

На правах рукописи

Белов Григорий Леонидович

**ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ С УЧЕТОМ
УСТОЙЧИВОСТИ СОРТА В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

Специальность 4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин
растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

МОСКВА - 2023

Работа выполнена в лаборатории защиты Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)

Научный консультант:

Зейрук Владимир Николаевич,

доктор сельскохозяйственных наук,
заведующий лабораторией защиты
ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

Официальные оппоненты:

Перевертин Кирилл Александрович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории фитопаразитологии Центра Паразитологии ФГБНУ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук

Замалиева Фания Файзрахмановна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник отдела сельскохозяйственной биотехнологии ТатНИИСХ - обособленного структурного подразделения Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр РАН»

Пакина Елена Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор Агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВНИИЗР)

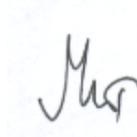
Защита состоится 7 декабря 2023 г. в 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 35.2.030.05 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Илья Михайлович Митюшев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Являясь одним из мировых лидеров по производству картофеля, Россия занимает невысокое место по его урожайности, которая в среднем за 2017-2021 гг. во всех категориях хозяйств составила 16,7 т/га. Получению высоких и стабильных урожаев качественных клубней препятствует широкое развитие грибных и грибоподобных болезней в периоды вегетации и хранения. Ежегодные потери урожая от фитофтороза, альтернариоза и ризоктониоза в период вегетации и клубневых гнилей в период хранения достигают от 10 до 60% и более (Иванюк и др., 2005; Филиппов, 2012; Пшеченков и др., 2016). Система мероприятий борьбы с болезнями охватывает весь цикл работ, связанных с производством картофеля различного назначения, то есть все элементы технологического процесса возделывания и хранения этой культуры (Шкаликов, 2001; Деревягина и др., 2007, 2010; Зейрук, 2015; Зейрук и др., 2020). Основные пути снижения потерь урожая связаны с выведением и возделыванием устойчивых сортов картофеля, правильным использованием агротехники и применением химических средств защиты растений. В настоящее время в качестве основного метода борьбы с болезнями является химический метод, который имеет целый ряд негативных последствий. Активная сортосмена за счет внедрения новых сортов картофеля позволяет сократить количество химических обработок, избежать раннего и массового распространения болезней, затормозить расообразовательный процесс возбудителей (Чередниченко, Подгаецкий, 2003; Яшина, Прохорова, 2009; Яшина, 2010). Следовательно, выведение и внедрение адаптированных к местным условиям устойчивых сортов, разработка экологически обоснованных систем защиты в периоды вегетации и хранения является актуальной задачей, имеющей большое значение для развития картофелеводства.

Степень разработанности темы. Исследованиями в области защиты картофеля от грибных болезней занимались в разное время Белошапкина О.О., Бельская С.И., Бордукова М.В., Воловик А.С., Ганнибал Ф.Б., Деревягина М.К., Джалилов Ф.С.-У., Дорожкин Н.А., Дорожкина Л.А., Дьяков Ю.Т., Евстратова Л.П., Еланский С.Н., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кваснюк Н.Я., Кузнецова М.А., Лаптиев А.Б., Малюга А.А., Новикова И.И., Павлюшин В.А., Попкова К.В., Попов Ю.В., Смирнов А.Н., Филиппов А.В., Шалдяева Е.М., Шпаар Д., Яшина И.М., Bradshaw N., Flier W.G., Kapsa J.S., Simmons E.G. и другие. В работах этих ученых изучены биологические особенности и вредоносность грибных и грибоподобных болезней картофеля, показана эффективность профилактических, агротехнических, биологических, химических, физических методов борьбы с ними. Вместе с тем, аналитический обзор результатов исследований показал, что технологии защиты картофеля в современных условиях требуют дальнейшего совершенствования. Требуется постоянная потребность создания новых устойчивых сортов к грибным болезням, их оценка в конкретных агроценозах, изучение эффективности новых препаратов в периоды вегетации и хранения.

Цель исследований – разработка и усовершенствование системы защитных мероприятий против основных грибных и грибоподобных болезней картофеля с учетом устойчивости сорта при возделывании и хранении в Центральном регионе России.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Оценить устойчивость новых отечественных сортов картофеля к грибным и грибоподобным болезням.
2. Выделить доноры и родительские линии с высокой полевой и лабораторной устойчивостью к фитофторозу и получить на их основе гибридный материал для создания новых сортов картофеля.
3. Оценить существующие и разработать оригинальные тест-системы на основе ПЦР для идентификации фитопатогенных грибов.
4. Определить биологическую эффективность новых химических и биологически активных препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля для защиты от почвенно-клубневых болезней.
5. Изучить эффективность применения новых биологически активных препаратов и фунгицидов новых химических классов против фитофтороза, альтернариоза и разработать на их основе схемы защиты в период вегетации картофеля с учетом устойчивости сортов.
6. Усовершенствовать технологию осенней обработки клубней картофеля для сохранности урожая в процессе длительного хранения.
7. Дать оценку экономической эффективности разработанных схем защиты в периоды вегетации и хранения.

Научная новизна исследований.

- определена устойчивость к грибным болезням у новых отечественных сортов картофеля в условиях Центрального региона России и выделен 61 сорт с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу, 44 – к альтернариозу, комплексной устойчивостью к обеим болезням – 29 и 13 сортов – к фитофторозу, альтернариозу и ризоктониозу.

- проведена оценка современного генофонда картофеля, отобраны 64 образца с высокой устойчивостью по листьям и клубням к фитофторозу (8-9 баллов) с сочетанием хозяйственно-ценных признаков и на их основе получен новый гибридный материал для практической селекции на устойчивость к этой болезни.

- разработаны оригинальные тест-системы на основе ПЦР в режиме реального времени для идентификации возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней картофеля (*Colletotrichum coccodes*). Впервые показано присутствие этого возбудителя в листьях картофеля и в образцах клубней без внешних симптомов заболевания.

- установлена биологическая эффективность на уровне 60,0-96,0% новых биологически активных препаратов на основе *B. subtilis* (Картофин), наночастиц серебра (Зеребра Агро) и химических (инсекто-) фунгицидов (Идикум, СК, Эместо Квантум, КС, Депозит, МД, Селест Топ, КС) для предпосадочной обработки клубней в снижении развития ризоктониоза в фазу полных всходов, что на уровне и выше эталонов (Максим, КС, Престиж, КС).

Доказано, что эффективность препаратов зависит от степени развития болезни, устойчивости сорта и фазы развития культуры.

