в 2011 до 71% в 2021 году. При этом четко прослеживается

связь деградации пахотных почв по содержанию подвижного калия с количеством применяемых калийных удобрений.

При агрохимическом обследовании почв сельскохозяйственных угодий в 2021 г. установлено, что содержание подвижного калия в почвах пашни в целом по региону составило 102 мг/кг. С начала проведения мониторинга 1970 года, когда средневзвешенное содержание подвижного калия было на уровне 74,2 мг/кг, росло до 1995 года с максимумом 134,9 мг/кг, что связано с внесением высоких доз калийного удобрения, в местах подвергшихся радиоактивному загрязнению пашни, далее идет снижение содержания подвижного калия с выходом на плато в 2005 году, когда содержание было 106,6 мг/кг (рис. 2.3).

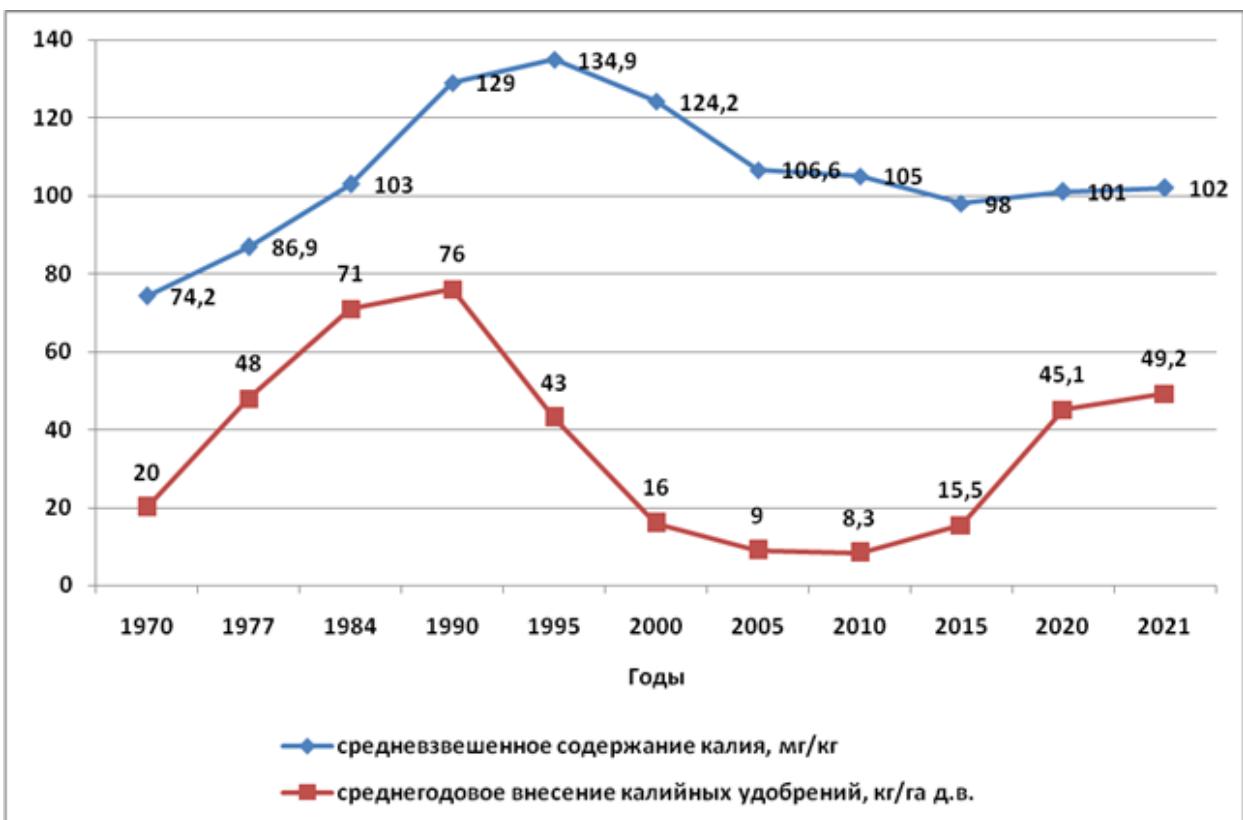


Рисунок 2.3 – Динамика внесения калийных удобрений и средневзвешенного содержания подвижного калия в почвах пахотных угодий.

Почвенный покров Брянской области представлен в основном почвами с низким естественным плодородием, которые без проведения мероприятий по повышению почвенного плодородия не позволяют в полной мере реализовать потенциал урожайности клубней картофеля, особенно данная проблема актуальна для дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв юго-запада Брянской области.

2.3 Место, методика и методы исследования

Исследования по совершенствованию системы удобрения при возделывании картофеля на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почвах проводили в первый период полураспада ^{137}Cs , выпавшего в результате аварии на ЧАЭС в 1986 году, в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги, белорусской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных почв и низинных болот (Природное районирование..., 1975).

Экспериментальные исследований проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве в период с 2020 по 2022 год на полях ООО ФХ «Пуцко» Новозыбковского района Брянской области.

Агрохимические свойства почв картофельного поля в зависимости от года исследования представлены в таблице 2.9, если говорить почвенном плодородии в целом (комплексно), то почвенные условия при возделывании картофеля в 2022 году были наилучшими. Возделывание картофеля в 2021 году обусловлено наименьшим 0,76 показатель почвенного плодородия, при этом почвы хорошо обеспечены гумусом и кислотность была нейтральной.

Таблица 2.9 – Средние показатели основных агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы картофельного поля

Год	pH _{KCl} , ед.	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Гумус, %	Показатель почвенного плодородия, ед.
2020	5,6	263	216	1,68	0,97
2021	5,1	66	134	2,18	0,76
2022	5,9	468	215	1,40	1,12

Морфологическое строение дерново-подзолистой супесчаной почвы было типичным для региона исследований (Воробьев, 1993).

Плотность загрязнения ^{137}Cs территории проведения эксперимента изменялась в зависимости от года, картофель возделывался в условиях 2020 и 2021 году при плотности загрязнения ^{137}Cs соответственно 283,0 и 418,3 кБк/м², данная тер-

ритория относится к группе 185-555 кБк/м², в 2022 году территория эксперимента относилась к группе 37-185 кБк/м², плотность загрязнения ¹³⁷Cs – 111,0 кБк/м².

Плотность загрязнения ¹³⁷Cs территории хозяйства, на территории которого проводили полевые опыты, представлена на рисунке 2.4.

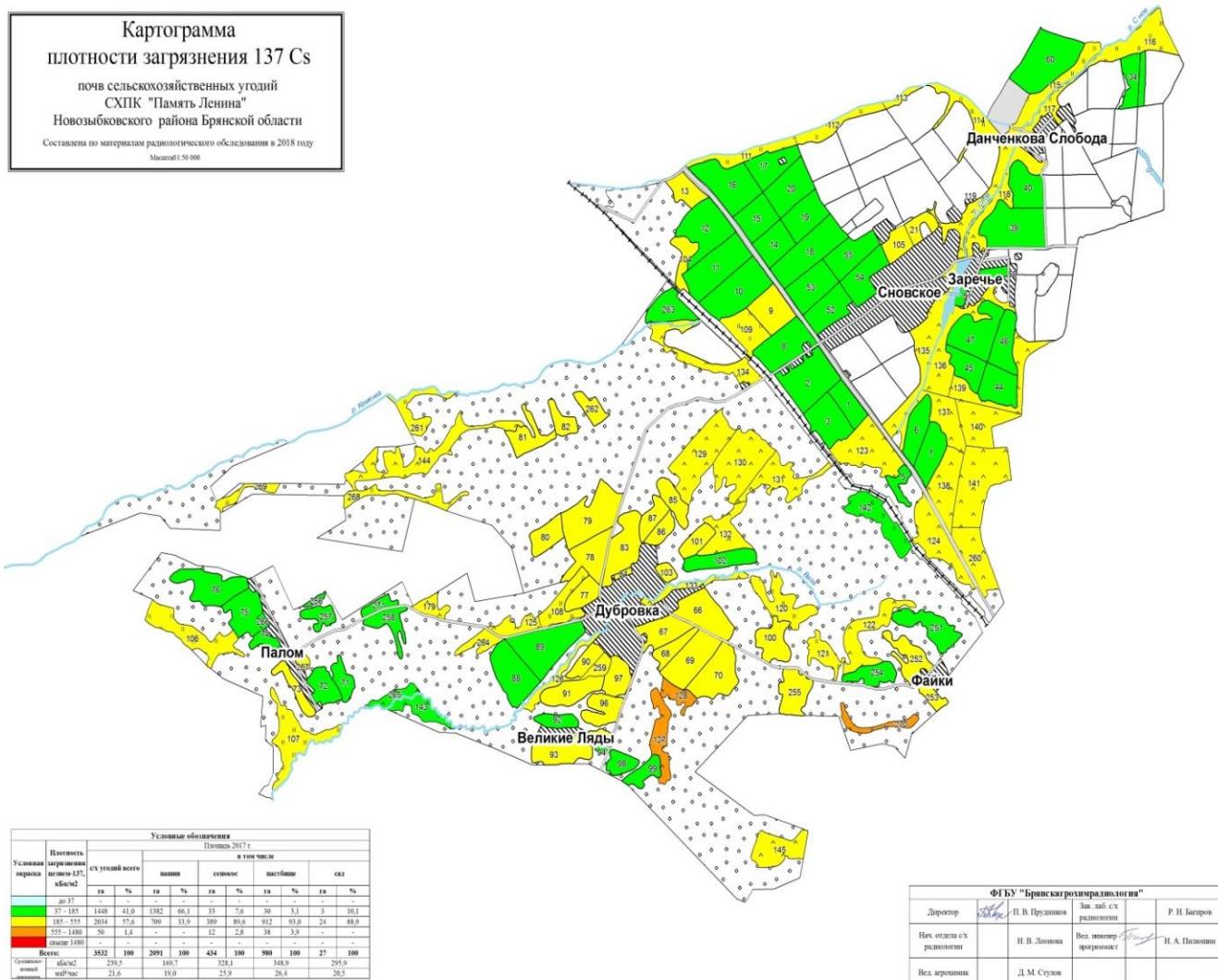


Рисунок 2.4 – Картограмма плотности загрязнения ¹³⁷Cs территории хозяйства

Объект исследования – элементы системы удобрения картофеля (гранулированная удобрительная смесь Боркалимагнезия, смесь ФосАгро, Гумитон), схема опыта представлена на рисунке 2.5.

Эксперимент проводили в севообороте, предшественником картофеля была озимая пшеница. Возделывали картофель сорта Леди Клер, агротехника и система защиты растения типичная для региона, посадку проводили в первой декаде мая, уборку урожая проводили в последней декаде августа.

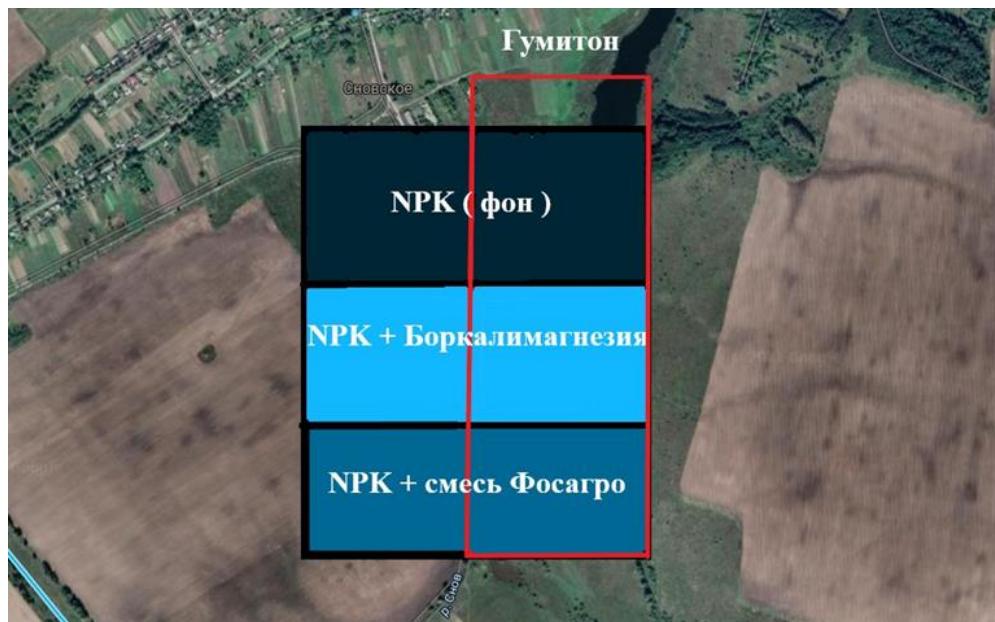


Рисунок 2.5 – Схема эксперимента на опытном участке

Повторность опыта трехкратная. Расположение делянок систематическое.

Эксперимент включал следующие варианты применения средств химизации:

1. Контроль, N10P40K120 (фон – система удобрения хозяйства);
- 2 N10P40K120 + Гумитон (1 л/га в фазу бутонизации); 3 N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3;
4. N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон (1 л/га);
5. N10P40K120 + N40P100K150; 6. N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон (1 л/га).

Фоном служила система удобрения в хозяйстве, калий хлористый – 200 кг/га ф.в. с осени; аммофос – 80 кг/га ф.в.

Гранулированная удобрительная смесь Боркалимагнезия – это удобрение, которое содержит в себе бор, калий и магний, применяется для повышения плодородия почвы, улучшения роста растений и увеличения урожайности. Действующее вещество: CaO – 14 %; Mg – 12 %; K₂O – 14 %; B – 0,25 %.

Азотно-фосфорно-калийное удобрение марки NPK 8:20:30, производитель ООО «ФосАгр», комплексное, твердое, сложное, гранулированное азотно-фосфорно-калийное удобрение.

Гумитон – органо-минеральное комплексное удобрение, которое содержит в качестве гуматсодержащих веществ торф, минеральные компоненты и питательные микроэлементы, причем в состав комплекса вводят азотно-аммиачную со-

ставляющую в виде мочевины и воду, обработанную УФ-излучениеморгано-минеральный препарат, производитель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии (Пат. 2490241 RU C1 CO5F 11/02 (2006.01). Гумитон позволяет повысить эффективность действия комплексного удобрения в повышении урожайности сельскохозяйственных культур за счёт использования в удобрении высокого и сбалансированного содержания быстрорастворимых гуматов калия и элементов минерального питания (Свириденко и др., 2024).

Лабораторно-аналитические исследования растительных и почвенных образцов проводили в соответствии гостированными методиками в соответствующих лабораториях Брянского филиала ФГБУ «РосАгроХимСлужба».

Полученные экспериментальные данные проходили статистическую обработку с использованием вариационного, корреляционного и дисперсионного анализов (Доспехов, 1985) с использованием персонального компьютера и программ Excel 7.0 и Straz.

Динамику адаптивные особенности посадок картофеля в зависимости от применения средств химизации по годам исследования рассчитывали на основе следующих методических указаний (Корзун, Бруйло, 2011).

Экономическая эффективность систем удобрения, при возделывании картофеля, рассчитывалась на основе типовых технологических карт.

ГЛАВА 3 СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Российская Федерация на протяжении длительного периода времени остается одним из лидеров производства картофеля в мире, занимая шестое место по возделываемым площадям (1,1 млн. га) и седьмое по валовому сбору (19,3 млн. т). Вместе с тем средняя урожайность картофеля в России пока остается ниже среднемирового уровня. По объему производства в России картофель занимает второе место после зерновых культур и имеет стратегическое значение для продовольственной безопасности страны (Жевора, 2025).

За период реализации Госпрограммы развития сельского хозяйства показатели, характеризующие продовольственную безопасность в сфере потребления картофеля, снизились и находятся на уровне ниже нормативного. Уровень самообеспечения населения картофелем снизился с 96,4% до 89,1% при пороговом значении 95%, экономическая доступность – с 104,4% до 93,3% при пороговом значении 100%, а его потребление на душу населения в год – с 94 до 84 кг при рациональной норме питания 90 кг. Указанная проблема возникла в результате спада производства картофеля с 24,0 млн. до 18,3 млн. т и при росте его импорта с 763 тыс. до 1016 тыс. т. Сокращение валового сбора картофеля в России обусловлено резким спадом его производства в хозяйствах населения, хотя они по-прежнему остаются основными производителями (63,9%). Для достижения пороговых значений показателей продовольственной безопасности необходимо производство картофеля довести до 21,7 млн. т, или по сравнению с достигнутым уровнем увеличить на 18,6% (Минаков, 2023).

Поэтому создание эффективных систем удобрения картофеля обеспечивающих повышение урожайности клубней картофеля весьма актуальная народно хозяйственная задача.

3.1 Урожайность клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания

Биологические особенности картофеля сорта Леди Клер, агроклиматические ресурсы, плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы и система удобрения, в норме минерального удобрения N10P40K120, применяемая в хозяйстве при его возделывании, в период исследований обеспечивает среднюю урожайность клубней картофеля на уровне 25,1 т/га (рис. 3.1).

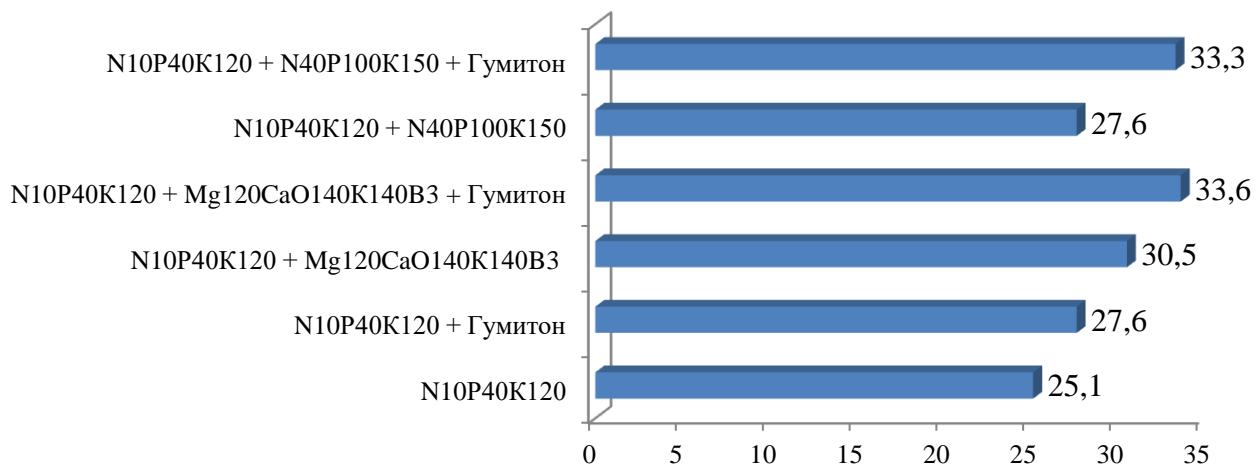


Рисунок 3.1 – Урожайность клубней картофеля под действием средств химизации, т/га ($HCP_{05} = 3,4$)

Применение биологического препарата Гумитон в системе удобрения картофеля (контроль), применяемой в хозяйстве при его возделывании, в период исследований обуславливает тренд повышения урожайности до 27,6 т/га клубней.

В работах многих ученых отмечено положительное действие биопрепаратов при возделывании картофеля.

В работе Э. В. Засориной и Е. И. Комарицкой (2023) показана высокая результативность в повышении урожайности картофеля при применении биогумуса в системе удобрения картофеля в условиях Центрального Черноземья.

В работе Х. Т. Дзедаева с соавторами (2022) установлено, что применение биопрепаратов положительно действовало на биометрические показатели изучаемых

мых сортов картофеля, наиболее высокая урожайность 29,4 т/га отмечена при комплексном применении Альбита и Бактофита на сорте Горский 17, что выше на 8,6 т/га стандартного сорта.

В условиях муссонного климата Сахалинской области применение биопрепараторов увеличивали сопротивляемость растений к возбудителям фитофтороза и ризоктониоза, при обработках картофеля Трихоцином повышалась урожайность на 3,5 т/га среднераннего сорта Зекура (Булдаков, Плеханова, 2020).

Использование гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия в системе удобрения картофеля (контроль) достоверно повышают урожайность до 30,5 т/га в сравнении с контролем, в тоже время использование смеси ФосАгро в системе удобрения картофеля (контроль), применяемой в хозяйстве при его возделывании, в период исследований обуславливает тренд повышения урожайности до 27,6 т/га клубней.