- разработаны схемы защиты картофеля в период вегетации с учетом устойчивости сорта, с применением наиболее эффективных современных химических средств, биоактивных соединений и их оптимальных сочетаний, позволяющие экологизировать защиту от болезней и получать прибавку урожайности от 10 до 40%.

- установлена биологическая эффективность новых защитно-стимулирующих средств химической: Волсепд Сид, ВРК, Синклер, СК, и биологической природы (биопрепарат на основе *B. subtilis* – Картофин, препарат на основе наночастиц серебра – Зерокс), которые, в зависимости от сорта и технологических приёмов хранения картофеля, обеспечивают снижение распространенности сухой гнили на 46-83% и ризоктониоза в последствии – на 60-80%.

Теоретическая и практическая значимость.

На основании полученных результатов рекомендован научно-обоснованный перечень мероприятий системы защиты картофеля от основных грибных и грибоподобных болезней на основе подбора устойчивых сортов, создания новых генотипов, разработки методов диагностики, усовершенствования защитных мероприятий в периоды вегетации и хранения.

Выделены и рекомендованы в производство сорта российской селекции с комплексной устойчивостью к основным грибным болезням: Аляска, Антонина, Василек, Великан, Гусар, Златка, Кемеровчанин, Кумач, Купец, Мариинский, Пламя, Сигнал, Солнечный.

Для целей практической селекции из современного генофонда картофеля отобраны образцы с высокой устойчивостью по листьям и клубням к фитофторозу с сочетанием хозяйственно-ценных признаков. Выделенные образцы и созданные на их основе новые генотипы переданы в лаборатории ФГБНУ "ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха" и других учреждений для создания сортов картофеля, устойчивых к этому патогену.

Разработаны высокоспецифичные праймеры и зонд для ПЦР в режиме реального времени для идентификации возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней картофеля. Созданная тест-система может применяться для диагностики этого вида заболевания в образцах растительных тканей без выделения грибов в чистую культуру.

Для защиты картофеля от почвенно-клубневых инфекций предложены новые биологически активные (на основе *B. subtilis*, наночастиц серебра) и химические препараты (Идикум, СК, Эместо Квантум, КС и др.) для обработки клубней перед посадкой. Препарат Идикум, СК в ООО «Агробарс» и КХ «Смирнова М.Г.» при обработке клубней перед посадкой показал биологическую эффективность на уровне 60-70%.

Разработаны схемы защиты картофеля в период вегетации с учетом устойчивости сорта. В случае выращивания восприимчивых сортов рекомендованы схемы, включающие использование только химических препаратов, а при выращивании относительно устойчивых сортов –

чередование химических и биологических средств защиты, что позволяет снизить химическую нагрузку на 40%.

Для минимизации потерь и сохранения семенных качеств картофеля, предотвращения распространения гнилей клубней в период хранения предложены новые защитно-стимулирующие вещества: биопрепарат на основе *B. subtilis* – Картофин, препарат на основе наночастиц серебра (Зерокс), химический фунгицид Волсепд Сид, ВРК, и технологии их применения. Для ингибирования прорастания клубней продовольственного картофеля – препараты на основе хлопрофама (Спад-Ник, Г (52 г/т) и Харвест-Макс, Р (57 мл/т) которые при обработке перед хранением на предприятиях ООО "Агробарс" и АО "Покровскагро" показали эффективность на уровне 100%.

Методология и методы исследования. Учеты всхожести клубней, биометрических показателей роста и развития растений, распространенности и степени развития болезней на растениях, валовой и товарной урожайности, выхода урожая здорового картофеля товарной фракции с математической обработкой результатов исследований - согласно стандартным методикам (НИИКХ, 1967; ВНИИКХ, 1995; 2006; 2019; ВИЗР, 2018) и методики полевого опыта (Доспехов, 1985).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Устойчивые к грибным и грибоподобным болезням отечественные сорта картофеля в условиях Центрального региона России и новые генотипы для селекции картофеля на устойчивость к фитофторозу, полученные с участием разнообразного генетического материала;

2. Оригинальные тест-системы на основе ПЦР в режиме реального времени для идентификации возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней картофеля (*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes.).

3. Система защиты картофеля в период вегетации с учетом устойчивости сорта, базирующаяся на применении современных перспективных химических и биологически активных препаратов и их оптимальных сочетаний;

4. Технологии осенней обработки клубней картофеля защитно-стимулирующими средствами химической и биологической природы в зависимости от сорта и ингибиторами прорастания для повышения лёжкости и качества картофеля при длительном хранении.

Достоверность результатов исследований. В процессе лабораторных и полевых исследований использовались современные методы учетов и наблюдений в полном соответствии с ГОСТами и стандартными методами анализа и оценки экспериментального материала. Достоверность полученных данных обеспечена методами математической обработки с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel», «Agstat».

Апробация работы. Результаты проведенных исследований доложены и обсуждены на ежегодных заседаниях Учёного Совета ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (2005-2022 гг.). Основные положения диссертации представлены на международных и российских конференциях:

п. Коренёво (2007-2009, 2011, 2017), Чебоксары (2009, 2014), Большие Вяземы (2018), Москва (2019, 2020), Курган (2020), Екатеринбург (2020), Краснодар (2021), Анапа (2021), Орел (2022).

Реализация результатов исследований. Результаты научных исследований прошли производственную проверку и внедрены в ООО «Агробарс» Московской, ООО «Смирнова А.Г.» Ивановской, ООО «Аксентис» Нижегородской и ООО «Покровскагро» Саратовской областях.

Публикация результатов исследований. Основные положения диссертации опубликованы в 83 научных работах, в том числе 34 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 8 статей в журналах, индексируемых в МБД Web of Science и Scopus, 3 монографии в соавторстве, 2 учебных пособия, 3 методических указания, 3 каталога, получен 1 патент на изобретение.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, рекомендаций для производства, списка использованной литературы и приложений.

Работа изложена на 309 страницах компьютерного текста, включает 82 таблицы, 20 рисунков, 19 приложений. Список литературы включает 518 наименований, в том числе 158 иностранных авторов. В приложении представлены акты внедрения в производство.

Личный вклад соискателя. В настоящей работе приведены результаты, полученные лично автором и в рамках совместной деятельности. Им осуществлялась постановка проблем, разработка программ и методик, путей их решения, постоянный поиск, планирование и проведение исследований, статистическая и экономическая обработка и систематизация полученных данных, апробация и внедрение в производство, подготовка научных отчётов, докладов и публикация результатов.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Диссертационная работа выполнена в рамках Государственных научно-технических программ, согласованных и утверждённых РАСХН, РАН и Министерством науки и образования РФ.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность коллективам ВНИИХ им. А.Г. Лорха (ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха), кафедры микологии и альгологии МГУ и лаборатории фунгицидов и протравителей ФГУП ВНИИ химических средств защиты растений за многолетнюю, всестороннюю поддержку, внимание и постоянную помощь при выполнении данной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, структура и объём диссертации.

В главе 1 «**Интегрированная система защиты картофеля от грибных болезней: проблемы и перспективы**» описаны биологические особенности и

причины усиления вредоносности основных грибных и грибоподобных болезней картофеля. Проанализировано современное состояние применяемой в России и за рубежом системы защиты картофеля от болезней, включающей все элементы технологического процесса возделывания и хранения этой культуры. Современные тенденции развития защиты растений направлены на разработку экологически безопасных методов регулирования численности патогенов. С этой точки зрения первостепенное фитосанитарное значение приобретают сорта, сочетающие высокую потенциальную продуктивность и имеющие комплексный иммунитет к болезням, возделывание которых позволило бы наиболее полно решать задачи энерго- и ресурсосбережения, охраны окружающей среды и управления агроэкосистемами. В связи с этим стоит задача перехода к более гибким схемам обработок фунгицидами, поиска препаратов новых химических классов. Требуется разработка экологически обоснованных регламентов их применения и расширение использования биопрепаратов при всестороннем изучении в конкретных агроценозах с учетом сортовых особенностей картофеля и биологии вредных организмов.

В главе 2 «Программа, материалы, место, условия и методики проведения исследований» представлены схемы полевых мелкоделяночных и производственных опытов для разработки системы защиты картофеля с учетом устойчивости сортов:

- исследования по оценке влияния препаратов для предпосадочной обработки клубней на всхожесть, рост, развитие картофеля проводилась на экспериментальной базе (ЭБ) «Коренёво» (Люберецкий район) на сортах Сантэ, Гранд, Гулливер, Северное сияние, Колобок, Кумач и в Дмитровском районе (ЭБ «ВНИИХЗСР») Московской области, где выращивались сорта Сантэ, Любава, Варяг, Луговской, Мадейра;

- оценка биологической и хозяйственной эффективности новых химических и биологически активных препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля. Препараты: Кагатник, ВРК; Селест Топ, КС; Эместо Квантум, КС; Депозит, МЭ; Тирада, СК; Синклер, СК; Интрада, СК; Идикум, СК, биопрепарат на основе *B. subtilis* – Картофин, биологически активные вещества на основе наночастиц серебра (Зеребра Агро) и наночастиц металлов Fe, Zn, Cu, Mo, в качестве эталонов – Престиж, КС, Максим, КС. Сорта: Сантэ, Удача, Ильинский, Колобок;

- изучение биологической и хозяйственной эффективности схем применения новых химических фунгицидов для обработки в период вегетации.

Схемы применения фунгицидов:

1. 1х Метаксил, СП – 1х Инсайд – 1х Инсайд + Раек, КЭ – Тирада – Талант;
 2. 2х Метамил МЦ, СП + микроудобрения Ультрамаг – 2 х Ширма, КС;
 3. 1х Инфинито, СП + 2х Консенто, КС – 1х Сектин Феномен, ВДГ (+Луна Транквилити, КС) + 1х Пенкоцеб, СП (+Луна Транквилити, КС);
 4. Манкоцеб, СП – 2х Рапид Микс, СП – 1х Рапид Голд, СП – 1х Рапид Голд Плюс, СП – 1х Цихом, СП;
 5. Эталон: 2х Ридомил Голд МЦ, ВДГ – 3х Абига Пик, ВС.
- Сорта: Удача, Сантэ, Красавчик, Колобок, Фрителла;

- оценка биологической и хозяйственной эффективности новых биологически активных препаратов: на основе *B. subtilis* – Картофин, наночастиц серебра – Зеребра Агро и наночастиц металлов Fe, Zn, Cu, Mo, их чередований с химическими фунгицидами в борьбе с фитофторозом и альтернариозом. Сорт Сантэ;

- разработка схем применения препаратов для защиты картофеля с учетом устойчивости сорта (использовались Гулливер, Гранд, Кумач, Северное сияние).

В полевых опытах учитывали всхожесть клубней, биометрические показатели роста и развития растений, распространенность и степень развития болезней на растениях, валовую и товарную урожайность, выход урожая здорового картофеля товарной фракции.

Полевые опыты закладывали на экспериментальных базах ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в Люберецком и Домодедовском районах Московской области, которые по климатическим условиям входят в состав второго агроклиматического района. Сумма среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации 1900-2100 °С. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,4. Часть полевых опытов проводили в Дмитровском районе, который находится в первом агроклиматическом районе. В этом районе сумма среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации растений составляет 1800-1900 °С. ГТК = 1,5-1,6.

Почва опытного участка в Люберецком районе Московской области – дерново-слабоподзолистая, супесчаная со следующими агрохимическими показателями в пахотном слое: обладает высокой обменной и гидролитической кислотностью (ГОСТ 26412) – $pH_{KCl} = 4,6-5,0$; $N_g = 3,3-4,1$ мг-экв/100г почвы; ниже среднего значения суммы поглощенных оснований и степени насыщенности ими – $S = 2,2-3,9$ мг-экв/100г почвы; $V = 34,9-52,7\%$; высоким содержанием подвижного фосфора по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011) – 265-378 мг/кг почвы, средним (127-154 мг/кг почвы) и ниже среднего (105-115 мг/кг) содержанием обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210); низким содержанием гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213) – 1,7-2,0%. Почвы опытных полей в Дмитровском и Домодедовском районах – дерново-подзолистые среднесуглинистые.

По основному показателю условий увлажнения ГТК выделены группы: годы недостаточного увлажнения (ГТК 0,7-1,3) – 2005, 2007, 2009-2011, 2014, 2018, 2021-2022 гг.; близкие к среднему (1,3-1,5) – 2006, 2012, 2015, 2019; достаточное увлажнение (ГТК - 1,5-2,0) - 2008, 2013, 2016-2017, 2020.