Использование известковых материалов, магнийсодержащих удобрений и бора, по мнению многих исследователей, повышает урожайность клубней картофеля.

В условиях дерново-подзолистой кислой почвы центра России показана высокая эффективность магнийсодержащего агрохимиката АгроМаг гранулированный и некорневого опрыскивания АгроМаг АктиМакс на урожайность картофеля. Комплексное применение магнийсодержащих удобрений в наибольших дозах обеспечило максимальную урожайность картофеля 57,2 т/га, что на 55% выше в сравнении с вариантом расчетной дозы NPK (фон) (Жевора и др., 2022).

В работе С. Х. Дзанагова с соавторами (2024) в условиях лесолуговой зоны при возделывании картофеля достаточно эффективным является известкование кислых дерново-глеевых почв, за счет известкования почвы урожайность картофеля возрастала на 1,7 т/га.

В условиях Рязанской области внесение известкового мелиоранта способствовало значительному улучшению кислотно-основных свойств слабокислой дерново-подзолистой почвы и в последствии известкования почвы значимо

увеличивало прибавки урожая клубней картофеля до 5,8 т/га к минеральному фону (Аканова и др., 2023).

В условиях лесостепной зоны Челябинской области применение органоминеральное удобрение Агрис марки Форсаж, содержащие в своём составе бор, обеспечивало повышение урожайности картофеля сорта Амулет на 2,75, Захар – на 2,31, Каштак – на 3,51 т/га по сравнению с контролем (Гордеев и др., 2023).

В работе А. Я. Барчуковой с соавторами (2023) показано, что применение микроэлементов (бор, молибден, цинк) существенно повышает эффективность возделывания картофеля.

В условиях дерново-среднеподзолистой почвы внекорневая подкормка боросодержащим комплексонатом на основе этилендиаминдинкарбоновой кислоты повышает урожайность картофеля до 5,9 т/га. С учётом малого количества расходуемого для обработки боратного комплекса на основе ЭДДЯК, его экологической безопасности данный препарат эффективно использовать в качестве нового борного микроудобрения (Петрова и др., 2019).

Применение биопрепарата Гумитон совместно с Боркалимагнезия и смесью ФосАгроВ в системе удобрения картофеля (контроль), применяемой в хозяйстве при его возделывании, обуславливают достоверное повышение соответственно до 33,6 и 33,3 т/га (рис. 3.1).

Таким образом, установили значимый эффект от применения Боркалимагнезия, как совместно с биопрепаратором Гумитон, так и без него, в повышении урожайности клубней картофеля в условиях низкоплодородных дерново-подзолистых супесчаных почв.

Расчет эффективности применения минерального удобрения отражает уровень химизации земледелия в области и сбалансированность вносимых питательных элементов. Эффективность системы удобрения в среднем за годы исследования оценивали на основе показателя окупаемости основных элементов питания прибавкой урожая картофеля (табл. 3.1).

Эффективность систем удобрения зависела от видов, доз и сочетаний удобрения. Система удобрения картофеля на основе нормы внесения N10P40K120 с

добавлением Mg120CaO140K140B3 обеспечивает прибавку урожая – 5,4 т/га клубней картофеля, а совместное использование N10P40K120 + N40P100K150 даёт прибавку – 2,5 т/га, что обуславливает окупаемость исследуемых средств химизации соответственно на уровне 38,6 и 8,6 кг на кг д.в. NPK.

Таблица 3.1 – Окупаемость NPK прибавкой урожая клубней картофеля

Система удобрения	Прибавка, т/га		Окупаемость, кг/ кг д.в.	
	минеральное удобрение	Гумитон	минеральное удобрение	Гумитон
N10P40K120	–	2,5	–	–
N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3	5,4	8,5	38,6	60,7
N10P40K120 + N40P100K150	2,5	8,2	8,6	28,3

Использование биологического препарата Гумитон соответственно повышает прибавки урожая от исследуемых средств химизации Mg120CaO140K140B3 и N40P100K150 на фоне системы удобрения применяемой в хозяйстве до 8,5 и 8,2 т/га и обуславливает окупаемость исследуемых средств химизации соответственно на уровне 60,7 и 28,3 кг на кг д.в. NPK.

Таким образом, в условиях низкоплодородных дерново-подзолистых супесчаных почв рекомендуем применять совместно с системой удобрения хозяйства гранулированную удобрительную смесь Боркалимагнезия с биопрепаратором Гумитон, обеспечивающие прибавку урожай клубней до 8,5 т/га в среднем за годы исследования, с окупаемостью NPK 60,7 кг прибавки урожая клубней картофеля на 1 кг д. в. внесенного полного минерального удобрения в норме Mg120CaO140K140B3.

3.2 Средства химизации в реализации потенциала урожайности картофеля

Картофелеводство, является одной из основных отраслей растениеводства, обеспечивающее продовольственную безопасность страны (Жевора, 2025).

В Центральном Нечерноземье, куда входит Брянская область, есть все возможности: обширные земельные ресурсы, климатические и почвенные условия необходимые для формирования стабильно высоких урожаев клубней картофеля.

В исследованиях ряда авторов (Байкалова, Серебренников, 2020; Васильев и др., 2020; Серебренников, 2020; Логинов и др., 2020; Мамеев, Ториков, 2020; Молявко и др., 2022) проводится анализ роли сортов зерновых культур и картофеля в адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и возможности сорта давать урожай продукции растениеводства даже в экстремальных условиях. В других работах (Белоус и др., 2023; Малавко и др., 2023; Шаповалов, Смольский, 2023) определена роль применения минерального удобрения в адаптации полевых культур при возделывании к изменяющимся факторам среды. Получены данные о реализации потенциала урожайности исследуемых культур подтверждает возможность использования данных методик для экологической оценки влияния средств химизации при возделывании картофеля.

Разнообразие условий увлажнения и температуры вегетационного периода за годы проведения полевого опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях юго-запада Брянской области обеспечивают объективную оценку динамики показателя урожайности клубней картофеля от изменяющихся условий окружающей среды, как абиотических, так и антропогенных.

Индекс условий среды, как показатель, обеспечивающий максимальную урожайность клубней, за счет создания наиболее благоприятных условий для роста и развития растений картофеля, по годам проведения исследования колебался от -4,50 до 4,05. Наиболее благоприятные условия возделывания картофеля при применении средств химизации наблюдали в 2022 году, в 2021 году определили худшие условия окружающей среды, когда наблюдалась в один из месяцев вегетации средняя температура воздух +25 градусов Цельсия, при которой прекращается клубнеобразование. А также в этот год наблюдали высокое количество осадков, а картофель растение аэрируемых почв (табл. 3.2).

Реализация потенциала урожайности клубней картофеля обеспечивается не только агроклиматическими ресурсами территории эксперимента, но и применением средств химизации (антропогенным фактором). Коэффициент адаптации (K_A) показывает возможность территории в обеспечении наибольшей урожайно-

сти, поэтому, чем K_A , тем больше урожайность клубней картофеля в конкретных условиях возделывания культуры.

Таблица 3.2 – Потенциал урожайности картофеля при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве юго-запада Брянской области в период исследований

Система удобрения	Урожайность, т/га			K_A , ед.	V, %
	2020 г.	2021 г.	2022 г.		
Контроль – N10P40K120 (фон)	26,4	19,0	30,0	0,85	22,3
Фон + Гумитон	29,5	20,8	32,5	0,93	22,0
Фон + Mg120CaO140K140B3	30,8	27,2	33,6	1,03	10,5
Фон + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон	32,7	32,0	36,0	1,13	6,4
Фон + N40P100K150	28,6	21,7	32,4	0,93	19,7
Фон + N40P100K150 + Гумитон	32,4	30,0	37,5	1,12	11,5
<i>Индекс среды I_j</i>	0,45	-4,50	4,05	–	–

В условиях вегетационных периодов 2020-2022 годов исследования внесение минерального удобрения в норме N10P40K120 обеспечивает наименьший 0,85 коэффициент адаптации картофеля, применение биопрепарата Гумитон к минеральному удобрению при возделывании картофеля повышает K_A до 0,93.

Используя средства химизации, мы улучшаем условия произрастания картофеля, что ведет к повышению урожайности клубней, применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия по фону N10P40K120 обеспечивает повышения коэффициент адаптации до 1,03, при этом использования N40P100K150 по аналогичному фону повышает K_A до 0,93. Применение Гумитона обуславливает наибольший коэффициент адаптации 1,12-1,13, при применении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и удобрения N40P100K150 (табл. 3.2).

Изменчивость показателя урожайности клубней картофеля по годам исследования определяли через коэффициент вариации (V), отношение стандартного отклонения к средней арифметической совокупности величин, выраженное в процентах. Изменчивость – незначительная, если $V < 10 \%$, средняя, если $10 \% < V < 20 \%$ и значительная, если $V > 20 \%$ (Доспехов, 1985).

Изменчивость показателя урожайности под действием изменяющихся условий окружающей среды обусловлена уровнем химизации при возделывании кар-

тофеля, выявили значительную изменчивость 22,0-22,3 % урожайности клубней от изменяющихся условий при применении системы удобрения картофеля используемую в хозяйстве. Применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия или смеси ФосАгро совместно с системой удобрения картофеля в хозяйстве снижали изменчивость показателя урожайности клубней картофеля, от изменяющихся условий среды, до средней 10,5-19,7 %.

Установили, что использование в системе удобрения биопрепарата Гумитон, положительно оказывается на изменчивости показателя урожайности, на варианте применение N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон обнаружили незначительную 6,4 % изменчивость урожайность под действием изменяющихся условий окружающей среды (табл. 3.2).

Таким образом, наши исследования доказывают, что антропогенный фактор, один из ведущих в повышении урожайности картофеля, применение средств химизации дают возможность сглаживать негативное воздействие факторов окружающей среды и получать стабильные урожаи клубней даже в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды.

Разрыв между минимальной и максимальной величиной урожайности клубней картофеля в изменяющихся условиях среды показывает стрессоустойчивость картофельного поля, чем ближе она к нулю, тем выше стрессоустойчивость посадок картофеля.

Наибольший показатель стрессоустойчивости –11,0…–11,7 посадок картофеля выявили при возделывании культуры с применением системы удобрения предусмотренной в хозяйстве, N10P40K120, что говорит о самой низкой стрессоустойчивости посадок картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды (табл. 3.3). Применение смеси минерального удобрения ФосАгро с минеральным удобрением N10P40K120 при возделывании картофеля в хозяйстве наблюдали снижение показателя стрессоустойчивости –7,5…–10,5, применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия по фону N10P40K120 обуславливает наименьший показатель стрессоустойчивости –4,0…–6,4, при котором посадки картофеля обладали наибольшей стрессоустойчивостью к изменяющимся

условиям окружающей среды. Обнаружили тенденцию к повышению стрессоустойчивости при использовании биопрепарата Гумитон в сравнении с вариантами без его применения.

Таблица 3.3 – Средства химизации в адаптации картофеля к условиям дерново-подзолистых супесчаных почв юго-запада Брянской области

Система удобрения	Стрессоустойчивость	Компенсаторная способность	Размах урожайности	Экологическая plasticность	Экологическая стабильность
Контроль – N10P40K120 (фон – система удобрения хозяйства)	-11,0	24,5	36,7	1,30	0,70
Фон + Гумитон	-11,7	26,7	36,0	1,39	2,45
Фон + Mg120CaO140K140B3	-6,4	30,4	11,7	0,75	0,01
Фон + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон	-4,0	34,0	2,1	0,45	1,73
Фон + N40P100K150	-10,7	27,1	24,1	1,26	0,33
Фон + N40P100K150 + Гумитон	-7,5	33,8	20,0	0,85	2,49

Компенсаторная способность посадок картофеля это средняя урожайность клубней картофеля в экстремальных условиях окружающей среды, чем выше она, тем выше степень соответствия факторов среды и возделываемой культуры.

Наименьшая средняя урожайность 24,5 т/га в наилучший 2022 и наихудший 2021 годы по агроклиматическим условиям обусловлена применением минерального удобрения в норме N10P40K120, использования смеси ФосАгро по фону N10P40K120 повышает данный показатель до 27,1, а внесение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия – до 30,4 т/га. Наибольшая компенсаторная 33,8-34,0 способность посадок картофеля формируется при использовании Гумитона в системе удобрения картофеля. Установили тенденцию к повышению компенсаторной способности посадок картофеля при использовании биопрепарата Гумитон в сравнении с вариантами без его применения (табл. 3.3).

Размах урожайности – разница величин максимальной и минимальной урожайности к максимуму, выраженная в процентах, чем ниже показатель, тем ста-

бильнее урожайность картофельного поля в экстремальных условиях территории исследования.

Наибольший показатель размаха урожайности 36,0-36,7 характерен для условий возделывания картофеля при применении системы удобрения используемой в хозяйстве с добавлением биопрепарата Гумитон и без него, данные условия обеспечивают наименьшую стабильность в получении урожая клубней картофеля.

Наименьший показатель размаха урожайности 2,1-11,7 характерен для условий возделывания картофеля при применении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия по фону N10P40K120 с добавлением биопрепарата Гумитон и без него, данные условия обеспечивают наибольшую стабильность в получении урожая клубней картофеля.

Использование биопрепарата Гумитон обуславливает тренд к повышению стабильности урожайности клубней картофеля, при этом действие биопрепарата Гумитон зависит от применяемых средств химизации, так при применении с гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия стабильность урожайности повышалась в 5 раз, а при использовании со смесью ФосАгро в 1,2 раза сравнении с вариантами без его применения (табл. 3.3).

Экологическая стабильность агроценоза – устойчивость к лимитирующему продуктивность условиям окружающей среды и способность в любых условиях давать стабильную, но не очень высокую урожайность, чем меньше отклонения фактической урожайности от теоретических, тем стабильнее агроценоз.

Определили, что в ряду применение средств химизации N10P40K120, N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 происходит повышение экологической стабильности агроценоза картофеля, соответственно показатель равен 0,70, 0,33 и 0,01.

Отзывчивость картофельного поля повышением урожайности клубней на изменение условий окружающей среды проявляется через коэффициент экологической пластиичности, если он больше 1, то агроценоз обладает высокой отзывчивостью, если меньше 1, то реагирует слабее на изменение условий среды, если ра-

вен 1, то имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий окружающей среды.

При применении N10P40K120 + Гумитон агроценоз картофеля наиболее отзывчив на изменяющиеся почвенно-климатических условия годов исследования, коэффициент экологической пластиичности равен 1,39. Наименее отзывчив агроценоз картофеля на изменяющиеся условия окружающей среды при использовании N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон, коэффициент экологической пластиичности равен 0,45.

Наиболее благоприятно создание таких почвенно-климатических условий использования картофельного поля, когда экологическая пластиичность больше 1, а экологическая стабильность стремиться к 0, при этом агроценоз отзывчив на улучшения условий окружающей среды и характеризуются стабильной урожайностью. Условия, когда показатели экологическая пластиичность и экологическая стабильность высокие – менее ценные, так как тогда высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожайности, а когда экологическая пластиичность меньше 1 и экологическая стабильность близко к 0, то агроценоз слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности.

При применении N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 агроценоз в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв юго-запада Брянской области слабо реагирует на улучшение условий окружающей среды, но продуцирует достаточно высокую стабильную урожайность (табл. 3.3).

Нами установлено, что применением различных средств химизации при возделывании картофеля, возможно, нивелировать негативные условия постоянно изменяющейся окружающей среды и получать стабильно высокие урожаи клубней.

Проведя анализ возможности реализации продуктивного потенциала картофельного поля по критерию «урожайности» при различном уровне применения средств химизации в условиях низкоплодородных почв юго-запада Брянской области установили, что при ведении картофелеводства возможно управление потенциалом продуктивности агроценоза посредством применения различных доз и сочетаний элементов питания в удобрении даже при экстремальных условиях среды.

ГЛАВА 4 СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

В настоящее время человечество обращает больше внимание на то чем питается особенно в обстановке экологических кризисов и рисков, поэтому сбалансированное здоровое питание основа здоровья и благополучия общества. Большой интерес вызывает развитие производство продуктов питания функционального и специализированного назначения, расширению пищевой базы. Клубни картофеля представляет интерес, так как содержит незаменимые аминокислоты, крахмал, протеин, золу, клетчатки, витамины, макроэлементы, а в условиях радиоактивного загрязнения территории ещё и радионуклиды.

Разработка современных систем удобрения или совершенствование применяемых в хозяйствах при производстве клубней картофеля с внедрением биологических препаратов и универсальных средств химизации в условиях радиоактивного загрязнения территории весьма актуально в аспекте изучения содержания основных биохимических показателей клубней картофеля (крахмал, зола, протеин, клетчатка), элементного состава клубней и накопление в них ^{137}Cs .

4.1 Биохимические показатели качества клубней картофеля

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения при возделывании картофеля, применяемая в хозяйстве обуславливают производство клубней с содержанием сухого вещества от 19,4 до 20,0 % в зависимости от года исследования (рис. 4.1). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначи-

тельно влияли на изменчивость показателя содержания сухого вещества в клубнях, коэффициент вариации 1,5 %.

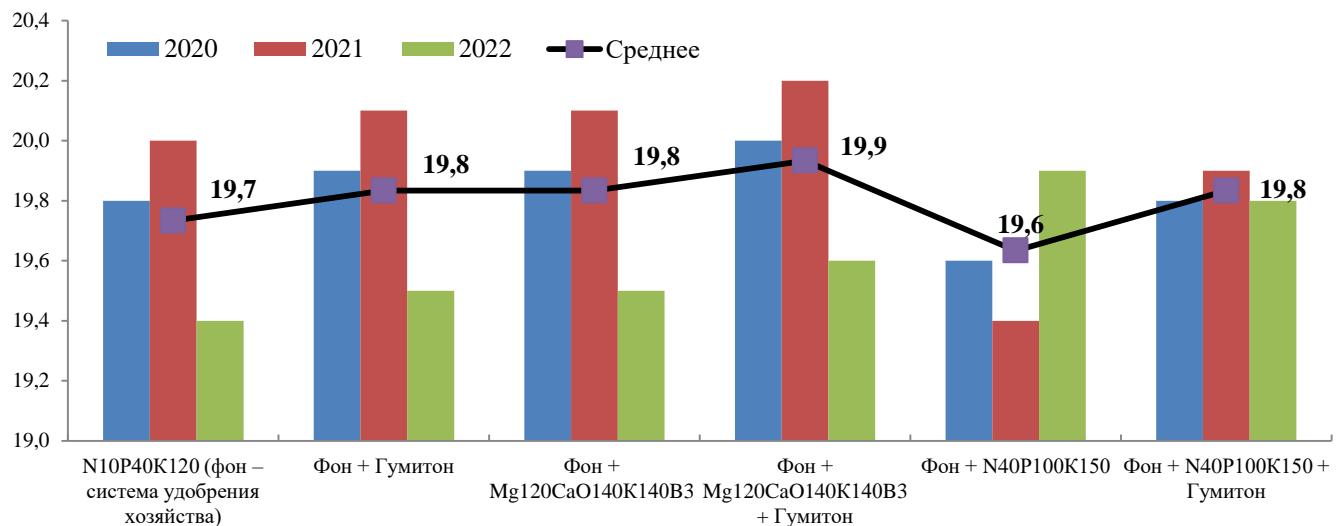


Рисунок 4.1 – Содержание сухого вещества в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания сухого вещества в клубнях, коэффициент вариации 0,7-1,4% в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 20,2 % сухого вещества в клубнях картофеля обнаружили в 2021 году при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон.

Условия окружающей среды при возделывании картофеля влияют на количественные и качественные показатели в конкретный год производства клубней, поэтому средняя величина того или иного показателя охватывает весь набор условий (климатических, почвенных) годов исследования и отражает возможности культуры к изменению качества клубней под действием совершенствования системы удобрения на юго-западе Брянской области.

Среднее содержание сухого вещества в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 19,7 % (рис. 4.1).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно повышало среднее содержание сухого вещества в клубнях до 19,9 %, при этом выявили тренд к увеличению показателя, достоверной разницы в изменении содержания сухого вещества не обнаружили ($HCP_{05} = 0,4$, прил. Б).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения при возделывании картофеля, применяемая в хозяйстве обуславливают производство клубней с содержанием крахмала от 12,4 до 14,6 % в зависимости от года исследования (рис. 4.2). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания крахмала в клубнях, коэффициент вариации 8,8 %.