Оценку эффективности осеннего ультрамалообъемного опрыскивания клубней картофеля химическими и биологически активными препаратами на лёжку при длительном хранении, снижения потерь, а также в последствии на степень развития риктониоза и урожайность картофеля проводили на ЭБ «Коренёво» и «Ильинское» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Московской области. Хранилище в Люберецком районе навалного типа с высотой насыпи 2 м, вентиляция естественная, в Домодедовском районе –

закромного типа вместимостью 500 т картофеля с высотой насыпи 2,5 м, вентиляция активная.

На ЭБ «Коренево» (Люберецкий район) использовали биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин), биологически активные вещества на основе наночастиц серебра (Зерокс), химические препараты Кагатник, ВРК, Синклер, СК, Максим, КС и Вист, шашки (эталон). Сорты: Сантэ, Жуковский ранний, Ильинский. На ЭБ «Ильинское» (Домодедовский район Московской области) использовали биопрепарат Картофин, агрохимикат Силиплант, их баковую смесь, Зерокс, Кагатник, баковая смесь Максима (половинная доза) и Силипланта, совместное применение Виста (половинная доза) и Силипланта, Максим, КС и Вист, шашки (эталон). Сорты Надежда, Колобок, Никулинский.

Образцы картофеля массой 5 кг, в четырехкратной повторности, опрыскивали фунгицидами и хранили в закреме в массе картофеля. Весной клубни анализировали на пораженность гнилями (ГОСТ 33996-2016), а здоровые высаживали в полевом опыте для изучения последствий пестицидов на возбудителя ризоктониоза и урожайность. Размер делянок 25,0 м², повторность трёхкратная.

В производственных условиях Нижегородской области проведено испытание нового фунгицида Волсепт Сид, ВРК (100 г/л имазапила) для осенней обработки клубней картофеля и в условиях Московской и Саратовской областей ингибиторов прорастания на основе хлорпрофама: Спад-Ник Гранулы, Г (1000 г/л хлорпрофама) и Харвест Макс, Р (624 г/л хлорпрофама). Обработку семенных клубней препаратом Волсепт Сид, ВРК в хранилище проводили с использованием опрыскивателя «Мафекс», а обработку товарных клубней препаратом Спад-Ник Гранулы, Г – термомеханическим генератором горячего тумана TF35 и Харвест Макс, Р – с использованием температурного туманообразователя с питанием от электросети.

Оценку устойчивости сортов и гибридов картофеля к грибным и грибоподобным болезням проводили на естественном инфекционном фоне.

Закладка полевых опытов, учеты, наблюдения и обработка полученных данных методом дисперсионного анализа проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Доспехов, 1985) и со стандартными методиками (НИИКХ, 1967; ВНИИКХ, 1995; 2006; 2019; ВИЗР, 2018), с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel», «Agstat». Экономическую оценку исследований проводили по методике ВНИИКХ (2007).

Проведение лабораторных опытов.

В лабораторных условиях для определения устойчивости листьев к фитофторозу применяли метод инокуляции отделенных листьев. Шкала оценки: 9 – очень высокая устойчивость, 8 – высокая, 7 – относительно высокая, 5 – средняя, 3 – низкая.

Выделение ДНК осуществляли стандартным методом с использованием 2% СТАВ (Griffith, Shaw, 1998). Для проведения ПЦР использовали амплификатор «Biometra T1». Амплификацию ДНК проводили в 25 мкл раствора, содержащего около 50 нг ДНК, по 200 мкМ каждого

дезоксирибонуклеотидтрифосфата (dATP, dGTP, dCTP, dTTP), по 0,2 мкМ каждого праймера, 2,5 ед Taq-полимеразы (Евроген, Россия) в буфере, предоставленном производителем Taq-полимеразы. Программа ПЦР включала денатурацию ДНК в течение 3 мин при 94°C, далее 30 циклов: 94°C в течение 30 с, температура отжига согласно таблице 1 (30 с), 72°C (45 с); после прохождения всех циклов 72°C в течение 5 мин.

Таблица 1 – Праймеры для проведения ПЦР

Название праймера	Последовательность 5'–3'	Температура отжига, °С	Ссылка на публикацию
ITS			
ITS 5	GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG	60	White et al., 1990
ITS 4	TCCTCCGCTTATTGATATGC	50	White et al., 1990
ITS1-F	CTTGGTCAATTTAGAGGAAGTAA	55	Gardes, Bruns, 1993
Праймеры для идентификации <i>S. coccoodes</i>			
Cc1NF1	TGCCGCCTGCGGACCCCCCT	66	Cullen et al., 2002
Cc2NR1	GGCTCCGAGAGGGTCCGCCA		

ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторе DTprime (ДНК-Технология) с использованием оригинальных праймеров Soc70gdf, Soc280gdr и зонда Socgdz. В реакцию брали 50 нг тотальной ДНК (при анализе листьев и клубней) и 10 нг (при анализе ДНК чистых культур грибов). Реакционная смесь (35 мкл) разделялась парафиновой прослойкой на две части: нижняя (20 мкл) содержала 2 мкл 10× реакционного буфера (750 mM Tris-HCl, pH 8.8; 200 mM (NH₄)₂SO₄; 25 mM MgCl₂; 0.1% Tween-20), 0.5 mM каждого дезоксирибонуклеотидтрифосфата, 7 пмоль каждого праймера и 4 пмоль гидролизуемого флуоресцентного зонда; верхняя содержала 1 мкл 10× буфера для ПЦР и 1 ед Taq-полимеразы. ПЦР проводили по следующей программе: 94,0°C – 90 с (1 цикл); 94,0°C – 30 с; 64,0°C – 15 с (5 циклов); 94,0°C – 10 с; 64,0°C – 15 с (45 циклов); 10,0°C – хранение.

Оценку устойчивости к фунгицидам штаммов возбудителей ризоктониоза и антракноза проводили на агаризированной среде с добавлением фунгицида в концентрациях 1; 10; 100 мкг/мл и на среде без фунгицида (контроль).

Глава 3 «Оценка полевой и лабораторной устойчивости сортов и гибридов картофеля к основным грибным болезням и разработка современных методов диагностики» состоит из нескольких подглав.

В подглаве 3.1. приводятся данные систематических наблюдений и учетов болезней на посадках картофеля и в партиях семенных клубней в Центральном регионе России.

В условиях Центрального региона России в годы исследований эпифитотийное развитие **фитофтороза** наблюдалось в 2006, 2008, 2013 г. и 2019-2020 гг., умеренно-эпифитотийное – 2005 г., 2009 г. и 2015-2017 гг. Эпифитотии возникали в те годы, когда минимальная температура воздуха снижалась ниже 10 °С, а максимальная редко доходила до 25 °С. Количество осадков во второй и третьей декадах июля и первой декаде августа превышало среднемноголетние показатели, а средняя температура воздуха находилась в пределах нормы или ниже, относительная влажность воздуха была выше 75%.

ГТК в эпифитотийные годы составлял 1,5 и выше, в годы умеренного развития – 1,2-1,4, в депрессивные – меньше 1.

Альтернариоз показал себя более пластичным по отношению к погодным условиям, так как для развития разных видов возбудителя нужны разные оптимумы температуры и влажности воздуха. В наших наблюдениях погодные условия практически всех вегетационных сезонов способствовали развитию альтернариоза – как в последние годы из-за увеличения частоты засушливых лет (2007 г., с 2009 по 2012 гг., 2018 г. и 2021-2022 гг.) или из-за того, что в другие года всегда бывает сухой период (2005, 2006 и 2015-2017 гг.).

Погодные (ГТК < 1) и почвенные (кислотность $pH_{KCl} = 4,9-5,1$ и гранулометрический состав почвы – супесчаный) условия в период всходов в годы наблюдений способствовали депрессивному (2013, 2018-2019, 2021 гг.) или (ГТК > 1) депрессивно-умеренному (2014-2017 гг. и 2020 г.) развитию ризоктониоза – 15-20%.

Установлена обратная корреляционная зависимость между показателями пораженности растений картофеля ризоктониозом, фитофторозом и среднесуточных температур воздуха ($y = - 0,0878x + 18,54$) и положительная корреляционная зависимость от количества выпавших осадков за вегетационный период ($y = 2,32559x + 250,4$).

Максимальную степень заселенности клубней картофеля склероциями ризоктониоза наблюдали в 2015 г. – 18,5%; в 2018 г. клубней с симптомами этой болезни не было. Самая большая средневзвешенная пораженность клубней сухой гнилью (7,9%) была отмечена в 2022 г. Анализ данных, полученных при изучении распространения грибных болезней показал, что среднеспелые и среднепоздние сорта больше всего были поражены сухой гнилью, а ранние и среднеранние сорта – ризоктониозом и сухой гнилью.

В подглаве 3.2. приведены результаты оценки современного генофонда картофеля и отбора образцов с высокой устойчивостью по листьям и клубням к фитофторозу с сочетанием хозяйственно-ценных признаков; представлены созданные на их основе новые генотипы, перспективные для получения новых сортов картофеля, устойчивых к этому патогену.

С высокой лабораторной и полевой устойчивостью листьев к фитофторозу выделено 67 образца (в т.ч. 64 образца и по клубням), в том числе среди беккроссов из отдела генетики ВНИИКХ – 16 образцов, гибридов ВИР – 11, гибридов НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству – 11, гибридов других НИУ – 2, коммерческих сортов – 27. Сорта и гибриды также характеризовались высокой урожайностью (540,0-1167,0 г/куст) и интенсивностью цветения (Таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика родительских форм с высокой устойчивостью к фитофторозу (7-9 баллов) (2005-2014 гг.)

Гибрид, сорт	Устойчивость к фитофторозу, балл			Урожай- ность, г/куст	Интенсивность, балл	
	лабораторная		полевая		цветения	ягодообра- зования
	листьев	клубней				
Гибриды ВИРа						

135-5-2005	7,5	8,0	5-7	1083,0	7,0	3,0
135-3-2005	8,7	9,0	8-9	1016,0	9	5,0
8-8-2004	8,0	7,3	8-9	967,0	7-9	3,0
138-4-г	7,5	8,6	7,0	900,0	7-9	1
194-3-г	8,7	8,3	8-9	767,0	7	1
190-4	6,5	9,0	7-8	883,0	7	5
гибриды отдела генетики ВНИИКХ						
2584-9	8,3	9,0	8,0	900,0	7,0	3
97.1-16	8,3	7,4	8,0	983,0	7	нет
2651-8	7,8	8,0	8,0	800,0	7	3
2588-124	8,3	9,0	8,0	1000,0	5	нет
2663-28	8,6	9,0	7-8	1016,0	5	1
2677-67	9,0	7,6	8-9	833,0	7	нет
Гибриды НПЦ НАН Белоруссии по картофелеводству и плодоовощеводству						
204-12-5	8,7	7,6	8-9	767,0	7-9	1
204-15-4	8,7	9,0	8-9	800,0	5	нет
Сорта						
Белоснежка	8,0	7,0	7-8	850,0	5,0	нет
Брянский надежный	8,8	8,6	5-7	1233,0	5	7,0
Валентина	8,4	8,9	5-7	1350	7	9,0
Ветеран	8,2	8,6	5-7	1016	5	3,0
Golden valley	8,5	7,7	7,0	916,0	5	Нет
Русский сувенир	7,9	6,0	5,0	700,0	5	5,0
Никулинский	8,2	8,6	7,0	1083	5	1,0
Шарпо мира	7,8	9,0	8-9	1333	3	3,0

Выделенные образцы использованы в программах гибридизации по созданию исходного материала для основных направлений практической селекции и генетических исследований. За 2005-2014 гг. выполнено 2999 вариантов скрещиваний, из них удачных в результате которых получены гибридные семена – 2040 или 68,02%. Результативность завязывания ягод в среднем составила 25,8%, получено 3552190 шт. семян, в том числе с беккроссами из отдела генетики ВНИИКХ – 406925 шт., гибридами из ВИРа – 221939 шт., гибридами НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству – 46746 шт., гибридами других НИУ – 477124 шт., коммерческими сортами – 1939169 шт.

В первом селекционном питомнике выращена и оценена новая группа гибридных популяций сеянцев, содержащих 130,66 тыс. генотипов. Всего отобрано 97,32 тыс. генотипов без негативных признаков. Процент отбора составил 74,5%. Наибольший процент отбора по фитофтороустойчивости (65-90%) отмечен в комбинациях 2351-3 x Аврора, Бригантина x Аврора, 91.8/25 x 93.14-99, 91.12/130 x 93.14-99, Коскар x Аусония и КЕ 31 x Дубрава.

Для проведения совместной работы по выведению новых сортов картофеля передано 208899 гибридных семян и 211178 клубней одноклубневых популяций в лаборатории ВНИИКХ и других НИИ РФ. Переданы в госсортоиспытание два сорта: Смуглянка (№ заявки 8058059 от 22.10.2019) со Смоленским НИИСХ и Сапфир (№ заявки 7853883 от 15.12.2021)) с Южно-Уральским институтом картофелеводства и садоводства.