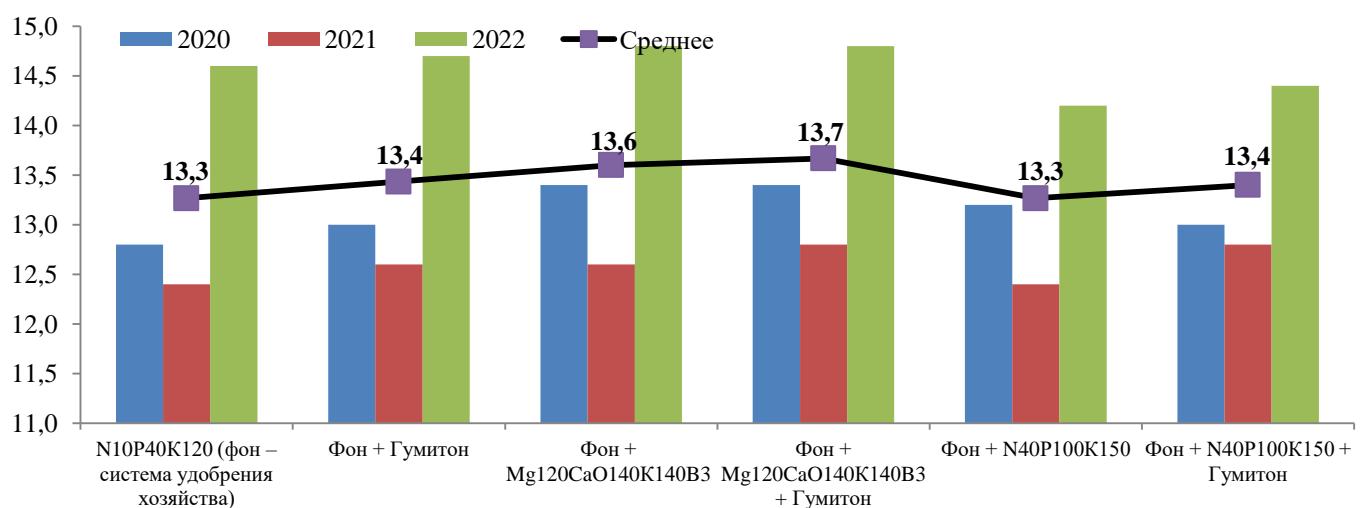


Рисунок 4.2 – Содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания крахмала в клубнях, коэффициент вариации 1,4-1,8% в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 14,8 % крахмала в клубнях картофеля обнаружили в 2022 году при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3, как отдельно, так и с биопрепаратором Гумитон.

Среднее содержание крахмала в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 13,3 % (рис. 4.2).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно повышало среднее содержание крахмала в клубнях до 13,7 %. Выявили тренд к увеличению показателя под действием совершенствования, обнаружили достоверную разницу в изменении содержания крахмала при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,3$, прил. В).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения при возделывании картофеля, применяемая в хозяйстве обуславливают производство клубней с содержанием золы от 5,25 до 5,47 % в зависимости от года исследования (рис. 4.3). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания золы в клубнях, коэффициент вариации 2,1 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения

незначительно влияли на изменчивость показателя содержания золы в клубнях, коэффициент вариации 0,7-3,0 % в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 5,48 % золы в клубнях картофеля обнаружили в 2021 году при применении N10P40K120 + N40P100K150.

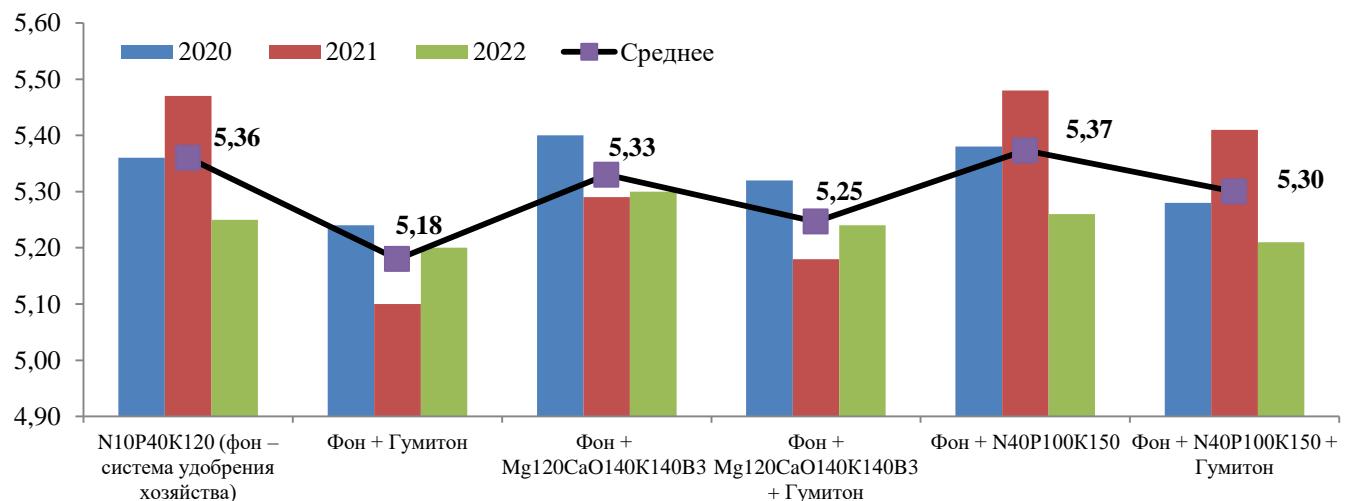


Рисунок 4.3 – Содержание золы в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Среднее содержание золы в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 5,36 % (рис. 4.3).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно практически не изменяло среднее содержание золы в клубнях. Выявили достоверную разницу в снижении содержания до 5,18 % золы при применении N10P40K120 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,15$, прил. Г).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения при возделывании картофеля, применяемая в хозяйстве обуславливают производство клубней с содержанием протеина от 8,69 до 9,25 % в зависимости от года исследования (рис. 4.4). Изме-

няющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания протеина в клубнях, коэффициент вариации 3,2 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания протеина в клубнях, коэффициент вариации 2,3-3,5 % в зависимости от года исследования.

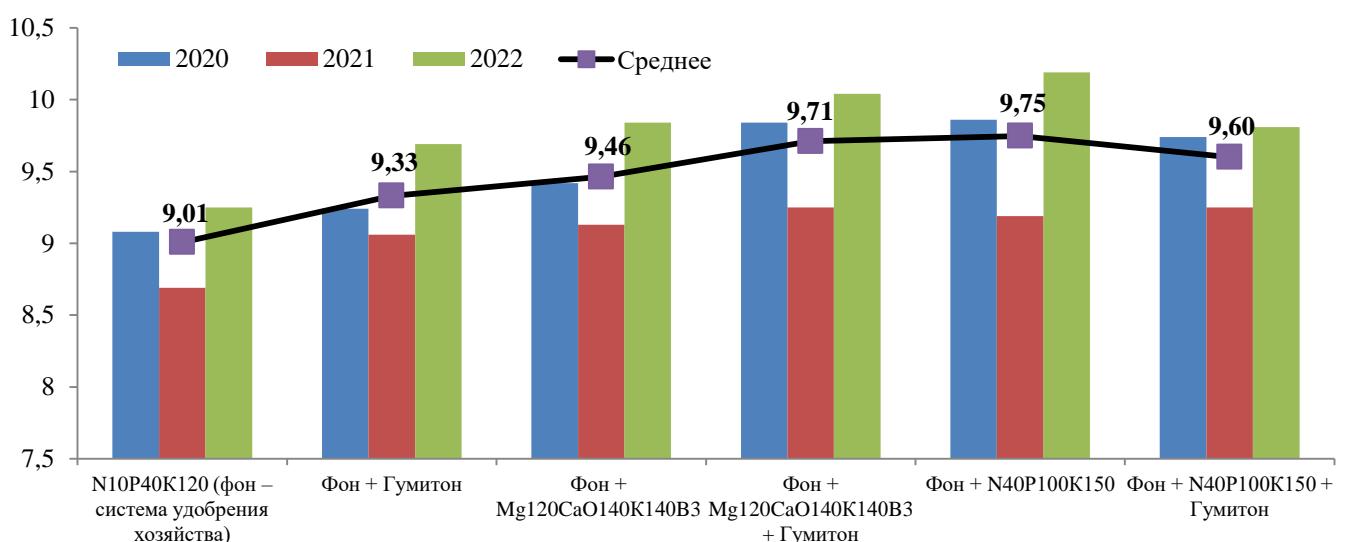


Рисунок 4.4 – Содержание протеина в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Наибольшее содержание 10,19 % протеина в клубнях картофеля обнаружили в 2022 году при применении N10P40K120 + N40P100K150.

Среднее содержание протеина в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 9,01 % (рис. 4.4).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ, как отдельно, так и совместно достоверно повышали содержания протеина до 9,75 % (HCP₀₅

= 0,22, прил. Д). Обнаружили значимое действие биопрепарата Гумитон в повышении протеина в клубнях картофеля в сравнении с применением N10P40K120 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 (рис. 4.4).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения при возделывании картофеля, применяемая в хозяйстве обуславливают производство клубней с содержанием клетчатки от 4,67 до 4,70 % в зависимости от года исследования (рис. 4.5). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания клетчатки в клубнях, коэффициент вариации 0,3 %.

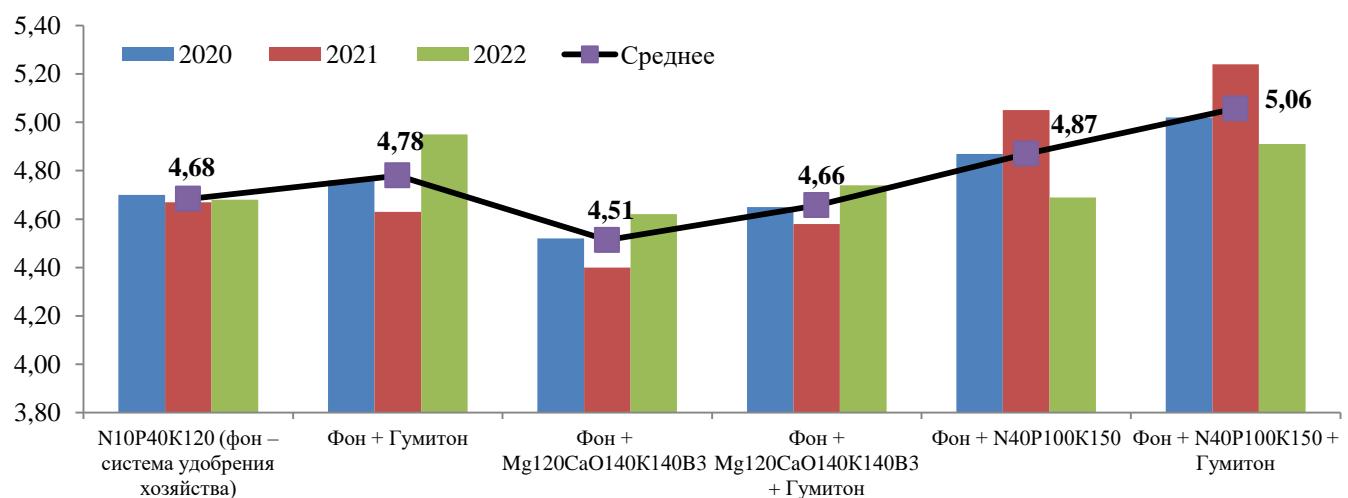


Рисунок 4.5 – Содержание клетчатки в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания клетчатки в клубнях, коэффициент вариации 2,8-6,7 % в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 5,24 % клетчатки в клубнях картофеля обнаружили в 2021 году при применении N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон.

Среднее содержание клетчатки в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 4,68 % (рис. 4.5).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроКомплекс, как отдельно, так и совместно достоверно повышали содержания клетчатки до 5,06 % только при применении N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,27$, прил. Е). Обнаружили тенденцию в повышении клетчатки в клубнях картофеля под действием биопрепарата Гумитон (рис. 4.5).

В условиях юго-запада Брянской области, в изменяющихся агроклиматических и почвенных условиях выявили тенденцию к повышению или значимое повышение показателей качества картофеля от совершенствования системы удобрения картофеля, обнаружили положительный эффект от применения Гумитона в изменении качества продукции картофелеводства.

4.2 Элементный состав клубней картофеля

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения картофеля, применяемая в хозяйстве, обуславливают производство клубней с содержанием азота от 1,39 до 1,48 % в зависимости от года исследования (рис. 4.6). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания азота в клубнях, коэффициент вариации 3,2 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроКомплекс, как отдельно, так и совместно, в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания азота в клубнях, коэффициент вариации 2,3-3,7 % в зависимости от года исследования.

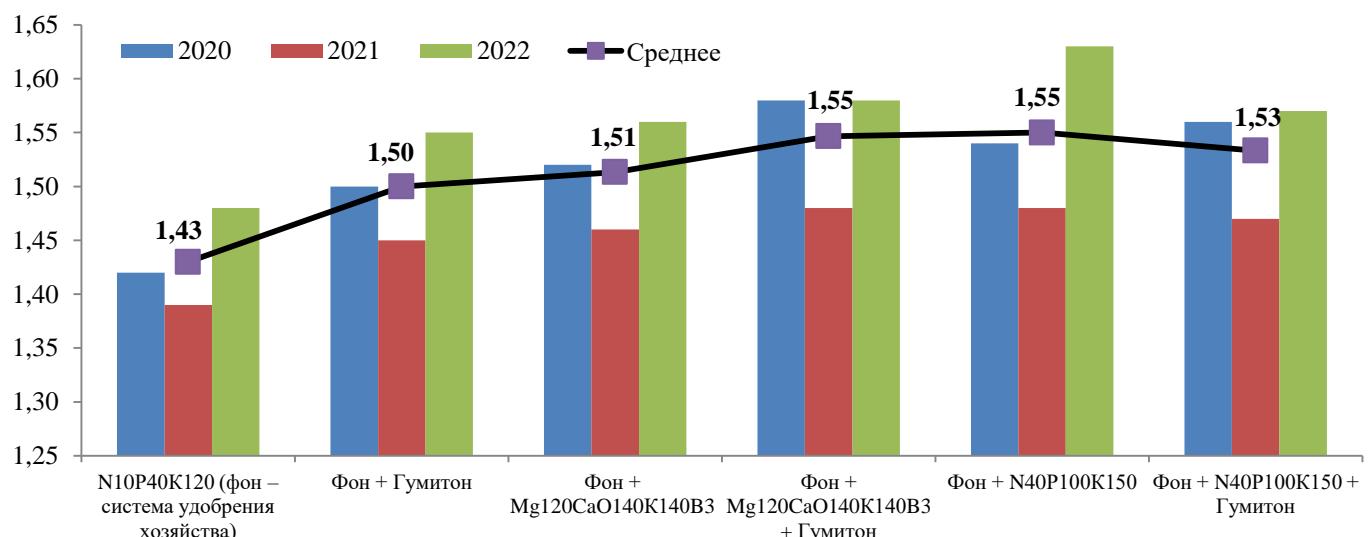


Рисунок 4.6 – Содержание азота в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Наибольшее содержание 1,63 % азота в клубнях картофеля обнаружили в 2022 году при применении N10P40K120 + N40P100K150.

Среднее содержание азота в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 1,43 % (рис. 4.6).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно достоверно повышали содержания азота от 1,50 до 1,55 % ($HCP_{05} = 0,04$, прил. Ё) (рис. 4.6).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения картофеля, применяемая в хозяйстве, обуславливают производство клубней с содержанием фосфора от 0,25 до 0,28 % в зависимости от года исследования (рис. 4.7). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания фосфора в клубнях, коэффициент вариации 5,8 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагне-

зия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно, в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания фосфора в клубнях, коэффициент вариации 5,5-7,2 % в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 0,32 % фосфора в клубнях картофеля обнаружили в 2020 и 2022 годах соответственно при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон и N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон.

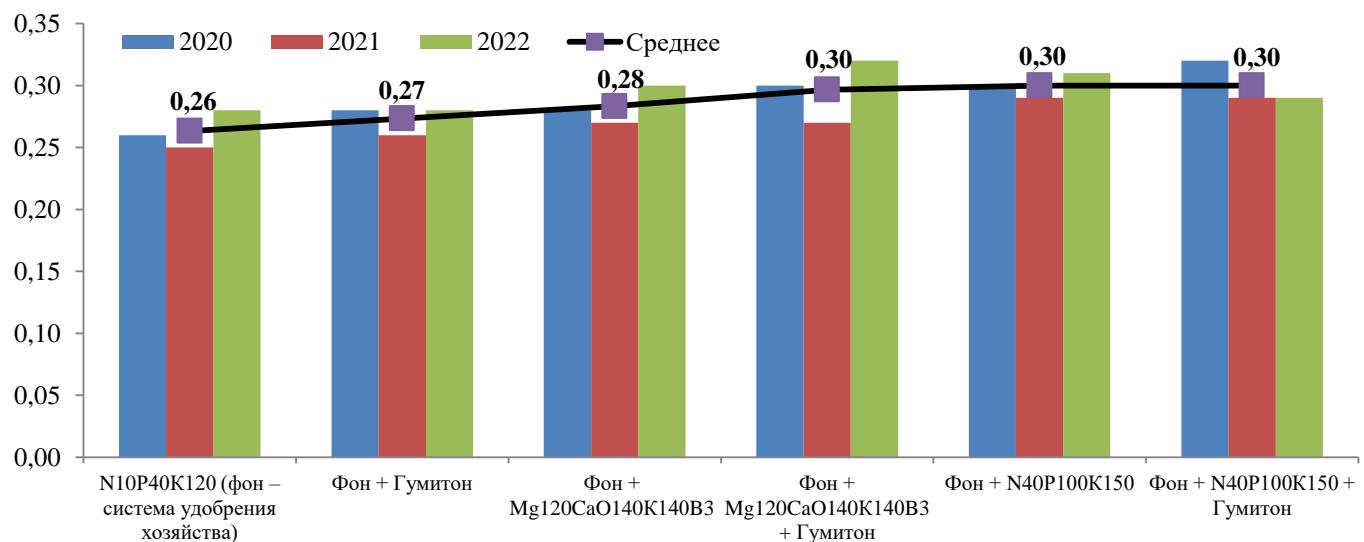


Рисунок 4.7 – Содержание фосфора в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Среднее содержание фосфора в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 0,26 % (рис. 4.7).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно повышали содержания фосфора от 0,27 до 0,30 %, значимое повышение обнаружили при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон, N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,02$, прил. Ж) (рис. 4.7).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения картофеля, применяемая в

хозяйстве, обуславливают производство клубней с содержанием калия от 2,42 до 2,51 % в зависимости от года исследования (рис. 4.8). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания калия в клубнях, коэффициент вариации 2,0 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно, в дополнение к используемой системе удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания калия в клубнях, коэффициент вариации 3,0-3,9 % в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 2,74 % калия в клубнях картофеля обнаружили в 2020 году при применении N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон.

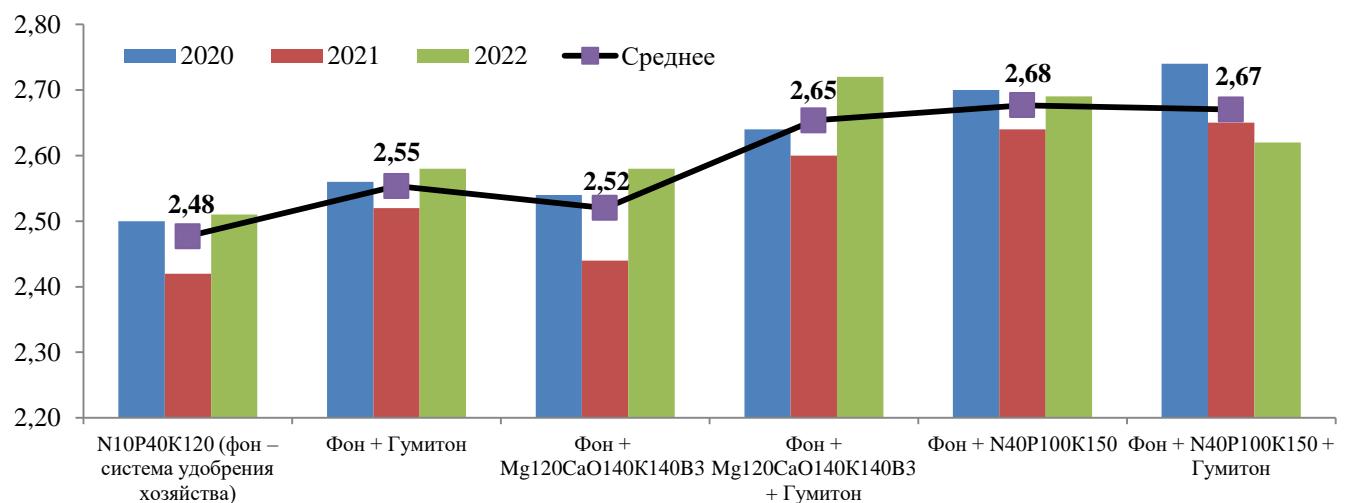


Рисунок 4.8 – Содержание калия в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Среднее содержание калия в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 2,48 % (рис. 4.8).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и

совместно повышали содержания калия от 2,52 до 2,68 %, значимое повышение обнаружили при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон, N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,07$, прил. 3) (рис. 4.8).