Несмотря на обширный список фитофтороустойчивых сортов существует постоянная потребность создания новых, т. к. устойчивость сорта преодолевается возбудителем фитофтороза за 5-6 лет и, в связи с этим, возникает необходимость изучения и выделения нового исходного материала (Евдокимова, 2010). Созданный нами исходный селекционный материал в виде гибридных семян и одноклубневых популяций позволяет обогащать генофонд картофеля новым генетическим материалом, способным повысить уровень защиты культуры к возбудителю фитофтороза.

В подглаве 3.3. представлена оценка полевой устойчивости к грибным и грибоподобным болезням 141 нового сорта картофеля российской и 10 белорусской селекции на естественном инфекционном фоне.

Высокую полевую устойчивость (8-9 баллов) к **фитофторозу** показал 61 сорт: Глория, Даренка, Крепыш, Лилея, Метеор, Елизавета, Ипатовский, Манифест, Волат, Наяда, Сиреневый туман, Фаворит, Антонина, Матушка, Регги, Юна, Былина Сибири, Василек, Виращ, Кемеровчанин, Гранд, Дачный, Держава, Кумач и др. на уровне сортов-стандартов (Удача, Никулинский);

- к **альтернариозу** 42 сорта: Матушка, Браво, Брянский деликатес, Елизавета, Вектар белорусский, Ирбитский, Чайка, Антонина, Люкс, Северный, Юна, Арлекин, Василек, Забава, Кемеровчанин, Русский сувенир и др.;

- комплексную устойчивость к обеим болезням 27 сортов: Елизавета, Ипатовский, Антонина, Юна, Арлекин, Былина Сибири, Василек, Кемеровчанин, Русский сувенир, Великан, Гусар, Златка, Солнечный, Самбо, Купец, Легенда, Мариинский, Призер, Третьяковка, Августин, Аляска, Брусничка, Дачный, Пламя, Сигнал, Утро и Смак;

- клубни 55 сортов не были поражены ризоктониозом, 54 сортов – фитофторозом;

- сорта Аляска, Антонина, Василек, Великан, Гусар, Златка, Кемеровчанин, Купец, Мариинский, Пламя, Сигнал, Солнечный наряду с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу и альтернариозу по листьям, характеризовались отсутствием симптомов поражения клубней ризоктониозом и фитофторозом.

Достижение стабильно высоких урожаев клубней высокого качества на 50-70% и соответственно, и его защита зависит от сорта картофеля (Яшина, 2010). Выделенные нами новые сорта картофеля отечественной селекции с полевой устойчивостью к основным грибным болезням являются основой в разработанной системе защиты.

В подглаве 3.4. «Разработка тест-систем на основе ПЦР-анализа для диагностики возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней картофеля (*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes.)» приведены результаты верификации существующих и предложены оригинальные тест-системы на основе ПЦР-анализа для идентификации данного возбудителя.

По результатам исследований, проведённых совместно с кафедрой микологии и альгологии МГУ, собрана коллекция из 52 штаммов *C. coccodes*, выделенных из пораженных образцов, которые были отобраны в Костромской, Владимирской, Московской областях, Республике Марий Эл, а также из

импортированных в Россию из Германии и Голландии клубней семенного картофеля. У штаммов определена последовательность нуклеотидов 3-х генов (ядерных рибосомных генов и межгенных транскрибируемых спейсеров (ITS), глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназы и актина). На основании определения последовательности гена глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназы исследованные штаммы были разделены на две группы, различающиеся двумя нуклеотидами. В Genbank депонированы нуклеотидные последовательности представителей обеих групп за номерами KY496634 и KY496635. По результатам полученных данных и анализа аналогичных последовательностей других видов, имеющих в базе Genbank, были сконструированы видоспецифичные для *S. coccodes* праймеры и зонд (тест-система):

прямой праймер coc70gdf TCATGATATCATTTCTCTCACGGCA,
 обратный coc280gdr TACTTGAGCATGTAGGCCTGGGA,
 зонд cocgdz (BHQ1) GTGTGCTTGAGA(FAMdT)GGGCTGCTGCCG(p).

Сконструированные праймеры и зонд проверили с помощью поисковика BLAST на всех имеющихся в базе Genbank сиквенсах гена глицерол-3-фосфат дегидрогеназы видов рода *Colletotrichum* и других организмов. Участков, соответствовавших праймерам и зонду, не было обнаружено, что свидетельствует о новизне и оригинальности проведённой работы.

Для проверки специфичности созданной тест-системы проводили ПЦР-реакцию с ДНК из чистых культур 15 различных видов грибов, выделенных из пораженных плодов и листьев томата, клубней картофеля. Исследования показали, что ДНК *S. coccodes* выявлялась при пороговом цикле 20-27, тогда как остальные виды грибов определялись после 40 цикла или не детектировались.

Для определения чувствительности тест-системы проводили ПЦР-реакцию с разными концентрациями ДНК *S. coccodes*, ДНК из пораженного листа и кожуры клубней картофеля. Полученные результаты исследований показали, что данная тест-система высокочувствительна и с ее помощью можно успешно диагностировать наличие в образце ДНК *S. coccodes* с концентрацией 0,05 нг и более. Этого вполне достаточно для детекции, поскольку в одном склероции содержится в среднем 0,131 нг, а в одной споре - около 0,04 нг ДНК. Тест-система, разработанная английской группой (Cullen, et al., 2002), показала сходную чувствительность (пороговый цикл 34 при 0,05 нг ДНК).

С помощью разработанной тест-системы впервые было исследовано присутствие *S. coccodes* в 16 образцах клубней картофеля без внешних симптомов заболевания из Костромской, Московской, Калужской и Нижегородской областей. Достоверным присутствием ДНК *S. coccodes* считали в образцах, при анализе которых пороговый цикл не превышал значения 35. Это значение было выбрано исходя из достоверного определения 0,05 нг ДНК *S. coccodes* (33,5) и того факта, что при пороговых циклах выше 40 диагностировалась неспецифическая ДНК других видов грибов. При таком подходе достоверное присутствие ДНК *S. coccodes* было выявлено в 5 образцах клубней, выращенных в Костромской, Московской, Калужской областях.