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения картофеля, применяемая в хозяйстве, обуславливают производство клубней с содержанием кальция от 0,07 до 0,08 % в зависимости от года исследования (рис. 4.9). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения незначительно влияли на изменчивость показателя содержания кальция в клубнях, коэффициент вариации 7,5 %.

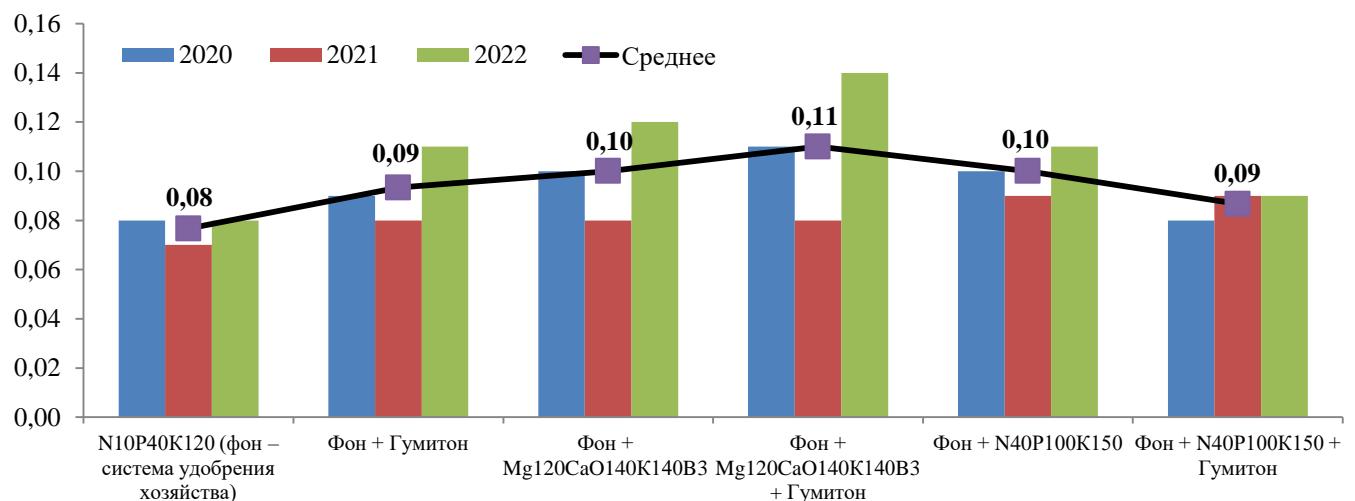


Рисунок 4.9 – Содержание кальция в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания, % на абсолютно сухое вещество

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно, в дополнение к используемой системе удобрения влияли на изменчивость показателя содержания кальция в клубнях незначительно или средне, коэффициент вариации 9,2-19,7 % в зависимости от года исследования.

Наибольшее содержание 0,14 % кальция в клубнях картофеля обнаружили в 2020 году при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон.

Среднее содержание кальция в клубнях картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составило 0,08 % (рис. 4.9).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно повышали содержания кальция от 0,09 до 0,11 %, значимое повышение обнаружили при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон ($HCP_{05} = 0,02$, прил. И) (рис. 4.9).

В условиях юго-запада Брянской области, в изменяющихся агроклиматических и почвенных условиях выявили тенденцию к повышению или достоверное повышение содержание макроэлементов в клубнях картофеля от совершенствования системы удобрения картофеля, обнаружили в зависимости от года исследования и норм минерального удобрения разнонаправленное действие Гумитона в изменении элементного состава продукции картофелеводства.

4.3 Радиоэкологические показатели качества клубней картофеля

Острой и масштабной проблемой на радиоактивно загрязненной территории является возможность ведения сельскохозяйственного производства и получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей допустимым уровням содержания радионуклидов и снижение дозовой нагрузки проживающего населения (Алексахин и др., 1994; Санжарова и др., 2020; Панов и др., 2021).

Уменьшение размеров перехода радионуклидов в продукцию в послеаварийный период требуют научно-обоснованного подхода к проведению специальных защитных мероприятий, обеспечивающих получение чистой продукции растениеводства (Ратников и др., 1992; Воробьев, 1996; Фесенко и др., 1998; 2021; 2023; Фесенко, 2024).

Изученные к настоящему времени приёмы снижения содержания радионуклидов в растениях получены в основном в лабораторных условиях и, при всей кажущейся эффективности, в большинстве случаев не пригодны для практики, так

как использовать их на больших площадях просто технически невозможно. Поэтому для снижения поступления радионуклидов в урожай в производстве используют методы технически осуществимые и экономически оправданные.

Наиболее эффективными мерами остаются агрохимические мероприятия, направленные на повышение почвенного плодородия: известкование, фосфоритование, калиевание, применение минеральных и органических удобрений (Козьмин и др., 1996; Панов и др., 2011; Санжарова и др., 2016).

Известкование кислых почв приводит к нейтрализации почвенного раствора, вытеснению ионов водорода из почвенного поглощающего комплекса и насыщению его кальцием. Нейтрализация почвенного раствора известкованием уменьшает накопление ^{137}Cs в урожае в 2-4 раза (Леонова, Прудников, 2014).

Известкование кислых почв не только ограничивает накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур, но и увеличивает плодородие почвы, повышает урожай и способствует «разбавлению» радионуклида на единицу массы растительной продукции.

Исследованиями учёных установлено, что минеральные удобрения оказывают значительное влияние на поступление радиоактивных веществ в растения. Причём, эффективность удобрений максимально проявляется на почвах с низким уровнем плодородия при внесении их на фоне больших доз органических удобрений, а при необходимости извести (Ратников и др., 1992; Панов и др., 2008).

При внесении удобрений снижение концентрации радионуклидов в урожае достигается за счёт улучшения условий питания растений и связанным с этим увеличением биомассы и соответственно, «разбавлением» радионуклидов; повышением концентрации в почве обменных катионов, в первую очередь, калия и кальция; усиление антагонизма между ионами радионуклидов и ионами вносимых солей, изменением доступности для корневых систем радионуклидов вследствие перевода их в труднодоступные соединения и обменной фиксации в результате реакции радионуклидов с вносимыми удобрениями.

Азотные удобрения, особенно физически кислые, повышают накопление ^{137}Cs в 2 раза и более.

Фосфорные и калийные удобрения уменьшают накопление ^{137}Cs растениями, однако защитный эффект уменьшается на фоне азотных удобрений. Калийные удобрения существенно уменьшают поступление ^{137}Cs в растения, причем эффект тем выше, чем ниже уровень обеспечения почвы калием для данного вида растений. Одним из наиболее эффективных приемом снижения поступления радионуклидов в продукцию растениеводства является применение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений и мелиорантов, улучшающих плодородие почв (Прудников, Прудников, 2019).

Однако проведение этих дорогостоящих приёмов ведёт к значительному удорожанию продукции. В связи с этим продолжаются поиски эффективных и вместе с тем недорогих способов производства сельскохозяйственной продукции, отвечающих нормативу по радиационному фактору.

Особый интерес для этих целей вызывают дешёвые агрохиммелиоранты, производимые из местных агроруд: известняковая мука, мел, сапропель, фосфоритная мука и цеолиты. Использование местных месторождений минерального сырья в качестве мелиорантов является наиболее перспективным путем повышения почвенного плодородия и продуктивности сельскохозяйственных культур, а так же качества получаемой продукции с минимальным содержанием радионуклидов на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению (Прудников и др., 2006; Прудников, Сезин, 2014).

После аварии на Чернобыльской АЭС практически на всех пахотных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, с целью снижения поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию было проведено известкование кислых почв, фосфоритование и повышенное внесение повышенных доз калийных удобрений.

Данная научно-исследовательская работа проводится с целью изучения и получения практических результатов по совершенствованию новых технологических схем реабилитационных мероприятий, апробированию и внедрению их в производство, а в итоге, снижению содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и дозовой нагрузки на человека, по выявлению наиболее эффективных и

экономически выгодных защитных мероприятий и технологий. Полученные результаты необходимо распространить в районы, пострадавшие в результате радиационного загрязнения.

Биологические особенности культуры, агроклиматические и почвенные условия периода исследования и система удобрения картофеля, применяемая в хозяйстве, обуславливают производство клубней с удельной активностью ^{137}Cs от 6,6 до 11,5 Бк/кг в зависимости от года исследования (рис. 4.10). Изменяющиеся условия окружающей среды в годы исследования при возделывании картофеля с нормой N10P40K120 внесения минерального удобрения значительно влияли на изменчивость показателя удельной активности ^{137}Cs клубней, коэффициент вариации 28,1 %.

Совершенствование системы удобрения картофеля, применение биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно, в дополнение к используемой системе удобрения влияли значительно на изменчивость показателя удельной активности ^{137}Cs клубней, коэффициент вариации 43,2-48,1 % в зависимости от года исследования.

Наибольшую 11,5 Бк/кг удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля обнаружили в 2021 году при применении минерального удобрения в норме N10P40K120.

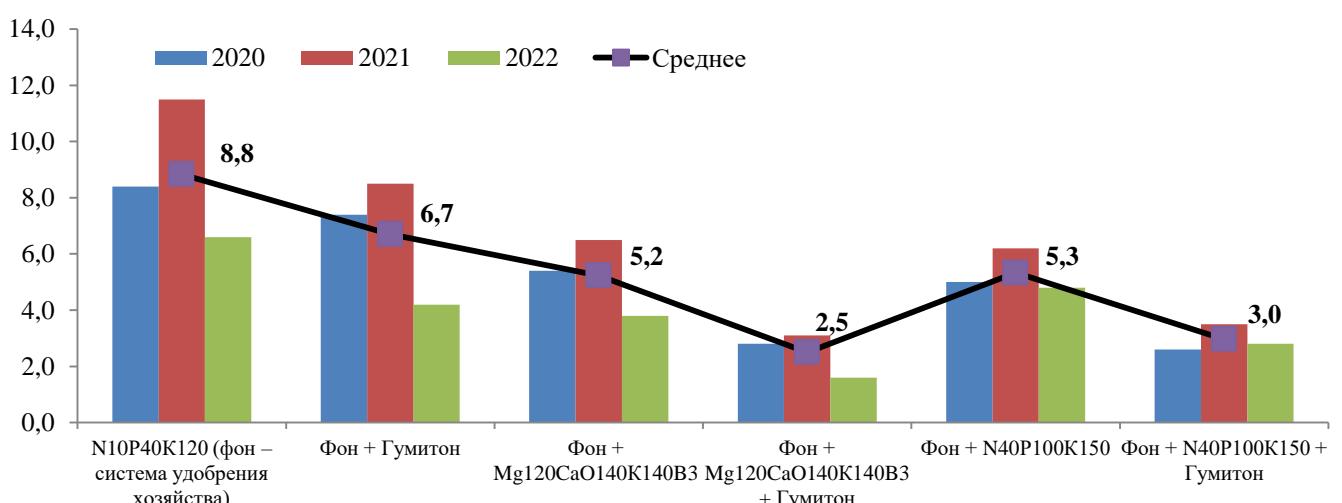


Рисунок 4.10 – Удельная активность ^{137}Cs клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания, Бк/кг

Средняя удельная активность ^{137}Cs клубней картофеля в изменяющихся условиях окружающей среды годов исследования под действием применения минерального удобрения в норме N10P40K120 составила 8,8 Бк/кг, при допустимом содержании 80 Бк/кг (Технический регламент Таможенного..., 2011) (рис. 4.10).

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно достоверно снижали удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля от 6,7 до 2,5 Бк/кг. Установили достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs клубней картофеля под действием биопрепарата Гумитон ($\text{HCP}_{05} = 1,7$, прил. К) (рис. 4.10).

В условиях юго-запада Брянской области, в изменяющихся агроклиматических и почвенных условиях выявили достоверное снижение накопления ^{137}Cs клубнями картофеля под действием совершенствования системы удобрения, обнаружили значимую роль природных условия в накоплении ^{137}Cs растениями, выявили значимое действие Гумитона в снижении перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию картофелеводства.

Проведение исследований в течение трёх лет было обусловлено изменением в зависимости от года, агроклиматических, почвенных и радиоэкологических (плотность загрязнения ^{137}Cs пашни) условий окружающей среды, что отразилось на действии совершенствуемых элементов системы удобрения картофеля на урожайность и удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля.

При совершенствовании системы удобрения картофеля (N10P40K120) применяемой в хозяйстве установили, что использование биологического препарата Гумитон в зависимости от года исследований снижает удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля от 1,1 до 1,6 раз в сравнении системой удобрения картофеля, применяемой в хозяйстве. Наибольший эффект снижения от действия Гумитона наблюдали в 2022 году на пашни с плотностью загрязнения $^{137}\text{Cs} - 111,0 \text{ кБк/м}^2$.

Применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия по фону N10P40K120 в зависимости от года исследований снижает удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля от 1,6 до 1,8 раз в сравнении системой удобрения

картофеля, применяемой в хозяйстве, наибольший эффект снижения от действия гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия наблюдали в 2021 году на пашни с плотностью загрязнения ^{137}Cs – 418,3 кБк/м² (табл. 4.1).

Внесение смеси удобрения ФосАгро по фону N10P40K120 в зависимости от года исследований снижает удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля от 1,4 до 1,9 раз в сравнении системой удобрения картофеля, применяемой в хозяйстве, наибольший эффект снижения от действия смеси удобрения ФосАгро наблюдали в 2021 году на пашни с плотностью загрязнения ^{137}Cs – 418,3 кБк/м².

Совместное применение биопрепарата Гумитон с гранулированной удобрительной смесью Боркалимагнезия и смесью удобрения ФосАгро в зависимости от года исследований снижает удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля соответственно от 3,0 до 4,1 и от 2,4 до 3,3 раз в сравнении системой удобрения картофеля, применяемой в хозяйстве. Наибольший эффект снижения от совместного действия Гумитона с гранулированной удобрительной смесью Боркалимагнезия и смесью удобрения ФосАгро наблюдали соответственно в 2022 и 2021 годах. Установили синергизм в снижении удельной активности ^{137}Cs клубней картофеля от совместного применения исследуемых средств химизации с биопрепаратором Гумитон (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Радиоэкологические показатели территории исследования при возделывании картофеля при разном уровне минерального питания

Система удобрения	2020 год				2021 год				2022 год			
	Кс*	Бв	Кп	Кн	Кс	Бв	Кп	Кн	Кс	Бв	Кп	Кн
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	–	222	0,034	0,009	–	219	0,035	0,009	–	198	0,039	0,010
Фон + Гумитон	1,1	218	0,034	0,009	1,4	177	0,027	0,007	1,6	137	0,025	0,007
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,6	166	0,022	0,006	1,8	177	0,023	0,006	1,7	128	0,023	0,006
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Гумитон	3,0	92	0,012	0,003	3,7	99	0,011	0,003	4,1	58	0,010	0,003
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,7	143	0,022	0,006	1,9	135	0,019	0,005	1,4	156	0,029	0,008
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Гумитон	3,2	84	0,010	0,003	3,3	105	0,013	0,003	2,4	105	0,020	0,006

*Примечание: Кс – кратность снижения, раз; Бв – биологический вынос ^{137}Cs , кБк/га, Кп – коэффициент перехода радионуклида; Кн – коэффициент накопления радионуклида.

Биологический вынос ^{137}Cs агроценоза зависел от урожайности и удельной активности ^{137}Cs клубней картофеля, поэтому при совершенствовании системы

удобрения, решая задачи повышения урожайности и снижения накопления ^{137}Cs , мы тем самым снижали вынос радионуклида из почвы с урожаем. Применение минерального удобрения в норме N10P40K120 (система удобрения картофеля в хозяйстве) обуславливает биологических вынос ^{137}Cs от 198 до 222 кБк/га, что показательно максимум выноса пришелся не на почву с самой высокой 418,3 кБк/м² плотностью загрязнения ^{137}Cs , а на почву с плотностью загрязнения ^{137}Cs – 283,0 кБк/м², так как в 2020 году условия окружающей среды в большей степени раскрыли потенциал урожайности культуры.

Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно снижало биологический вынос ^{137}Cs от 218 до 58 кБк/га в зависимости от условий года исследования. Установили положительное значение биопрепарата Гумитон в снижении биологического выноса ^{137}Cs клубнями картофеля от совместного применения с исследуемыми средствами химизации.

Определили, что коэффициенты перехода и накопления радионуклида не зависели от природных условий года исследования, а зависели от уровня применения средств химизации.

Установили, что наибольшее снижение коэффициентов перехода и накопления радионуклида из почвы в растения картофеля обусловлено совместным применением биопрепарата и минерального удобрения.

В условиях юго-запада Брянской области, в изменяющихся агроклиматических, почвенных и радиационных условиях применение средств химизации снижает переход ^{137}Cs из почвы в клубни картофеля, выявили синергизм Гумитона и минерального удобрения в снижении накопления ^{137}Cs продукцией картофелеводства.

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЯ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ И РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

5.1 Баланс азота, фосфора и калия при возделывании картофеля в условиях разного уровня минерального питания

В современных условиях производство картофеля – получение высоких и стабильных урожаев клубней, высокого качества, способных хранится долгое время. Однако в результате возделывания картофеля происходит вынос элементов питания с товарной и побочной продукцией и если побочная продукция ботва и корни остаётся на картофельном поле, минерализуется, и элементы питанияозвращаются в почву. Вынос макроэлементов с клубнями – главная расходная статья баланса, которая зависит от двух переменных – урожайности картофеля и качества клубней, то есть содержания основных элементов питания – азота, калия, фосфора.

Сокращение недостатка элементов питания, между приходной и расходной частью баланса, при условии повышения урожайности картофеля возможно увеличивая нормы применения удобрения и создание условий повышения коэффициента их усвоения. В различных условиях окружающей среды при возделывании картофеля баланс элементов питания зависит от многих факторов: плодородия почвы, особенностей сорта картофеля, агротехники, системы защиты растения, климатических условий, системы удобрения.

В условиях дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв Предуралья в 8-польном полевом севообороте близкий к нулевому и положительный баланс азота формировался при применении азотного в дозе 90-150, фосфорного в дозе 60, а калийного удобрения в дозе 120-150 кг д. в. / га (Васбиева, Шишков, 2025).

В исследованиях на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве в зернопаропашном севообороте Т. Ю. Бортник и А. Ю. Карповой (2023) установлено, что систематическое применение хлористого калия в дозе 54 кг д. в. / га не способствует значимому накоплению подвижного калия в почве, формируется отрицательный или нулевой баланс калия в результате его высокого выноса с урожаем.

В исследованиях, проведенных на серых лесных почвах лесостепи Западной Сибири, показано, что бездефицитный баланс калия в вариантах опыта формировался при систематическом внесении калийных удобрений в дозах не менее 90 кг/га, независимо от их формы (Якименко, 2022).

В условиях Нечернозёмной зоны России на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании картофеля установлено, что баланс азота близок к бездефицитному при применении компоста многоцелевого назначения на орошаемом фоне, на органоминеральной системе удобрения наблюдалось его уменьшение на 38,2 кг/га. Баланс фосфора при исследуемых системах удобрения был положительным, а баланс калия бездефицитный на органоминеральной системе при орошении и отрицательным в последействии компоста многоцелевого назначения (Зинковская, Ковалев, 2015).

В условиях слабоокультуренной тяжелосуглинистой почвы Центральной опытной станции ВИУА в 7-польном севообороте выявлена наиболее высокая продуктивность севооборота и положительном балансе элементов питания при применении органо-минеральной системы удобрения (Коваленко и др., 2022).

В работе В. А. Семыкина с соавторами (2019) выявлено, что в условиях Курской области рост применения минерального удобрения недостаточен для черноземных почв для поддержания положительного баланса элементов, которые имеют отрицательные значения по азоту, фосфору и калию у всех зерновых культур, подсолнечника и кормовых культур.

Анализ результатов агрохимического обследования пахотных почв Тюменской области за период 1964-2015 гг установил отрицательный баланс элементов питания в земледелии, при этом установлен рост до 2,27 т/га урожайности зерно-

вых, до 20,70 т/га – картофеля, до 31,12 т/га – овощей, до 17,13 т/га – кукурузы (Котченко, Воронин, 2016).

В условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв среднетаежной зоны Республики Коми в кормовом севообороте комплексное применение удобрения обеспечивает положительный баланс основных элементов питания в почве (Чеботарев, Юдин, 2015).

В работе Ф. Н. Гасымова (2010) показано, что при возделывании картофеля в Азербайджане без применения удобрения наблюдается дефицит азота, фосфора и калия. Внесение навоза 20 т/га и минерального удобрения уменьшает дефицит азота и калия, однако полностью его не покрывает. По фосфору наблюдается положительный баланс.

В нашей работе вынос элементов рассчитывали на основе средней урожайности и элементного состава клубней картофеля, полученные опытным путём. Расчет выноса и прихода проводили на элемент пит器ия.

В среднем за годы исследования, при возделывании картофеля по системе удобрения используемой в хозяйстве, вынос азота с клубнями составил 71 кг/га (табл. 5.1).

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгрo в дополнение к используемой системе удобрения вело к росту выноса азота с урожаем клубней от 82 до 104 кг/га в среднем за годы исследования в зависимости от уровня применения средств химизации. Наблюдали повышение выноса азота клубнями картофеля до 20 % от действия минерального удобрения и биологического препарата Гумитон, что говорит об эффекте синергизма.

В среднем за годы исследования, при возделывании картофеля по системе удобрения используемой в хозяйстве, вынос фосфора составил 13 кг/га.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгрo в дополнение к используемой системе

удобрения вело к росту выноса фосфора с урожаем клубней от 15 до 20 кг/га в среднем за годы исследования в зависимости от уровня применения средств химизации. Наблюдали повышение выноса фосфора клубнями картофеля до 25 % от действия минерального удобрения и биологического препарата Гумитон, что говорит об эффекте синергизма (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Роль системы удобрения в балансе макроэлементов при возделывании картофеля

Система удобрения	Вынос, кг/га			Поступление, кг/га			Баланс, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ – фон	71	13	123	25	17	100	-46	5	-23
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Гумитон	82	15	139	25	17	100	-57	3	-39
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	91	17	152	25	17	217	-66	1	64
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Гумитон	104	20	177	25	17	217	-79	-3	39
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	84	16	145	65	61	225	-19	45	80
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Гумитон	101	20	176	65	61	225	-36	41	49

В среднем за годы исследования, при возделывании картофеля по системе удобрения используемой в хозяйстве, вынос калия составил 123 кг/га.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ в дополнение к используемой системе удобрения вело к росту выноса калия с урожаем клубней от 139 до 177 кг/га в среднем за годы исследования в зависимости от уровня применения средств химизации. Наблюдали повышение выноса калия клубнями картофеля до 21 % от действия минерального удобрения и биологического препарата Гумитон, что говорит об эффекте синергизма (табл. 5.1).

Главной статьёй прихода азота при возделывании картофеля служат средства химизации, в нашем опыте дозы азотного удобрения колебались от 10 до 50 кг/га в год, в расчете учитывали, что свободноживущие азотофиксирующие микроорганизмы образуют 10 кг/га азота в год, а 5 кг/га азота в год поступает с атмосферными осадками.

Главной статьёй прихода фосфора и калия при возделывании картофеля служили средства химизации, в нашем опыте дозы фосфорного и калийного удобрения колебались соответственно от 40 до 140 и от 120 до 270 кг/га в год, в расчете пересчитывали с оксида соответственно P_2O_5 и K_2O на элемент фосфор и калий.

Баланс элементов питания, при возделывании картофеля в среднем за годы исследования, по системе удобрения используемой в хозяйстве составил азота – 46, фосфора 5, калия – 23 кг/га (табл. 5.1).

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия в дополнение к используемой системе удобрения вело к увеличению отрицательного баланса азота до –66 кг/га, снижению положительного баланса фосфора до 1 кг/га и росту положительного до 64 кг/га калия в среднем за годы исследования. Применения смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения вело к снижению отрицательного баланса азота до –19 кг/га, повышению положительного баланса фосфора до 45 кг/га и росту положительного до 80 кг/га калия в среднем за годы исследования.

Использование биологического препарата Гумитон совместно с системой удобрения хозяйства, а также при её совершенствовании и дополнительном внесении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро наблюдали негативное действие на баланс элементов питания при совместном действии в сравнении в системой удобрения без биопрепарата. Главным образом это связано с повышением урожайности картофеля под действием Гумитона, а вместе с этим и увеличением выноса азота, фосфора и калия при этом без дополнительного пополнения почвы данными макроэлементами с биологическим препаратом не было.

Установили, что вынос азота, фосфора и калия зависел от урожайности клубней картофеля и их элементного состава, которые в свою очередь зависели от уровня минерального питания.

Определили, что применение средств химизации при возделывании картофеля позволяет улучшить фосфорный и калийный режимы дерново-подзолистой

супесчаной почвы, даёт возможность поддерживать баланс фосфора и калия на положительном уровне, что в условиях радиоактивного загрязнения территории приобретает особую значимость.

5.2 Динамика агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием средств химизации

Производство клубней картофеля обуславливает постоянный вынос с урожаем макро- и микроэлементов, агротехника картофеля, поддерживающая почву в рыхлом состоянии, влияет на гумификацию и минерализацию органического вещества, средства защиты растения влияют на биологические системы картофельного поля, даже климатические условия, как один из факторов почвообразования влияет на происходящие почвенные процессы. При этом человек, применяя научно обоснованные виды, дозы минерального и органического удобрения и соотношения в нём элементов питания, известковые материалы, биологические препараты и регуляторы роста пытается улучшить плодородие почв.

В условиях агросерых почв Красноярского края длительное ежегодное применение навоза при возделывании картофеля в монокультуре увеличивает обеспеченность почв подвижным фосфором и калием со средней до высокой и повышается содержание гумуса на 50 % (Трубников, Крючков, 2024).

В исследованиях Н. М. Шалагина (2021) получены результаты эффективного использования сидеральных смесей в последействии при возделывании картофеля. Под действием сидерации повышается содержание нитратного азота и подвижного фосфора.

В условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Центральной Нечерноземной зоны при возделывании картофеля в полевом севообороте применение органо-минеральной и биологизированной системы удобрения способствовали улучшению минерального питания картофеля, повышению плодородия почвы (Новиков, 2022).

Однако в условиях радиоактивного загрязнения применение навоза крупного рогатого скота ограничивается его малочисленностью и возможного дополнительного загрязнения радионуклидами, а использование бобовых культур для сидерации лимитируется концентрированием радионуклидов в вегетационной массе.

На дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве Великолукского района Псковской области применение под картофель удобрения на основе биоактивированного птичьего помёта повышает pH_{KCl} на 0,03 ед., азота – на 7, фосфора – на 2, калия – на 3 мг/кг (Иванова, 2022).

В условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Нижегородской области применение мелиоративных доз цеолита достоверно снижало обменной кислотности на 0,5 ед., увеличивало содержания на 4,4 и 10,8 мг-экв/100 г обменных соединений кальция и магния, повышало на 43 и 46 % содержания подвижного фосфора и калия относительно контрольных значений (Козлов и др., 2021).

В исследовании Ю. И. Митрофанова (2017) показано, что бессистемное использование пашни с ограниченным применением удобрений приводит к отрицательной динамике агрохимических свойств почв. Отсутствие известкования обуславливает негативные изменения кислотности почв. И на пашне, и на залежи изменения показателей кислотности почвы носят односторонний характер. В севообороте наиболее низкое содержание калия отмечено после картофеля, наиболее высокое – после озимой ржи и овса; доступного фосфора больше было после картофеля.

В исследованиях С. А. Шафрана с соавторами (2015) и С. В. Швыркиной и С. А. Шафрана установлена существенная роль агрохимических свойств почв на результативность азотного удобрения при возделывании картофеля. Ими установлено, что с увеличением содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия возрастает прибавка урожая от азотных удобрений.

В работе С. А. Шафрана (2024) показано, что обеспеченность почв подвижным калием играет весьма заметную роль в повышении урожайности зерновых культур, картофеля и льна-долгунца, наиболее это характерно для дерново-подзолистых почв, на которых более высокий прирост урожайности происходил за счет повышения калия в почве и более высокой отдачи от внесения азотных

удобрений. Установлена зависимость эффективности азотных удобрений от содержания подвижного калия в почвах.

В условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Смоленской области установлено, что длительное применение средств химизации (15 лет) в полевом севообороте повысили средневзвешенные показатели содержания гумуса с 1,97 до 2,20 %, обменной кислотности с 4,2 до 6,17 ед., подвижного фосфора и калия соответственно с 45 до 179 и с 63 до 215 мг/кг почвы (Конова и др., 2011).

Исследования по влиянию удобрения на плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при возделывании картофеля проводили в период 2020-2022 годов, предшествующей культурой была зерновая культура. В период исследований при возделывании картофеля наблюдали различия в климатических и почвенных условиях, которые отразились в значении средств химизации в повышении урожайности и изменения агрохимических показателей плодородия.

В 2020 году по опытному полю среднее по вариантам опыта содержание гумуса – 1,66 %, выявили среднюю изменчивость ($V = 13\%$) показателя, средняя обменная кислотность – 5,6 ед., определили незначительную изменчивость показателя, среднее содержание подвижного фосфора и калия соответственно 263 и 213 мг/кг, установили значительную изменчивость показателей.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Борка-лимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения вело к повышению показателей среднего содержания гумуса в почву до 1,99 %, обнаружили незначительную изменчивость показателя по вариантам опыта, средней обменной кислотности до 6,1, определили незначительную изменчивость показателя, среднего содержания подвижного фосфора и калия соответственно до 458 и 329 мг/кг, установили незначительную изменчивость показателей.

Установили, что в условиях 2020 года система удобрения картофеля хозяйства и приёмы её совершенствования выравнивают агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, изменчивость показателей в сравнении со средними величинами незначительная (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Динамика основных агрохимических показателей почвы под действием средств химизации

Система удобрения	Гумус, %	рН _{KCl} , ед.	Подвижный	Подвижный		
			фосфор	калий		
2020 год						
до проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	1,81	5,6	170	266		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,42	5,8	300	174		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,75	5,4	320	198		
<i>Среднее</i>	1,66	5,6	263	213		
Коэффициент вариации, %	13	4	31	22		
после проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀	1,99	6,1	398	320		
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Г*	2,10	6,3	493	340		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,84	5,8	446	301		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Г	2,17	6,0	496	286		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,92	6,1	418	369		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Г	2,01	6,1	497	359		
<i>Среднее</i>	2,01	6,1	458	329		
Коэффициент вариации, %	6	3	10	10		
2021 год						
до проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	2,16	5,1	62	133		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	2,58	5,4	94	90		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,51	4,7	43	148		
<i>Среднее</i>	2,08	5,1	66	124		
Коэффициент вариации, %	26	7	39	24		
после проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀	2,21	5,2	63	120		
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Г	2,18	5,2	74	161		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	2,31	5,9	137	397		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Г	2,45	5,9	105	430		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,67	5,4	129	249		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Г	1,57	5,5	117	203		
<i>Среднее</i>	2,07	5,5	104	260		
Коэффициент вариации, %	17	6	29	49		
2022 год						
до проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	1,46	5,8	397	265		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,52	5,9	496	168		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,19	6,1	506	224		
<i>Среднее</i>	1,39	5,9	466	219		
Коэффициент вариации, %	13	3	13	22		
после проведения мероприятий						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀	1,66	5,6	479	202		
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Г	1,74	5,8	396	181		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,76	5,9	504	186		
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Г	1,86	6,0	486	176		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,49	5,9	405	227		
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Г	1,51	6,2	480	230		
<i>Среднее</i>	1,67	5,9	458	200		
Коэффициент вариации, %	9	3	10	12		

*Примечание: Г – Гумитон

В 2021 году по опытному полю среднее по вариантам опыта содержание гумуса – 2,08 %, выявили значительную изменчивость показателя, средняя обменная кислотность – 5,1 ед., определили незначительную изменчивость показателя, среднее содержание подвижного фосфора и калия соответственно 66 и 124 мг/кг, установили значительную изменчивость показателей.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения не изменяло среднее содержания гумуса – 2,07 %, обнаружили среднюю изменчивость показателя по вариантам опыта, вело к повышению показателей средней обменной кислотности до 5,5, определили незначительную изменчивость показателя, среднего содержания подвижного фосфора и калия соответственно до 104 и 260 мг/кг, установили значительную изменчивость показателей.

Установили, что в условиях 2021 года система удобрения картофеля хозяйства и приёмы её совершенствования повышают показатели агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 5.2).

В 2022 году по опытному полю среднее по вариантам опыта содержание гумуса – 1,39 %, выявили среднюю изменчивость показателя, средняя обменная кислотность – 5,9 ед., определили незначительную изменчивость показателя, среднее содержание подвижного фосфора и калия соответственно 466 и 219 мг/кг, установили соответственно среднюю и значительную изменчивость показателей.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения вело к повышению показателей среднего содержания гумуса в почву до 1,67 %, обнаружили незначительную изменчивость показателя по вариантам опыта, к снижению среднего содержания подвижного фосфора и калия соответственно до 458 и 200 мг/кг, установили среднюю изменчивость показателей, средний показатель обменной кислотности не изменился, определили незначительную изменчивость показателя.

Установили, что в условиях 2022 года система удобрения картофеля хозяйства и приёмы её совершенствования повышают среднее содержание гумуса, снижают среднее содержание подвижного фосфора и калия и оставляют неизменной обменную кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 5.2).

При совершенствовании системы удобрения картофеля применяли высокие нормы минерального удобрения, что могла повлиять на повышение содержания подвижных форм микроэлементов в почве.

В 2021 и 2022 годах по опытным полям до проведения исследований определили низкое содержание подвижных форм меди, магния, цинка, молибдена, кобальта и среднее содержание бора (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Содержание подвижных форм микроэлементов в почве под действием применение средств химизации при возделывании картофеля

Система удобрения	Cu	Mn	Zn	B	Mo	Co						
	МГ/КГ											
2021 год												
до проведения мероприятий												
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	1,12	15,18	0,68	0,44	0,09	0,42						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,18	18,54	0,72	0,54	0,09	0,48						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,22	18,78	0,84	0,48	0,10	0,40						
после проведения мероприятий												
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀	1,15	14,23	0,73	0,44	0,09	0,48						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Г*	1,28	20,57	0,84	0,48	0,10	0,51						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,06	19,53	0,68	0,73	0,09	0,46						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Г	1,23	20,57	0,69	0,75	0,09	0,56						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,63	17,13	1,03	0,54	0,09	0,40						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Г	1,55	19,57	0,81	0,53	0,10	0,40						
2022 год												
до проведения мероприятий												
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ (фон)	1,22	28,18	1,25	0,52	0,10	0,34						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,22	28,48	1,28	0,50	0,10	0,38						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	1,22	29,55	1,28	0,48	0,10	0,46						
после проведения мероприятий												
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀	2,02	41,20	1,68	0,55	0,12	0,40						
N ₁₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Г	1,85	34,19	0,58	0,55	0,12	0,50						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃	1,84	36,24	1,48	0,76	0,12	0,42						
Фон + Mg ₁₂₀ CaO ₁₄₀ K ₁₄₀ B ₃ + Г	1,68	38,45	1,05	0,78	0,11	0,54						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀	2,27	48,26	1,02	0,45	0,12	0,43						
Фон + N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + Г	1,78	48,36	0,81	0,58	0,11	0,56						

*Примечание: Г – Гумитон

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси

Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения вело к изменению содержания подвижных форм некоторых микроэлементов. В 2021 году от применения смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Гумитон повысило содержание меди до средней обеспеченности, а применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Гумитон повысило содержание бора до высокой обеспеченности в почве.

В 2022 году от применения гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро, как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Гумитон повысило содержание меди, магния и молибдена до средней обеспеченности, а применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Гумитон повысило содержание бора до высокой обеспеченности в почве.

В различных условиях 2021 и 2022 годов система удобрения картофеля хозяйства и приёмы её совершенствования разнообразно влияли на содержание подвижных форм микроэлементов и только гранулированная удобрительная смесь Боркалимагнезия как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Гумитон, повышал содержания бора в дерново-подзолистой супесчаной почвы до высокого уровня (табл. 5.3).

5.3 Динамика радиологические свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием средств химизации

В условиях радиоактивного загрязнения территории производство ограничивается допустимым содержанием радионуклидов в продукции растениеводства, главным источником поступления радионуклидов в продукцию является почва. С течением времени происходит естественный радиоактивный распад, для ^{137}Cs он наступил через 30 лет после аварии на ЧАЭС, также происходит вертикальная и горизонтальная миграция радионуклидов и вынос их с продукцией растениеводства.

Таблица 5.4 – Динамика основных радиологических показателей территории исследования под действием средств химизации

Система удобрения	Гамма-фон, мкР/час	Удельная активность ^{137}Cs почвы, Бк/кг	Плотность загрязнения ^{137}Cs территории, кБк/м ²
2020 год			
до проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$ (фон)	20	1064	292
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	18	1015	281
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	17	983	278
<i>Среднее</i>	18	1021	284
Коэффициент вариации, %	8	4	3
после проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$	20	900	244
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120} + \Gamma^*$	23	811	218
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	21	893	241
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3 + \Gamma$	19	852	229
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	20	847	229
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150} + \Gamma$	19	912	248
<i>Среднее</i>	20	869	235
Коэффициент вариации, %	7	4	5
2021 год			
до проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$ (фон)	28	1259	340
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	26	1176	318
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	28	1179	317
<i>Среднее</i>	27	1205	325
Коэффициент вариации, %	4	4	4
после проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$	29	1219	329
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120} + \Gamma$	27	1176	318
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	26	1065	288
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3 + \Gamma$	24	1059	286
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	26	1179	318
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150} + \Gamma$	28	1019	275
<i>Среднее</i>	27	1120	302
Коэффициент вариации, %	7	7	7
2022 год			
до проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$ (фон)	23	543	171
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	23	564	168
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	24	697	198
<i>Среднее</i>	23	601	179
Коэффициент вариации, %	2	14	9
после проведения мероприятий			
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120}$	22	634	171
$\text{N}_{10}\text{P}_{40}\text{K}_{120} + \Gamma$	22	614	166
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3$	22	612	165
Фон + $\text{Mg}_{120}\text{CaO}_{140}\text{K}_{140}\text{B}_3 + \Gamma$	23	589	155
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150}$	23	516	166
Фон + $\text{N}_{40}\text{P}_{100}\text{K}_{150} + \Gamma$	20	483	140
<i>Среднее</i>	22	575	161
Коэффициент вариации, %	5	11	7

*Примечание: Г – Гумитон

Исследования по влиянию удобрения на радиологические показатели территории при возделывании картофеля проводили в период 2020-2022 годов. В период исследований при возделывании картофеля наблюдали различия в климатических, почвенных, радиологических условиях.

В период 2020-2022 годов средний гамма-фон опытных полей до проведения опытов колебался в пределах 18-27 мкР/час, выявили незначительную изменчивость показателя вне зависимости от года исследования. Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения не изменяло гамма-фон опытных полей, который колебался в пределах 20-27 мкР/час, установили незначительную изменчивость показателя.

В 2020 году по опытному полю среднее по вариантам опыта удельная активность ^{137}Cs дерново-подзолистой супесчаной почвы составила 1021 Бк/кг, выявили незначительную изменчивость показателя, средняя плотность загрязнения ^{137}Cs территории – 284 кБк/м², определили незначительную изменчивость показателя.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ дополнение к используемой системе удобрения вело к снижению средних показателей удельной активности ^{137}Cs почвы до 869 Бк/кг и плотности загрязнения ^{137}Cs территории до 235 кБк/м², что в сравнении с измерением до проведения мероприятий соответственно на 15 и 18 % меньше, обнаружили незначительную изменчивость показателей по вариантам опыта.