Несмотря на высокую значимость развития возбудителя антракноза на листьях картофеля, исследований, посвященных листовой форме *S. coccoodes*, в мире практически не проводили. Для идентификации данного возбудителя использовали тест-систему, разработанную D.W. Cullen et al., 2002. Было протестировано 186 образцов ДНК, выделенных из пораженных листьев картофеля из различных регионов России. При анализе ДНК сначала проводили амплификацию с праймерами ITS 1F и ITS4, которые избирательно амплифицируют ДНК большинства аско- и базидиомицетов. Для дальнейшей работы оставляли только те пробы, в которых прошла реакция с этими праймерами. Для избирательной амплификации видоспецифичного для *S. coccoodes* участка ДНК в выделенной тотальной ДНК пораженного листа использовали видоспецифичные праймеры Cc1NF1 и Cc2NR1.

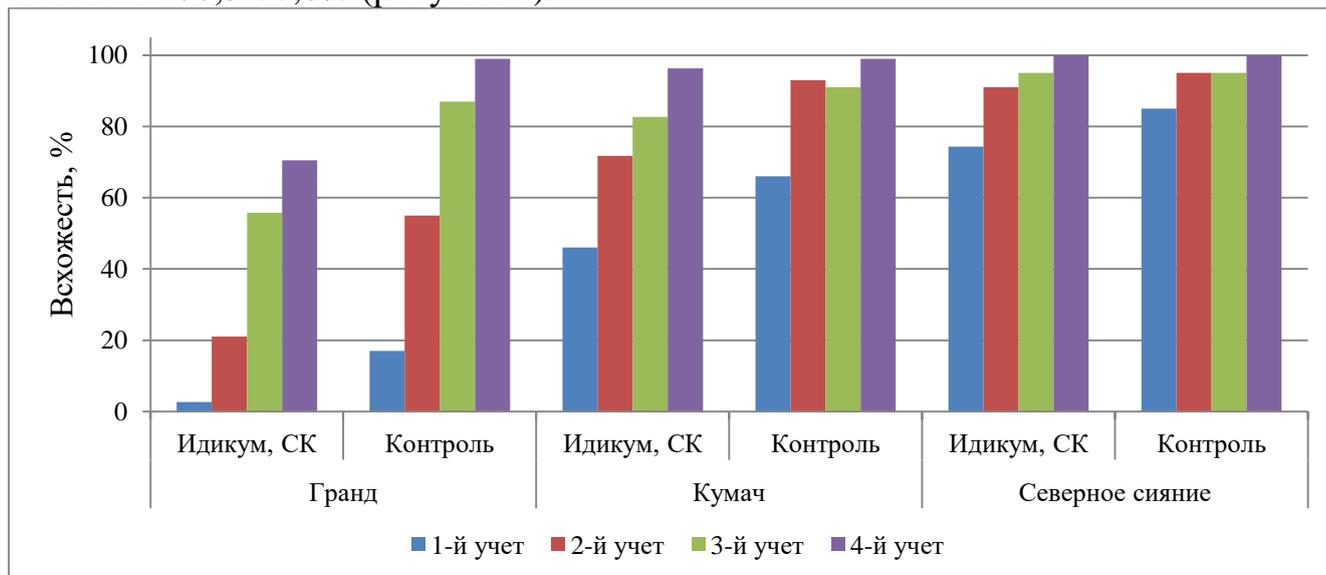
Анализ с праймерами ITS 1F и ITS4 показал присутствие грибной ДНК в 96 образцах листьев картофеля из 9 областей и республик. Результаты исследования этих образцов с праймерами Cc1NF1 и Cc2NR1 впервые показали присутствие *S. coccoodes* в листьях картофеля с сухими некротическими пятнами, похожими на симптомы поражения альтернариозом в 5 образцах из Костромской области, Респ. Северная Осетия-Алания и Марий Эл.

Созданная нами оригинальная тест-система для ПЦР-идентификации *S. coccoodes* не уступает разработанной английскими исследователями (Cullen et al., 2002) по чувствительности и специфичности и подходит для анализа растительных образцов. Одновременное применение обеих тест-систем позволит существенно увеличить точность анализа и облегчить проведение широкого мониторинга распространенности «черной пятнистости» в России, для изучения роли почвенной и семенной инфекции, в потерях при хранении.

В главе 4 «Биологическая и хозяйственная эффективность препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля» приведена оценка биологической и хозяйственной эффективности новых биологически активных веществ и химических препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля. Кроме того, представлены результаты изучения фитотоксичности этих препаратов и факторы, влияющие на нее.

Учеты всходов картофеля показали, что обработка клубней перед посадкой биологически активными препаратами (Прорастин, Картофин, Зеребра Агро, ВР, наночастицы Fe, Zn, Cu, Mo) и химическими – Престиж, КС, Эместо квантум, КС ингибирующего и стимулирующего действия на всхожесть клубней не оказала. Количество взошедших растений в последнем учете (30 дней после посадки) составило 94,7-97,9% (без обработки – 95,6%). При обработке клубней химическими препаратами Селест Топ, КС, Максим, КС, Кагатник, ВРК, Депозит, МЭ, Идикум, СК отмечено снижение количества взошедших растений во всех учетах. Количество взошедших растений составило 75,7-87,3%. Так как метеорологические условия в годы исследований были различными, а снижение количества всходов в той или иной степени наблюдали ежегодно можно сделать вывод о том, что ингибирование всхожести не зависело от погодных условий.

Отмечена различная реакция разных сортов картофеля на одни те же препараты. Так, максимальное ингибирующее действие препарата Идикум, СК на 24-й день после посадки (1-й учет) проявилось на сортах Гранд и Сантэ, где всзошло 2,7% и 17,0% растений (без обработки – 17,0% и 61,0%). Более слабое торможение проявилось на сортах Гулливер и Кумач, а на сортах Северное сияние и Колобок было на уровне контрольного варианта. В последующих учетах ингибирующее действие препарата на всхожесть сортов Кумач, Северное сияние и Колобок постепенно исчезало, и к моменту последнего учета всзошло 96,3-100,0% растений, а на сортах Гранд, Гулливер и Сантэ всхожесть составила 70,5-77,0% (рисунок 1).