В 2021 году по опытному полю среднее по вариантам опыта удельная активность ^{137}Cs дерново-подзолистой супесчаной почвы составила 1205 Бк/кг, выявили незначительную изменчивость показателя, средняя плотность загрязнения ^{137}Cs территории – 325 кБк/м², определили незначительную изменчивость показателя.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Борка-лимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения вело к снижению средних показателей удельной активности ^{137}Cs почвы до 1120 Бк/кг и плотности загрязнения ^{137}Cs территории до 302 кБк/м², что в сравнении с измерением до проведения мероприятий соответственно на 8 и 7 % меньше, обнаружили незначительную изменчивость показателей по вариантам опыта.

В 2022 году по опытному полю среднее по вариантам опыта удельная активность ^{137}Cs дерново-подзолистой супесчаной почвы составила 601 Бк/кг, выявили среднюю изменчивость показателя, средняя плотность загрязнения ^{137}Cs территории – 179 кБк/м², определили незначительную изменчивость показателя.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Борка-лимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения вело к снижению средних показателей удельной активности ^{137}Cs почвы до 575 Бк/кг и плотности загрязнения ^{137}Cs территории до 161 кБк/м², что в сравнении с измерением до проведения мероприятия соответственно на 5 и 6 % меньше, обнаружили среднюю и незначительную изменчивость показателей по вариантам опыта.

Удельная активность ^{137}Cs дерново-подзолистой супесчаной почвы по годам исследования до проведения мероприятия по применению удобрений колебалась от 601 до 1205 Бк/кг, а после – от 575 до 1120 Бк/кг и зависела главным образом от количества выпавших радиоактивных осадков в результате аварии на ЧАЭС и естественного распада радионуклидов. Организационных, агротехнических и агрохимических мероприятий реабилитации радиоактивно загрязненной территории в малой степени влияли на изменчивость показателя. В тоже время применение агрохимических мероприятий создаёт барьер для перехода радионуклида из почвы в растения, тем самым мы снижаем накопление и вынос ^{137}Cs с урожаем. Наши исследования установили, что средства химизации не влияют на удельную активность ^{137}Cs почвы, а создают условия получения продукции растениеводства с допустимым содержанием ^{137}Cs .

ГЛАВА 6 ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ХИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ

Картофелеводство – одна из прибыльных отраслей растениеводства. Но урожайность картофеля составляет не более 50 % биологического потенциала. Для ведения картофелеводства, особенно на техногенно загрязненных угодьях, необходимо комплексное окультуривание почв, внедрение районированных сортов и перспективных ресурсосберегающих технологий. Внедрение и соблюдение комплекса технологических приемов возделывания картофеля позволяют получать в зависимости от сорта до 40-50 т клубней с гектара и более.

Системе удобрения отводится ведущая роль в повышении урожайности картофеля и преодолению негативных последствий действия окружающей среды на рост и развития сельскохозяйственной культуры. Экономическая эффективность применения новых видов удобрений при возделывании картофеля определяется по результатам их внедрения в производство на основе расчета показателей прибыли, прироста прибыли и уровня рентабельности.

В работе Д. С. Гастило с соавторами (2024) установлено, что применения комплексного органоминерального гранулированного удобрения пролонгированного действия КГУ «ИПАН» позволяет увеличить рентабельность сорта Першацвет на 7,71-31,49 %, сорта Скарб на 30,16-47,99 %, сорта Рубин на 3,61-20,23 %.

В условиях лугово-каштановых почв равнинной зоны Дагестана применение минерального удобрения в дозе N149P72 обуславливает наибольший экономический эффект: вырос уровень рентабельности на 112%, условная чистая прибыль составила 172,8 тыс. руб./га (Исмаилов и др., 2024)

В исследованиях Г. Х. Абидова с соавторами (2023) показано преимущество применения жидких органоминеральных удобрений на картофеле в качестве ли-

стовой подкормки, которое позволяет получать максимальный уровень рентабельности – 160,8%, что выше контроля на 31,0%.

В работе А. В. Панова с соавторами (2014) установлено, что применение органо-минерального комплекса ГЕОТОН при возделывании картофеля разных сортов увеличивают прибыль на 12-31 тыс. руб./га в зависимости от сорта.

В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси при возделывании среднепозднего сорта Вектар в системе удобрения рекомендуется применение Нутриванта плюс (картофельный) на фоне повышенных доз удобрений N130P90K150 при трехкратной обработке в дозе 2 кг/га, и использование микроудобрения МикроСтим В, Су на фоне N120P70K130 в дозе 1,3 л/га, что обеспечивает получение высокой прибыли (2377,45 и 2251,58 USD/га) и рентабельности (87,34 и 87,28 %) (Ионас, 2021).

В работе С. Сокола (2019) максимальные уровни прибыли и рентабельности при производстве картофеля обеспечивает применение вермигумуса и биопрепараторов битоксибациллин, бактофит, экосил. Размер прибыли (в зависимости от сорта) составил 5883-8065 USD/га при уровне рентабельности 116,4-157,0%, что соответственно на 523-1185 USD/га и 21,3-34,3% больше, чем при использовании традиционной технологии выращивания.

В Брянской области до сих пор не потеряла своей актуальности проблема снижения негативных последствий Чернобыльской катастрофы, решение которой требует значительных усилий и финансовых затрат. При этом большое внимание следует уделять экономическому обоснованию защитных мер. Они должны быть направлены как на уменьшение поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, так и на снижение ее себестоимости и повышение качества. В наших исследованиях изучали совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве Новозыбковского района Брянской области по средствам применения гуминового органоминерального препарата Гумитон и смеси удобрения ФосАгроНРК 8:20:30 и гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия на дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Экономическая оценка применения удобрения при возделывании картофеля на дерново-подзолистых супесчаных почвах, среднее за годы исследования

Система удобрения	Показатель	Стоймость валовой продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость 1 кг продукции, руб.	Чистый доход, руб.	Рентабельность, %
$N_{10}P_{40}K_{120}$ – фон	376500	164800	6,57	211700	128	
$N_{10}P_{40}K_{120}$ + Гумитон	414000	168665	6,11	245335	145	
Фон + $Mg_{120}CaO_{140}K_{140}B_3$	457500	187300	6,14	270200	144	
Фон + $Mg_{120}CaO_{140}K_{140}B_3$ + Гумитон	504000	194165	5,78	309835	160	
Фон + $N_{40}P_{100}K_{150}$	414000	185050	6,70	228950	124	
Фон + $N_{40}P_{100}K_{150}$ + Гумитон	499500	195915	5,88	303585	155	

Расчет экономической эффективности производства клубней картофеля при разном уровне химизации выполняли на 1 га, цена реализации 1 кг клубней составляла 15 руб.

Возделывание картофеля сорта Леди Клер, на дерново-подзолистых супесчаных почвах, с применением системы удобрения используемой в хозяйстве обеспечивает получение валовой продукции стоимостью 376,5 тыс. рублей с 1 гектара (табл. 6.1). Стоимость валовой продукции главным образом зависит от урожайности клубней и их качества, чем мы можем в какой-то степени управлять по средствам применение средств химизации, а также цены реализации, которая в зависимости от года колеблется в широких пределах и зависит от сложившейся конъектуры рынка продовольствия.

Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения обеспечивает увеличение стоимости валовой продукции с максимумом 504,0 тыс. рублей с 1 гектара.

Производственные затраты при увеличении уровня химизации росли с 164,8 тыс. руб. на 1 га при использовании системы удобрения картофеля хозяйства до 195,9 тыс. руб. на 1 га при дополнении системы удобрения картофеля хозяйства смесью удобрения ФосАгро и биологического препарата Гумитон.

Себестоимость продукции картофелеводства снижалась от 6,57 руб. за кг клубней при применении системы удобрения используемой в хозяйстве до 5,78 руб. за кг при совершенствовании системы удобрения картофеля по средствам применения гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия совместно с биопрепаратором Гумитон.

Выявили, что использование биологического препарата Гумитон совместно с системой удобрения хозяйства, а также при её совершенствовании и дополнительном внесении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро наблюдали снижение себестоимости продукции в сравнении с системой удобрения без биопрепарата, это связано с повышением урожайности картофеля под действием Гумитона и низкой стоимостью его применения.

Применение системы удобрения картофеля используемой в хозяйстве обеспечивает получение чистого дохода на уровне 211,7 тыс. рублей с 1 гектара. Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения обеспечивает увеличение чистого дохода с максимумом 309,8 тыс. рублей с 1 гектара (табл. 6.1).

Возделывание картофеля сорта Леди Клер, на дерново-подзолистых супесчаных почвах, с применением системы удобрения используемой в хозяйстве обеспечивает рентабельность производства на уровне 128 %. Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгро в дополнение к используемой системе удобрения обеспечивает увеличение рентабельности производства с максимумом 160 % (табл. 6.1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований и полученных результатов по эффективности совершенствования системы удобрения при возделывании картофеля на низкоплодородных радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых супесчаных почвах в изменяющихся условиях окружающей среды 2019-2021 годов Новозыбковского района Брянской области при плотности загрязнения ^{137}Cs территории 111-418 кБк/м² и лабораторно-аналитических исследований полученной продукции картофелеводства, статистической обработке полученных данных, выявили следующие тенденции и закономерности действия элементов совершенствования системы удобрения на урожайность и качество клубней при производстве картофеля, а также показатели плодородия почвы:

1. Совершенствование системы удобрения картофеля обуславливает достоверное повышение урожайности до 33,6 т/га при совместном применении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и биологического препарата Гумитон, установили значимый эффект Гумитона в повышении на 5,7 т/га урожайности клубней при совместно использовании со смесью удобрения ФосАгро. Боркалимагнезия + биопрепарат Гумитон при совершенствовании системы удобрения обеспечивает наибольшую 8,5 т/га прибавку урожая клубней и окупаемость используемых средств химизации на уровне 60,7 кг на кг д.в. NPK. Определили, что использование Гумитона повышает окупаемость средств химизации прибавкой урожая до 20 кг на кг д. в. при совершенствовании системы удобрения.

2. Определили, что индекс условий среды при возделывании картофеля колебался от -4,50 до 4,05, 2022 год был наиболее благоприятным, а 2021 год наименее благоприятным, что связано с высокой температурой воздуха (+25 °C) и большим количеством осадков (103,4 мм) в июле. Изменчивость показателя урожайности клубней картофеля под действием применением химизации в изменя-

ющихся условиях окружающей среды была значительной (22,3 %). Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве снижало влияние окружающей среды до незначительной (6,4 %) изменчивости показателя урожайности клубней при совместном применении гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и биопрепарата Гумитон.

При применении N10P40K120 + Гумитон агроценоз картофеля наиболее отзывчив на изменяющиеся почвенно-климатических условия годов исследования, коэффициент экологической пластичности равен 1,39. Наименее отзывчив агроценоз картофеля на изменяющиеся условия окружающей среды при использовании N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон, коэффициент экологической пластичности равен 0,45. Применение средств химизации N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 обуславливает повышение экологической стабильности агроценоза картофеля, соответственно показатель равен 0,33 и 0,01. Выявили, что при применении N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 агроценоз в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв юго-запада Брянской области слабо реагирует на улучшение условий окружающей среды, но продуцирует достаточно высокую стабильную урожайность.

Проведя анализ возможности реализации продуктивного потенциала картофельного поля по критерию «урожайности» при различном уровне применения средств химизации в условиях низкоплодородных почв юго-запада Брянской области установили возможность управления потенциалом продуктивности агроценоза посредством применения различных доз и сочетаний элементов питания в удобрении даже при экстремальных условиях среды.

3. Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгр, как отдельно, так и совместно изменяло биохимические показатели качества продукции картофелеводства: повышало содержание сухого вещества в клубнях до 19,9 %, выявили тренд к увеличению показателя, достоверной разницы в изменении содержания сухого вещества не обнаружили; повышало среднее содержание крахмала в клуб-

нях до 13,7 %, выявили тренд к увеличению показателя, обнаружили достоверную разницу в изменении содержания крахмала при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон; не изменяло содержание золы в клубнях, выявили достоверную разницу в снижении содержания до 5,18 % золы при применении N10P40K120 + Гумитон; достоверно повышало содержания протеина до 9,75 %, обнаружили значимое действие биопрепарата Гумитон в повышении содержания протеина в клубнях картофеля в сравнении с применением N10P40K120 и N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3; достоверно повышали содержания клетчатки до 5,06 % только при применении N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон, обнаружили тенденцию в повышении клетчатки в клубнях картофеля под действием биопрепарата Гумитон.

4. Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгр, как отдельно, так и совместно изменило элементный состав клубней картофеля: достоверно повышало содержание азота от 1,50 до 1,55 %; повышало содержания фосфора и калия соответственно от 0,27 до 0,30 % и от 2,52 до 2,68 %, достоверное повышение обнаружили при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон, N10P40K120 + N40P100K150 и N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон; повышало содержание кальция от 0,09 до 0,11 %, достоверное повышение обнаружили при применении N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон.

5. Производство картофеля в условиях радиоактивного загрязнения полевого опыта при применении системы удобрения применяемой в хозяйстве обуславливает получение клубней с удельной активностью ^{137}Cs 8,8 Бк/кг. Совершенствование системы удобрения картофеля в хозяйстве по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгр, как отдельно, так и совместно достоверно снижало удельную активность ^{137}Cs клубней картофеля от 6,7 до 2,5 Бк/кг. Установили достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs клубней картофеля под действием биопрепарата Гумитон.

6. В условиях юго-запада Брянской области, в изменяющихся агроклиматических, почвенных и радиационных условиях применение средств химизации снижает биологический вынос ^{137}Cs с урожаем, переход ^{137}Cs из почвы в клубни картофеля, выявили синергизм Гумитона и минерального удобрения в снижении накопления ^{137}Cs продукцией картофелеводства.

7. Установили, что вынос азота, фосфора и калия зависел от урожайности клубней картофеля и их элементного состава, которые в свою очередь зависели от уровня минерального питания. Совершенствование системы удобрения картофеля позволяет улучшить фосфорный и калийный режимы дерново-подзолистой супесчаной почвы, даёт возможность поддерживать баланс фосфора и калия на положительном уровне, что в условиях радиоактивного загрязнения территории приобретает особую значимость.

8. Совершенствование системы удобрения картофеля по средствам применения биологического препарата Гумитон, гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия и смеси удобрения ФосАгроВ в зависимости от погодных и почвенных условий повышало содержание гумуса, снижало обменную кислотность, повышало содержание подвижного фосфора и калия. Применение гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия как отдельно, так и совместно с биопрепаратором Гумитон, повышало содержания бора в дерново-подзолистой супесчаной почве до высокого уровня.

9. Удельная активность ^{137}Cs дерново-подзолистой супесчаной почвы по годам исследования до проведения мероприятия по применению удобрений колебалась от 601 до 1205 Бк/кг, а после – от 575 до 1120 Бк/кг и зависела главным образом от количества выпавших радиоактивных осадков в результате аварии на ЧАЭС и естественного распада радионуклидов. Средства химизации не влияют на удельную активность ^{137}Cs почвы, а создают условия получения продукции растениеводства с допустимым содержанием ^{137}Cs .

10. Анализ экономической эффективности выявил, что применение системы удобрения используемой в хозяйстве при возделывании картофеля сорта Леди Клер обеспечивает рентабельность производства на уровне 128 %. Совершенство-

вание системы удобрения картофеля обеспечивает увеличение рентабельности производства с максимумом 160 % при использовании биологического препарата Гумитон и гранулированной удобрительной смеси Боркалимагнезия.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях низкоплодородных дерново-подзолистых супесчаных почв при плотности загрязнения ^{137}Cs территории 111-418 кБк/м² для получение экономически оправданных стабильно высоких урожаев клубней картофеля до 33 т/га в изменяющихся условиях окружающей среды необходимо применять системы удобрения N10P40K120 + Mg120CaO140K140B3 + Гумитон или N10P40K120 + N40P100K150 + Гумитон. Использование, которых позволит улучшить биохимические показатели качества, повысить элементный состав клубней и снизить накопление ^{137}Cs в продукции, а также улучшить агрохимические показатели плодородия почвы.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем для углубления темы исследований необходимо определить значение различных видов регуляторов роста в увеличении урожайности и качества клубней картофеля. Исследовать содержания различных форм ^{137}Cs в пахотном горизонте. Провести исследование по изучению роли органического удобрения в изменении урожайности и накоплении ^{137}Cs продукцией картофелеводства. Исследовать другие формы минерального удобрения при возделывании картофеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н. И. Санжарова, А. Н. Ратников, С. В. Фесенко [и др.] // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 73-89. – DOI 10.25791/intstg.07.2020.1199.
2. Авария на Чернобыльской АЭС: защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве / С. В. Фесенко, Н. И. Санжарова, Н. Н. Исамов, О. А. Шубина // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 3. – С. 261-276. – DOI 10.31857/S086980312103005X
3. Агроклиматические ресурсы Брянской области. – Л :Гидрометеоиздат, 1972. – 91 с.
4. Агроэкологическая оценка эффективности отхода содового производства в качестве химического мелиоранта для известкования кислых почв / Н. И. Аканова, П. М. Орлов, И. В. Недосеко, Р. Р. Зинатуллин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 3(393). – С. 301-305. – DOI 10.55186/25876740_2023_66_3_301.
5. Адаптивность сортов картофеля – важный фактор урожайности / А. А. Молявко, С. В. Жевора, А. В. Марухленко [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(89). – С. 17-23.
6. Акопджанян, Э. Т. Урожайность и семенная продуктивность картофеля при внесении комплексных удобрений / Э. Т. Акопджанян, В. И. Титова // Плодородие. – 2024. – № 4(139). – С. 10-14. – DOI 10.25680/S19948603.2024.139.02.
7. Алексахин, Р. М. О реабилитации территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Р. М. Алексахин, Г. В. Козьмин, С. В. Фесенко, Н. И. Санжарова // Вестник РАСХН. – 1994. – №2. – С. 28–30.

8. Алексахин, Р.М. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) / Р.М. Алексахин, М.И. Лунёв // Плодородие. – 2011. – №3. – С. 32-35.
9. Анализ факторов, определяющих эффективность защитных мероприятий в сельском хозяйстве при радиоактивном загрязнении / С. В. Фесенко, Р. М. Алексахин, К. Б. Лисянский, Н. И. Санжарова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1998. – Т. 38, Вып. 3. – С. 337-353.
10. Андреева, О. Е. Последействие органических удобрений на урожайность картофеля в условиях Чувашской Республики / О. Е. Андреева // АгроЭко-Инфо. – 2024. – № 5(65). – DOI 10.51419/202145503.
11. Анищенко, В. А. Урожайность картофеля и качество клубней в условиях радиоактивно загрязненных песчаных почв / В. А. Анищенко, Л. А. Воробьева, Е. В. Смольский // Полitemатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 202. – С. 324-334. – DOI 10.21515/1990-4665-202-028.
12. Антыков, А. Я. Почвы Брянской области и условия их образования / А. Я. Антыков. – Брянск: Брянский рабочий, 1958. – 164 с.
13. Байкарова, Л. П. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен / Л. П. Байкарова, Ю. И. Серебренников // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №4. – С. 37-44.
14. Барчукова, А. Я. Влияние применения регуляторов роста и микроэлементов в технологии выращивания картофеля на рост растений, формирование клубней, их урожайность и качество / А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Н. В. Чернышева // Рисоводство. – 2023. – № 2(59). – С. 61-66. – DOI 10.33775/1684-2464-2023-59-2-61-66.
15. Батукаев, А. А. Оптимизация технологии выращивания картофеля в условиях горной зоны КБР / А. А. Батукаев, З. Г. С. Шибзухов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2024. – № 2(44). – С. 7-15. – DOI 10.55196/2411-3492-2024-2-44-7-15.

16. Бацазова, Т. М. Микроудобрения и агроклиматические условия формирования урожайности картофеля / Т. М. Бацазова // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 107-9. – С. 115-117. – DOI 10.18411/trnio-03-2024-473.
17. Бацазова, Т. М. Урожайность и качество картофеля в зависимости от площади питания / Т. М. Бацазова // Научная жизнь. – 2024. – Т. 19, № 2(134). – С. 241-245. – DOI 10.35679/1991-9476-2024-19-2-241-245.
18. Баянова, О. В. К вопросу об обеспеченности Российской Федерации картофелем собственного производства / О. В. Баянова // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 3. – С. 105-117. – DOI 10.55186/2413046X_2024_9_3_136.
19. Беленков, А. И. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта / А. И. Беленков, В. Д. Полин, В. А. Николаев // Научно-агрономический журнал. – 2024. – № 1(124). – С. 48-55.
20. Белоус, Н. М. Влияние длительного комплексного применения удобрений и агротехнических приемов на размеры накопления ^{137}Cs урожаем сельскохозяйственных культур в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / Н. М. Белоус, Г. П. Малявко, В. Ф. Шаповалов, В. В. Талызин, П. В. Прудников // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 1. – С. 25–31.
21. Белоус, Н. М. Влияние удобрений на урожай и качество картофеля в условиях радиоактивного загрязнения на дерново-подзолистой песчаной почве: специальность 06.01.00 "Агрономия": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Белоус Николай Максимович. – Москва, 1992. – 177 с.
22. Белоус, Н.М. Воспроизводство плодородия и реабилитация радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада России: автореферат диссертации доктора с.-х. наук / Н.М. Белоус. – М., 2000. – 51 с.
23. Белоус, Н.М. Развитие радиоактивно загрязненных территорий Брянской области в отдельный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. – 2018. – № 1 (65). – С. 3-11.

24. Богдевич, И. М. Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь./ И. М. Богдевич, А. Г. Подоляк, И. Д. Шмигельская // Агротехнический вестник. – 2006. – № 2. – С. 13–19.
25. Большешапова, Н. И. Экологическая пластичность и стабильность среднеранних сортов картофеля Иркутского ГАУ / Н. И. Большешапова, С. П. Бурлов, И. Н. Абрамова // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 123. – С. 6-13. – DOI 10.51215/1999-3765-2024-123-6-13.
26. Бондаренко, А. Н. Усовершенствование зональной технологии возделывания картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия / А. Н. Бондаренко, Е. Н. Петров // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 4. – С. 4-10. – DOI 10.28983/asj.y2024i4pp4-10.
27. Бортник, Т. Ю. Эффективность хлористого калия при его длительном использовании в зернопаропропашном севообороте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве / Т. Ю. Бортник, А. Ю. Карпова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4(76). – С. 18-26. – DOI 10.48012/1817-5457_2023_4_18-26.
28. Булдаков, С. А. Опыт использования биопрепаратов для внедрения в органическое картофелеводство / С. А. Булдаков, Л. П. Плеханова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 5-1(95). – С. 105-108. – DOI 10.23670/IRJ.2020.95.5.018.
29. Бутов, И. С. Овощеводство и картофелеводство России: итоги 2023 года / И. С. Бутов // Картофель и овощи. – 2024. – № 1. – С. 8-11. – DOI 10.25630/PAV.2024.82.13.007.
30. Васбиева, М. Т. Влияние длительного применения азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, баланс органического углерода и элементов питания / М. Т. Васбиева, Д. Г. Шишков // Агротехника. – 2025. – № 2. – С. 16-25. – DOI 10.31857/S0002188125020036.
31. Васильев, А. А. Влияние агротехники на продуктивность новых сортов картофеля уральской селекции / А. А. Васильев, А. К. Горбунов // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 2. – С. 12-19. – DOI 10.28983/asj.y2025i2pp12-19.

32. Васильев, А. А. Влияние величины семенного материала и густоты посадки на урожайность и качество клубней картофеля / А. А. Васильев, Н. А. Давыдова // АПК России. – 2024. – Т. 31, № 3. – С. 344-352. – DOI 10.55934/2587-8824-2024-31-3-344-352.
33. Васильев, А. А. Оценка адаптивного потенциала коллекции картофеля Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства / А. А. Васильев, Т. Т. Дергилева, В. П. Дергилев // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 257-265.
34. Васильев, А. А. Продуктивность новых сортов картофеля уральской селекции в зависимости от уровня минерального питания и схемы посадки / А. А. Васильев // Агропродовольственная политика России. – 2024. – № 2-3(110). – С. 45-52. – DOI 10.35524/2227-0280_2024_02-03_45.
35. Васин, Ю. Ю. Урожайность, адаптивный потенциал и качество клубней различных по спелости сортов картофеля в зависимости от уровня питания на юго-западе Нечерноземья России: специальность 06.01.09 "Овощеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Васин Юрий Юрьевич. – Брянск, 2007. – 28 с.
36. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. М. Белоус, П. В. Прудников, А. М. Щеглов [и др.] // Радиация и риск. – 2019. – Т. 28, № 3. – С. 36-46.
37. Виноградов, Д. В. Обоснование применения регуляторов роста при возделывании картофеля в условиях Рязанского района / Д. В. Виноградов, И. С. Питюрина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 7(237). – С. 12-18. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-237-7-12-18.
38. Влияние биопрепарата Ризобакт на продуктивность и качество сортов картофеля, перспективных для диетического питания / Е. В. Рогозина, С. Д. Киру, О. А. Горшков [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного аграр-

ного университета. – 2024. – № 3(77). – С. 60-70. – DOI 10.24411/2078-1318-2024-3-60-70

39. Влияние длительного применения минеральной и органо-минеральной систем удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур и агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы / А. А. Коваленко, Т. М. Забугина, А. А. Завалин, С. Н. Сапожников // Агрохимия. – 2022. – № 7. – С. 24-32. – DOI 10.31857/S0002188122070080.

40. Влияние отдельных элементов технологии возделывания картофеля сорта Гала на урожайность клубней в условиях Закамья Республики Татарстан / К. Н. Давлетов, Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 1(9). – С. 20-26. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-20-26.

41. Возобновляемые биоресурсы повышения продуктивности картофеля / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева, И. А. Арсентьев // Путь науки. – 2024. – № 1(119). – С. 21-28.

42. Воробьев, Г. Т. Почвы Брянской области: генезис, свойства, распространение / Г. Т. Воробьев, – Брянск: Границы, 1993. – 158 с.

43. Воробьев, Г. Т. Работа агрохимической службы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в Брянской области / Г. Т. Воробьев // Химизация в сельском хозяйстве. – 1996. – № 1. – С. 16-18.

44. Гайзатулин, А. С. Реакция сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в северной лесостепи Тюменской области / А. С. Гайзатулин, Ю. П. Логинов // Дальневосточный аграрный вестник. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 28-41. – DOI 10.22450/1999-6837-2024-18-2-28-41.

45. Гастило, Д. С. Урожайность и экономическая эффективность возделывания продовольственного картофеля при применении комплексного органоминерального гранулированного удобрения КГУ «ИПАН» / Д. С. Гастило, Д. Д. Фицуров, В. А. Сердюков // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2024. – № 60. – С. 120-127.

46. Гасымова, Ф. Н. Баланс питательных элементов под картофелем / Ф. Н. Гасымова // Аграрная наука. – 2010. – № 9. – С. 15-16.
47. Гериева, Ф. Т. Оценка ранних сортов картофеля в условиях Северо-Кавказского региона / Ф. Т. Гериева, А. Р. Пухаев, Б. В. Бекмурзов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 110. – С. 88-93. – DOI 10.21515/1999-1703-110-88-93.
48. Гериева, Ф. Т. Оценка сортов картофеля по продуктивности и адаптивности в условиях Северо-Кавказского региона / Ф. Т. Гериева, З. И. Ревазова // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 2. – С. 10-17. – DOI 10.28983/asj.y2024i2pp10-17.
49. Глаз, Н. В. Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от приемов агротехники в условиях Челябинской области / Н. В. Глаз, А. А. Васильев, А. К. Горбунов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(69). – С. 15-21. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-69-1-15-21.
50. Гордеев, О. В. Влияние комплексного удобрения Форсаж на формирование планируемой урожайности картофеля в лесостепной зоне Челябинской области / О. В. Гордеев, Т. Т. Дергилева, А. Д. Исламова // Агропродовольственная политика России. – 2023. – № 4(107). – С. 20-26. – DOI 10.35524/2227-0280_2023_04_22.
51. Дайнеко, Т. М. Результаты применения биофунгицида и микроудобрения на картофеле / Т. М. Дайнеко, Н. А. Близнюк // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2. – С. 60-63.
52. Действие органических и минеральных удобрений и их сочетание при внесении под картофель на черноземах Закамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 19, № 2(74). – С. 39-43. – DOI 10.12737/2073-0462-2024-39-43.
53. Демиденко, Г. А. Динамика урожайности картофеля сорта Аврора при выборе предшественника и применении разных систем удобрений в Краснояр-

ской лесостепи / Г. А. Демиденко // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 1(21). – С. 53-58. – DOI 10.52671/26867591_2024_1_53.

54. Дергилева, Т. Т. Адаптивный потенциал среднеспелых сортов картофеля челябинской селекции в условиях Южного Урала / Т. Т. Дергилева, А. А. Васильев // Агропродовольственная политика России. – 2024. – № 1(109). – С. 21-30. – DOI 10.35524/2227-0280_2024_01_21.

55. Джуманазаров, Х. Световая и радиационная потребность картофеля в сельском хозяйстве / Х. Джуманазаров, Ч. Чарыев // Матрица научного познания. – 2024. – № 2-1. – С. 70-72.

56. Дзедаев, Х. Т. Влияние биопрепаратов на урожайность и качество сортов картофеля / Х. Т. Дзедаев, И. О. Газданова, Т. А. Моргоев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 96. – С. 75-78. – DOI 10.21515/1999-1703-96-75-78.

57. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию после аварии на ЧАЭС: зерно, картофель и овощи / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Е. С. Емлютина [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2023. – Т. 63, № 2. – С. 172-185.

58. Динамика содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции Брянской области после аварии на ЧАЭС: зерно, картофель и овощи / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Е. С. Емлютина [и др.] // Радиационная гигиена. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 45-57.

59. Днепровская, В. Н. Влияние применения сапропелей на урожайность и качество картофеля / В. Н. Днепровская, О. И. Шубина // Вестник ИрГСХА. – 2024. – № 121. – С. 26-37.

60. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. // Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

61. Дьячков, И. С. Влияние органоминерального удобрения Natur Agro Ecogrow на урожайность и качество клубней картофеля / И. С. Дьячков // Вестник

молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1. – С. 19-22.

62. Жевора, С. В. Развитие селекции и семеноводства картофеля в России / С. В. Жевора // Картофель и овощи. – 2025. – № 1. – С. 38-42. – DOI 10.25630/PAV.2025.41.86.005.

63. Зайцева, Г. А. Погодные условия как фактор, влияющий на продуктивность картофеля / Г. А. Зайцева, О. М. Ряскова // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 3.

64. Замятин, С. А. Эффективность применения биологических препаратов проростим на картофеле / С. А. Замятин, Р. Б. Максимова, С. А. Максуткин // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 6. – С. 23-26. – DOI 10.31857/S2500208224060062.

65. Засорина, Э. В. Особенности применения биогумуса в картофелеводстве Центрального Черноземья / Э. В. Засорина, Е. И. Комарицкая // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 7. – С. 19-25.

66. Захаров, А. М. Влияние способа обработки междурядий на урожайность картофеля в системе органического земледелия / А. М. Захаров, Е. А. Мурзаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 74-80. – DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-1-74-80.

67. Зинковская, Т. С. Продуктивность картофеля и баланс элементов питания при удобрении и орошении осушаемой дерново-подзолистой почвы / Т. С. Зинковская, Н. Г. Ковалев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 4(47). – С. 47-50.

68. Иванова, Ж. А. Эффективность применения биоактивированного помёта под картофель на дерново-подзолистой почве / Ж. А. Иванова // Плодородие. – 2022. – № 2(125). – С. 57-61. – DOI 10.25680/S19948603.2022.125.14.

69. Изучение возможности биофортifikации картофеля йодом в условиях Северо-Запада РФ / З. П. Котова, П. С. Филиппова, Т. А. Данилова, Ю. А. Тюкалов // Агрохимический вестник. – 2024. – № 1. – С. 51-54. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-1-009.

70. Икоева, Л. П. Влияние глубины и способов обработки почвы под картофель в горной зоне РСО-Алания / Л. П. Икоева // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 1. – С. 32-37. – DOI 10.28983/asj.y2025i1pp32-37.
71. Ионас, Е. Л. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, качество и химический состав клубней картофеля / Е. Л. Ионас // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2. – С. 112-116.
72. Ионас, Е. Л. Эффективность различных систем удобрения картофеля / Е. Л. Ионас // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 40-43.
73. Исмаилов, А. Б. Влияние минеральных удобрений на продуктивность клубней и экономическая эффективность возделывания различных сортов картофеля в условиях равнинной зоны Дагестана / А. Б. Исмаилов, Н. А. Юсуфов, Ш. Т. Алиярова // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3(59). – С. 34-39. – DOI 10.52671/20790996_2024_3_34.
74. К вопросу о производстве нормативно чистой продукции растениеводства и кормопроизводства в условиях загрязнения почв ^{137}Cs / А. В. Панов, А. А. Музалевская, Р. М. Алексахин [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 2. – С. 4-13.
75. Козлов, А. В. Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита / А. В. Козлов, А. Х. Куликова, И. П. Уромова // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 183-198. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
76. Конова, А. М. Продуктивность севооборота и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении агрохимических средств / А. М. Конова, Л. М. Державин, Л. Н. Самойлов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 3. – С. 9-11.

77. Коренев, В.Б. Влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожай и накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В.Б. Коренев, Л.А. Воробьева // Агрохимический вестник. – 2016. – Т.2, №2. – С. 20–22.
78. Корзун, О. С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие // О. С. Корзун, А. С. Бруйло. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
79. Кормин, В. П. Химический состав почвы и растений при применении биогумуса под картофель на лугово-черноземной почве Омской области / В. П. Кормин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(53). – С. 43-48.
80. Корсаков, К. В. Эффективность солей гуминовых кислот и хелатных форм микроудобрений при возделывании картофеля на орошаемых каштановых почвах Заволжья / К. В. Корсаков, В. В. Проныко, Н. А. Проныко // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 10. – С. 42-46. – DOI 10.28983/asj.y2024i10pp42-46.
81. Котченко, С. Г. Динамика плодородия пахотных почв Тюменской области / С. Г. Котченко, А. Я. Воронин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 7. – С. 41-43.
82. Кравченко, А. В. Продуктивность и качество картофеля при использовании известковых мелиорантов и сидеральных предшественников в условиях Центрального Нечерноземья: специальность 06.01.09 "Овощеводство": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кравченко Анна Витальевна. – Москва, 2008. – 140 с.
83. Курмашева, Н. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность картофеля / Н. Г. Курмашева, Ф. Ф. Авсахов // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 2(62).
84. Курсакова, В. С. Оценка влияния препаратов диазотрофных бактерий на формирование урожайности картофеля в степной зоне Алтайского края / В. С. Курсакова, Н. В. Чернецова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(232). – С. 5-10. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-232-2-5-10.

85. Леонова, Н. В. Оценка применения удобрений и мелиорантов на почвах, загрязненных радиоактивными осадками / Н. В. Леонова, П. В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 8-11.
86. Логинов, Ю. П. Сорт - основной элемент органического картофелеводства в северной лесостепи Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. С. Гайзатулин, А. И. Дружинин // Вестник Курганской ГСХА. – 2020. – № 1(33). – С. 4-9.
87. Малявко, Г. П. Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв / Г. П. Малявко, Е. В. Смольский, В. Ф. Шаповалов // Зернобобовые и крупынные культуры. – 2023. – № 2(46). – С. 83-88. DOI:10.24412/2309-348X-2023-2-83-88.
88. Мамеев, В. В. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области / В. В. Мамеев, В. Е. Ториков // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 55-62.
89. Махмудова, Э. П. Продуктивность картофеля в боярных условиях на черноземных почвах Гедабекского района Азербайджана / Э. П. Махмудова // Бюллетень науки и практики. – 2024. – Т. 10, № 6. – С. 118-124. – DOI 10.33619/2414-2948/103/17.
90. Мероприятия по реабилитации и безопасному использованию сельскохозяйственных угодий, временно исключенных из землепользования / Г. В. Козьмин, Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 1. – С. 19-22.
91. Микоценозы картофеля на полях Новозыбковского района Брянской области с разным уровнем радиоактивного загрязнения и хозяйственного использования / С. Н. Михалева, Л. Н. Ульяненко, Н. И. Будынков, А. П. Глинушкин // Агрохимия. – 2024. – № 1. – С. 50-60. – DOI 10.31857/80002188124010071.
92. Минаков, И. А. Продовольственная безопасность в сфере потребления картофеля / И. А. Минаков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2023. – № 3. – С. 28-33. – DOI 10.31442/0235-2494-2023-0-3-28-33.

93. Минеральное питание картофеля и плодородие почв / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева, И. А. Арсентьев // Научные труды по агрономии. – 2024. – № 1(12). – С. 19-28. – DOI 10.35244/2658-7963-2024-7-1-19-28.
94. Митрофанов, Ю. И. Динамика некоторых критериев почвенного плодородия в условиях несбалансированного земледелия / Ю. И. Митрофанов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1(56). – С. 53-59.
95. Молявко, А. А. Влияние норм расхода борофоски и сроков уборки картофеля на пораженность клубней болезнями / А. А. Молявко, А. В. Марухленко, Н. П. Борисова // Защита и карантин растений. – 2024. – № 10. – С. 24-26. – DOI 10.47528/1026-8634_2024_10_24.
96. Молявко, А. А. Научное обеспечение увеличения производства картофеля на юго-западе Центральной России: специальность 06.01.09 "Овощеводство", 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Молявко Алексей Александрович. – Брянск, 2000. – 486 с.
97. Новиков, М. Н. Оценка систем удобрения в пропашном севообороте с картофелем / М. Н. Новиков // Агрохимия. – 2022. – № 12. – С. 3-6. – DOI 10.31857/S0002188122120109.
98. Нохрин, Д. Ю. Ранжирование 26 сортов картофеля по комплексу хозяйствственно ценных признаков в условиях Южного Урала / Д. Ю. Нохрин, А. А. Васильев // АПК России. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 14-23. – DOI 10.55934/2587-8824-2024-31-1-14-23.
99. О реабилитации территорий, подвергшихся загрязнению / Р. М. Алексахин, Г. В. Козьмин, Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко // Вестник РАСХН. – 1994. – № 2. – С. 28-30.
100. Обобщение лизиметрических наблюдений при длительном применении минеральных удобрений и средств защиты в посадках картофеля / Н. В. Потапова, Н. В. Смолин, А. Н. Никольский [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 4. – С. 50-55. – DOI 10.28983/asj.y2024i4pp50-55.

101. Основы выращивания картофеля в сельском хозяйстве и уход за ним / А. Аннагурбанов, А. Аннамов, Н. Акмадов, С. М. Чарыев // Инновационная наука. – 2024. – № 2-2. – С. 64-65.
102. Особенности воздействия микробиологического препарата «Флавобактерин» на урожайность и качество клубней картофеля сорта Удача / А. П. Кожемяков, В. Б. Минин, Ю. В. Лактионов [и др.] // Аграрная наука. – 2024. – № 4. – С. 94-100. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-381-4-94-100.
103. Отзывчивость картофеля на удобрение на дерново-глеевых почвах / С. Х. Дзанагов, А. Г. Ваниев, А. Х. Козырев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 61-2. – С. 7-14. – DOI 10.54258/20701047_2024_61_2_7.
104. Оценка адаптивного потенциала среднеспелых сортов картофеля челябинской селекции / Т. Т. Дергилева, В. П. Дергилев, А. А. Васильев, А. Д. Исламова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(70). – С. 10-16. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-70-2-10-16.
105. Павлов, М. Н. Оценка состава и выноса питательных веществ с клубнями антоциансодержащих сортов картофеля в ЦРНЗ РФ / М. Н. Павлов, К. Н. Хомякова, Т. И. Смирнова // Аграрная наука. – 2024. – № 5. – С. 97-101. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-382-5-97-101.
106. Панов, А. В. Изменение эффективности защитных мероприятий по снижению накопления ^{137}Cs сельскохозяйственными растениями в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, Р. М. Алексахин, А. А. Музалевская // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – Т. 51, № 1. – С. 134-153.
107. Перспективы применения йода в системе удобрения дерново-подзолистых почв на примере картофеля / П. С. Филиппова, П. А. Филиппов, Н. С. Прияткин [и др.] // Агротехнический вестник. – 2024. – № 3. – С. 36-41. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-3-006.
108. Перспективы применения различных видов и штаммов симбиотических бактерий (*Xenorhabdus* sp.) в биологической защите картофеля от болезней в

условиях Европейского Севера России / З. П. Котова, Т. А. Данилова, Л. Г. Данилов, М. В. Архипов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 3. – С. 395-406. – DOI 10.30766/2072-9081.2024.25.3.395-406.

109. Питюрина, И. С. Влияние органоминерального удобрения на урожайность и качество клубней картофеля в условиях Нечерноземной зоны / И. С. Питюрина, Д. В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 39-45. – DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-3-39-45.

110. Питюрина, И. С. Выращивание картофеля с использованием органоминеральных удобрений на основе отработанного грибного компоста в условиях Нечерноземной зоны / И. С. Питюрина, Д. В. Виноградов // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 1. – С. 39-45. – DOI 10.28983/asj.y2024i1pp39-45.

111. Плодородие почвы и урожайность картофеля на основе научно обоснованной системы применения мелиорантов и удобрений / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. И. Аканова [и др.] // Плодородие. – 2022. – № 6(129). – С. 55-59. – DOI 10.25680/S19948603.2022.129.15.

112. Подлесный, А. Н. Влияние биопрепаратов на рост и развитие картофеля в условиях Северо-Казахстанской области / А. Н. Подлесный, А. С. Шаяхметова // Вестник СКУ им. М. Козыбаева. – 2024. – № 1(61). – С. 101-108. – DOI 10.54596/2958-0048-2024-1-101-108.

113. Попов, Ю. В. Возможности биологизации защиты картофеля от вредных организмов в условиях лесостепи ЦЧР / Ю. В. Попов, В. Ф. Рукин, И. С. Торопчин // Сахарная свекла. – 2024. – № 1. – С. 27-31. – DOI 10.25802/SB.2024.14.47.005.

114. Потенциал продуктивности овса посевного в условиях запада Брянской области / Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, Г. П. Малявко и др. // Агрохимический вестник. – 2023. – №4. – С. 35-38.

115. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 608 с.

116. Применение Силипланта как регулятора роста при возделывании картофеля в аридной зоне Северного Прикаспия / Е. А. Захарова, Н. Ю. Петров, Е. А. Кузнецова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 2(74). – С. 103-108. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-12.

117. Применение химических и биологических препаратов на картофеле в качестве предпосадочной обработки клубней / Ф. Ф. Пуздря, А. В. Боженков, С. А. Круглова [и др.] // Аграрная наука. – 2024. – № 2. – С. 102-106. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-379-2-102-106.

118. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск: Приок. кн. изд-во, 1975. – 611 с.

119. Прищепенко, Е. А. Применение комплекса удобрений при возделывании картофеля / Е. А. Прищепенко, М. М. Хисматуллин // Плодородие. – 2024. – № 6(141). – С. 35-39. – DOI 10.25680/S19948603.2024.141.07.

120. Продуктивность новых отечественных сортов картофеля на фоне биомодифицированных минеральных удобрений / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина [и др.] // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – № 1(31). – С. 77-84. – DOI 10.24888/2541-7835-2024-31-77-84.

121. Просянников, Е. В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области / Е. В. Просянников, Г. П. Малявко, В. В. Мамеев // Агрохимический вестник. – 2021. – № 6. – С. 45-49.

122. Прудников, П. В. Использование местных агроруд для известкования и удобрения почв Брянской области / П. В. Прудников // Плодородие. – 2007. – № 5(38). – С. 25-26.

123. Прудников, П. В. Комплексное применение удобрений и мелиорантов на испытательных полигонах Брянской области / П. В. Прудников, Ю. А. Сезин // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 2-7.

124. Прудников, П. В. Применение фосфоритной муки и хлористого калия при возделывании полевых культур в Брянской области / П. В. Прудников, С. П. Прудников // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 44-50.

125. Прудников, П. В. Эффективность агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий / П. В. Прудников, Л. А. Ковалев, З. Н. Маркина // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2. – С. 8-10.
126. Рабинович, Г. Ю. Переработка разновозрастного куриного помета путем модификации базовой технологии в биокомпост и его апробация на картофеле / Г. Ю. Рабинович, И. А. Трешкин // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 2. – С. 45-54. – DOI 10.28983/asj.y2024i2pp45-54.
127. Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности / Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко, И. К. Романович [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 3. – С. 322-335.
128. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, П. В. Прудников, И. Е. Титов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 25-35.
129. Ратников, А. Н. Агропромышленное производство на радиоактивно загрязнённой территории / А. Н. Ратников, Т. Л. Жигарева, Г. И. Попова // Химизация сельского хозяйства. – 1992. – № 4. – С. 32-40.
130. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А. В. Панов, А. Н. Ратников, Д. Г. Свириденко [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 46-50. – DOI 10.31857/S2500262721030091.
131. Ревкова, М. А. Вайбранс Топ - эффективный препарат для защиты картофеля от комплекса болезней / М. А. Ревкова // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 3. – С. 65-70. – DOI 10.28983/asj.y2024i3pp65-70.
132. Результаты экологического испытания ранних и среднеранних сортов картофеля селекции Уральского НИИСХ в Республике Коми / А. М. Турлакова, С. А. Быков, А. Н. Пожирицкая, В. Г. Зайнуллин // Пермский аграрный вестник. – 2024. – № 2(46). – С. 102-109. – DOI 10.47737/2307-2873_2024_46_102.

133. Секирников, А. Е. Формирование урожая раннего картофеля и качества клубней в зависимости от применяемых средств химизации на юго-западе Центрального региона России: специальность 06.01.04 "Агрохимия": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Секирников Алексей Евгеньевич, 2022. – 166 с.
134. Семенова, К. А. Климатические ресурсы для выращивания картофеля на юге Томской области / К. А. Семенова, Е. С. Волкова // Интерэспо ГеоСибирь. – 2024. – Т. 4, № 2. – С. 42-49. – DOI 10.33764/2618-981X-2024-4-2-42-49.
135. Семыкин, В. А. Баланс элементов питания и гумуса в землях сельскохозяйственного назначения Курской области / В. А. Семыкин, И. Я. Пигорев, О. В. Никитина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 6-11.
136. Сергеева, В. А. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на урожайность сортов картофеля / В. А. Сергеева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 1(41). – С. 58-62.
137. Серебренников, Ю. И. Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен / Ю. И. Серебренников // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 50-59.
138. Снижение химической нагрузки на агроценоз и экономический эффект от проводимых мероприятий / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский [и др.] // Аграрная Россия. – 2024. – № 6. – С. 34-38. – DOI 10.30906/1999-5636-2024-6-34-38.
139. Совершенствование системы защиты картофеля в условиях юго-запада Центрального региона России / В. М. Никифоров, С. А. Бельченко, А. С. Шевцов [и др.] // Сахарная свекла. – 2024. – № 2. – С. 31-36. – DOI 10.25802/SB.2024.30.49.005.
140. Совершенствование элементов технологии возделывания картофеля в производственных условиях / С. А. Бельченко, В. М. Никифоров, А. С. Шевцов,

М. И. Никифоров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 6. – С. 29-40. – DOI 10.26898/0370-8799-2024-6-3.

141. Совершенствование элементов технологии выращивания картофеля в биологизированном земледелии / В. Г. Сычев, Г. Х. Абидова, И. М. Ханиева [и др.] // Плодородие. – 2024. – № 6(141). – С. 89-92. – DOI 10.25680/S19948603.2024.141.20.

142. Содержание и запасы органического вещества в черноземе выщелоченном Южного Предуралья при внесении помета и фосфогипса / И. М. Габбасова, Т. Т. Гарипов, М. А. Комиссаров [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2024. – № 2. – С. 20-23. – DOI 10.26178/AE.2024.56.35.005.

143. Сокол, С. Экономическая эффективность и качество клубней при возделывании картофеля для получения органического продукта питания / С. Сокол // Аграрная экономика. – 2019. – № 12(295). – С. 48-54.

144. Сравнительная оценка сортов среднераннего картофеля, выращенного в условиях Юга Тюменской области / Н. О. Ренев, М. В. Ренева, Е. С. Родина, О. А. Шахова // Агропродовольственная политика России. – 2024. – № 1(109). – С. 44-52. – DOI 10.35524/2227-0280_2024_01_44.

145. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции (с изменениями на 8 августа 2019 года). Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 800.

146. Трубников, Ю. Н. Продуктивность и изменение агрохимических свойств агросерых почв за длительный период их использования в Средней Сибири / Ю. Н. Трубников, А. А. Крючков // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 4. – С. 10-16. – DOI 10.53859/02352451_2024_38_4_10.

147. Тулинов, А. Г. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качественные показатели перспективных гибридов картофеля / А. Г. Тулинов // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 5. – С. 73-78. – DOI 10.28983/asj.y2024i5pp73-78.

148. Увеличение пищевой ценности картофеля при использовании боросодержащего хелатного соединения / А. А. Петрова, Т. И. Смирнова, М. Н. Павлов,

И. А. Дроздов // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 10. – С. 13-17. – DOI 10.17513/use.37207.

149. Урожайность и качество картофеля нового сорта Смоляночка при применении ростостимулирующих препаратов / А. Ю. Гаврилова, А. М. Конова, Л. К. Чехалкова, Д. В. Козунов // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 11. – С. 10-16. – DOI 10.28983/asj.y2024i11pp10-16.

150. Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от минеральных удобрений / М. М. Кудахова, А. Б. Исмаилов, Е. К. Омарова, Г. А. Алимирзаева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(77). – С. 87-92.

151. Урожайность, качество и пригодность к переработке различных сортов картофеля при выращивании в условиях Центрального региона РФ / Ю. Г. Кашина, Г. Л. Белов, В. Н. Зейрук, Л. В. Дмитриева // Овощи России. – 2024. – № 5. – С. 91-97. – DOI 10.18619/2072-9146-2024-5-91-97.

152. Фесенко, С. В. Уроки крупных радиационных аварий для аварийного реагирования в сельском хозяйстве / С. В. Фесенко // Атомная энергия. – 2024. – Т. 136, № 3-4. – С. 160-167.

153. Фотосинтетическая деятельность сортов раннего картофеля в зависимости от разных препаратов роста / М. М. Эльдарханова, М. Р. Мусаев, А. А. Магомедова, З. М. Мусаева // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 1(57). – С. 94-98. – DOI 10.52671/20790996_2024_1_94.

154. Хозяйственная и биологическая эффективность осенней обработки клубней картофеля / Г. Л. Белов, В. Н. Зейрук, С. В. Мальцев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2024. – № 3. – С. 83-90. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-3-015.

155. Царева, М. В. Продуктивность и качество картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от системы удобрения / М. В. Царева // Агрохимический вестник. – 2024. – № 2. – С. 31-34. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-2-006.

156. Цепляев, А. Н. Комплексное решение проблемы ресурсосбережения при выращивании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов / А.

Н. Цепляев, С. Я. Семененко, А. А. Куприянов // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 31-45. – DOI 10.31774/2712-9357-2024-14-3-31-45.

157. Чеботарев, Н. Т. Влияние органических и минеральных удобрений на свойства и продуктивность дерново-подзолистой почвы в условиях Республики Коми / Н. Т. Чеботарев, А. А. Юдин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 6(49). – С. 43-46. – DOI 10.30766/2072-9081.2015.49.6.43-46.

158. Чекмарев, П. А. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области / П. А. Чекмарев, П. В. Прудников // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 7. – С. 24-33.

159. Черемисинов, М. В. Использование одно- и многокомпонентных химических препаратов для обработки клубней картофеля / М. В. Черемисинов, Г. А. Ренгартен // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 9(310). – С. 35-42. – DOI 10.26898/0370-8799-2024-9-4.

160. Чухина, О. В. Агрономическая эффективность удобрений на картофеле / О. В. Чухина, А. И. Раевский, В. В. Суров // АгроЗооТехника. – 2025. – Т. 8, № 1. – DOI 10.15838/alt.2025.8.1.2.

161. Шабанов, А. Э. Особенности возделывания среднеспелого столового сорта картофеля Пламя / А. Э. Шабанов, Д. В. Абросимов, П. В. Соломенцев // Картофель и овощи. – 2024. – № 1. – С. 44-48. – DOI 10.25630/PAV.2024.40.26.006.

162. Шабанов, А. Э. Отзывчивость новых сортов картофеля на загущение посадок / А. Э. Шабанов, П. В. Соломенцев // Овощи России. – 2024. – № 3. – С. 107-111. – DOI 10.18619/2072-9146-2024-3-107-111.

163. Шалагина, Н. М. Эффективность действия однолетних сидеральных культур на урожайность картофеля в севообороте / Н. М. Шалагина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 6. – С. 8-11. – DOI 10.30850/vrsn/2021/6/8-11.

164. Шаповалов, В. Ф. Потенциал продуктивности проса в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв / В. Ф. Шапова-

лов, Е. В. Смольский // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2023. – № 2(28). – С. 114-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-114-120>.

165. Шафран, С. А. Значение обеспеченности почв подвижным калием в повышении урожайности и эффективности азотных удобрений / С. А. Шафран // Агрохимия. – 2024. – № 3. – С. 3-13. – DOI 10.31857/S0002188124030017.

166. Шафран, С. А. Эффективность применения азотных удобрений под картофель в Нечерноземной зоне на почвах с различными агрохимическими свойствами / С. А. Шафран, Е. С. Козеичева, С. В. Швыркина // Агрохимия. – 2015. – № 2. – С. 23-32.

167. Швыркина, С. В. Влияние азотных удобрений на урожай картофеля в зависимости от содержания питательных веществ в дерново-подзолистых почвах / С. В. Швыркина, С. А. Шафран // Агрохимический вестник. – 2014. – № 1. – С. 33-35.

168. Шевчук, Н. И. Формирование урожая картофеля в зависимости от сорта и условий вегетации / Н. И. Шевчук, С. В. Жаркова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6(236). – С. 10-15. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-236-6-10-15.

169. Эколого-агрохимическая оценка устойчивости серой лесной почвы к воздействию загрязнения и урожайность картофеля при применении удобрений / Р. Н. Ушаков, И. С. Питюрина, Д. В. Виноградов, Т. В. Зубкова // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 3(63). – DOI 10.51419/202143328.

170. Экономическая оценка эффективности применения органоминерального комплекса ГЕОТОН при возделывании картофеля / А. В. Панов, Т. Л. Жигарева, А. Н. Ратников, О. В. Лой // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2014. – № 2. – С. 26-29.

171. Экономическая эффективность возделывания картофеля в условиях горной зоны КБР при применении жидких комплексных органоминеральных удобрений / Г. Х. Абидова, И. М. Ханиева, Р. Р. Бугов [и др.] // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 6. – С. 68-74. – DOI 10.32651/236-68.

172. Эффективность комплекса агромелиоративных мероприятий в снижении накопления ^{137}Cs в продукции растениеводства в зоне аварии на Чернобыль-

ской АЭС (на территории России) / Ратников А.Н. [и др.] // Агрохимия. – 1992. – № 9. – С. 112-116.

173. Эффективность магниевого удобрения АгроМаг в агроценозе с картофелем в зависимости от почвенно-климатических условий / Н. И. Аканова, А. В. Козлова, И. И. Серегина [и др.] // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 70-74. – DOI 10.25680/S19948603.2024.140.15.

174. Эффективность Фосагро NPK и Гумитона при возделывании картофеля в условиях радиоактивного загрязнения почв / Д. Г. Свириденко, С. П. Арышева, А. А. Суслов [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 2. – С. 48-52. – DOI 10.31857/S2500208224020108.

175. Якименко, В. Н. Влияние разных форм и доз калийных удобрений на баланс калия, хлора и серы в серой лесной почве лесостепи Западной Сибири / В. Н. Якименко // Агрохимия. – 2022. – № 5. – С. 3-12. – DOI 10.31857/S000218812205012X.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Результаты дисперсионного анализа урожайности клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	FФ
<hr/>				
Общая.....	429,8017578	17	25,282	-
Повторений	221,1272735	2	110,56	32,966
Вариантов.	175,1363983	5	35,027	10,444
Остаток...	33,53808593	10	3,3538	-
<hr/>				

HCP = 3,35810732841492

Приложение Б. Результаты дисперсионного анализа содержание сухого вещества в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	FФ
<hr/>				
Общая.....	1,040039062	17	0,0611	-
Повторений	0,343424469	2	0,1717	3,2027
Вариантов.	0,160481765	5	0,0320	0,5986
Остаток...	0,536132812	10	0,0536	-
<hr/>				

HCP = 0,424582064151764

Приложение В. Результаты дисперсионного анализа содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	FФ
<hr/>				
Общая.....	13,38256835	17	0,7872	-
Повторений	12,64070606	2	6,3203	193,82
Вариантов.	0,415771484	5	0,0831	2,5500
Остаток...	0,326090812	10	0,0326	-
<hr/>				

HCP = 0,331127107143402

Приложение Г. Результаты дисперсионного анализа содержание золы в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	FФ
<hr/>				
Общая.....	0,177978515	17	0,0104	-
Повторений	0,027374267	2	0,0136	1,9757
Вариантов.	0,081329345	5	0,0162	2,3480
Остаток...	0,069274902	10	0,0069	-
<hr/>				

HCP = 0,152620688080788

Приложение Д. Результаты дисперсионного анализа содержание протеина в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

=====				
Дисперсия Сум. Квадр. Степени Своб. Ср.Кв. FФ	*=====*			
Общая..... 2,828735351 17		0,1663 -		
Повторений 1,531494140 2		0,7657 54,031		
Вариантов. 1,155517578 5		0,2311 16,306		
Остаток... 0,141723632 10		0,0141 -		
=====				
НСР = 0,218296408653259				

Приложение Е. Результаты дисперсионного анализа содержание клетчатки в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

=====				
Дисперсия Сум. Квадр. Степени Своб. Ср.Кв. FФ	*=====*			
Общая..... 0,744415283 17		0,0437 -		
Повторений 0,000447591 2		0,0002 0,0106		
Вариантов. 0,533732116 5		0,1067 5,0774		
Остаток... 0,210235580 10		0,0210 -		
=====				
НСР = 0,265875637531281				

Приложение Ё. Результаты дисперсионного анализа содержание азота в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

=====				
Дисперсия Сум. Квадр. Степени Своб. Ср.Кв. FФ	*=====*			
Общая..... 0,068313598 17		0,0040 -		
Повторений 0,034681957 2		0,0173 46,608		
Вариантов. 0,029911041 5		0,0059 16,078		
Остаток... 0,003720600 10		0,0003 -		
=====				
НСР = 0,0353697501122952				

Приложение Ж. Результаты дисперсионного анализа содержание фосфора в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

=====				
Дисперсия Сум. Квадр. Степени Своб. Ср.Кв. FФ	*=====*			
Общая..... 0,006827712 17		0,0004 -		
Повторений 0,002010862 2		0,0010 8,0073		
Вариантов. 0,003561218 5		0,0007 5,6723		
Остаток... 0,001255631 10		0,0001 -		
=====				
НСР = 0,0205473843961954				

Приложение 3. Результаты дисперсионного анализа содержание калия в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

```
*=====
| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | FФ |
*=====
| Общая.... | 0,145439147 | 17 | 0,0085 | - |  

| Повторений | 0,019627889 | 2 | 0,0098 | 6,6158 |  

| Вариантов. | 0,110977172 | 5 | 0,0221 | 14,962 |  

| Остаток... | 0,014834085 | 10 | 0,0014 | - |  

*=====
```

HCP = 0,0706245675683022

Приложение И. Результаты дисперсионного анализа содержание кальция в клубнях картофеля в зависимости от уровня минерального питания

```
*=====
| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | FФ |
*=====
| Общая.... | 0,005444422 | 17 | 0,0003 | - |  

| Повторений | 0,002144426 | 2 | 0,0010 | 8,5396 |  

| Вариантов. | 0,002044419 | 5 | 0,0004 | 3,2565 |  

| Остаток... | 0,001255576 | 10 | 0,0001 | - |  

*=====
```

HCP = 0,0205469373613596

Приложение К. Результаты дисперсионного анализа удельной активности клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания

```
*=====
| Дисперсия | Сум. Квадр. | Степени Своб. | Ср.Кв. | FФ |
*=====
| Общая.... | 111,9828186 | 17 | 6,5872 | - |  

| Повторений | 20,02108764 | 2 | 10,010 | 11,394 |  

| Вариантов. | 83,17607879 | 5 | 16,635 | 18,934 |  

| Остаток... | 8,785652160 | 10 | 0,8785 | - |  

*=====
```

HCP = 1,71874892711639