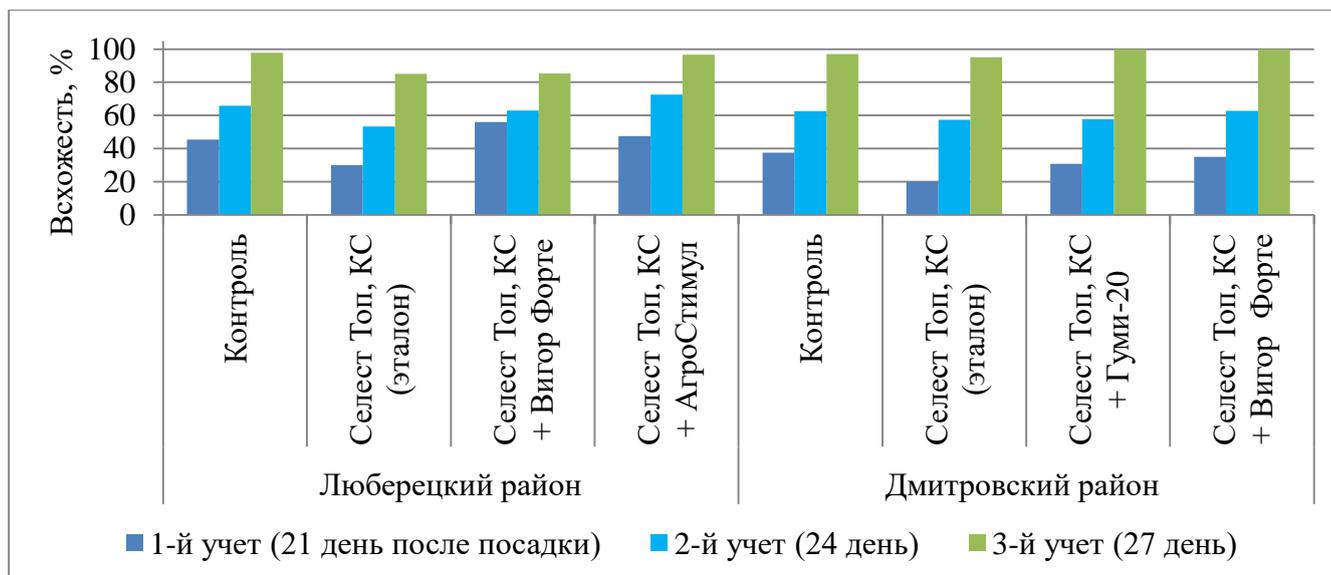


НСР₀₅ по факторам: сорт – 2,00-3,01; препарат – 1,16-1,74; частных средних – 2,87-4,31

Рисунок 1 – Влияние обработок клубней препаратом Идикум, СК на всхожесть картофеля разных сортов в Люберецком р-не Московской обл. (2018-2022 гг.)

Таким образом, обработка клубней химическими препаратами приводит к снижению всхожести растений картофеля и зависит от вида препарата, сорта картофеля и в меньшей степени от погодных условий в начале вегетации.

Для устранения негативного действия препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля нами предложено совместное их использование с регуляторами роста растений. Так, комбинации препарата Селест Топ, КС с рострегуляторами (Вигор Форте, КРП, Гуми-20 и АгроСтимул) в Дмитровском районе на суглинистых почвах при первом учете способствовали увеличению количества всходов только с эталоном – на 74,0-75,0%, а в Люберецком районе на супесчаных и с вариантом без обработки (на 4,9-23,4%) и эталонным (на 58,3-86,3%). При последующих учетах в обеих точках по всем датам проведения учетов динамика всхожести была выше эталона и находилась в пределах контрольного варианта (рисунок 2).



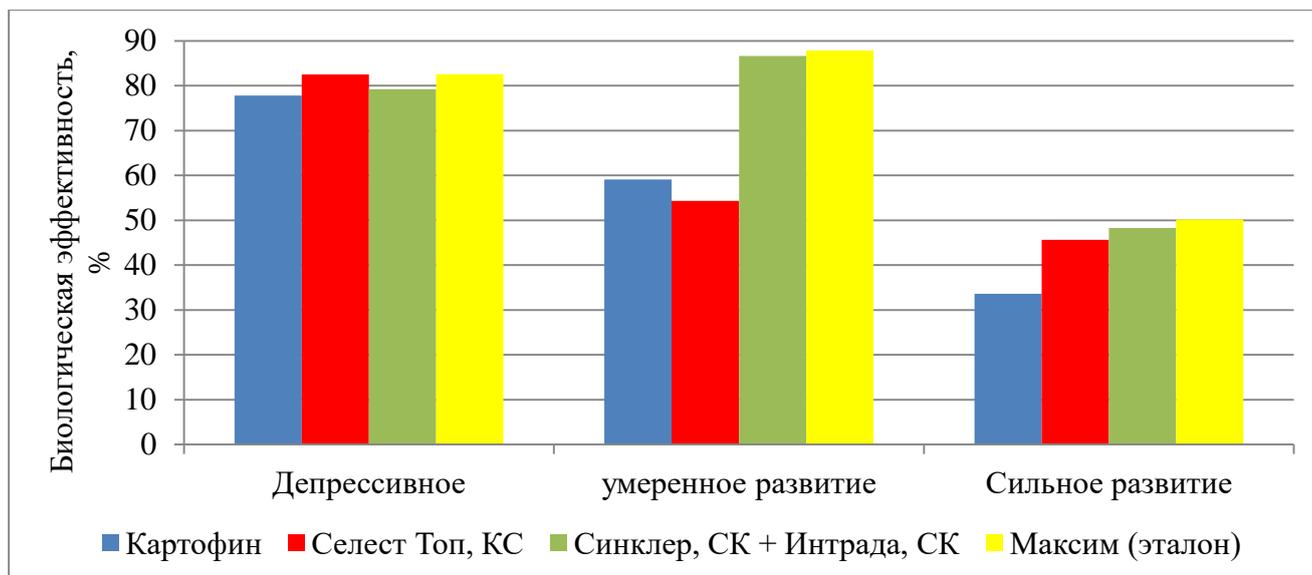
НСР₀₅ по факторам: район выращивания – 0,51-1,37; препарат – 1,15-3,06; частных средних – 2,11-3,77

Рисунок 2 – Влияние обработок клубней картофеля препаратом Селест Топ, КС с рострегуляторами на динамику всходов сорта Сантэ (2015-2022 гг.), %

Обработка клубней протравителями оказала заметное влияние на снижение пораженности подземных органов картофеля ризоктониозом. Биологическая эффективность в среднем за годы исследований у биологически активных препаратов (биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин), Зеребра Агро и др.) в снижении развития ризоктониоза в фазу полных всходов составила 54,6-68,9%, новых химических фунгицидов (Идикум, СК, Эместо Квантум, КС, Депозит, МД, Селест Топ, КС) – 76,7-95,7%.

Установлено, что в годы слабого развития заболевания все вышеуказанные препараты показали очень высокую биологическую эффективность, а в годы сильного распространения ризоктониоза – значительно ниже. Так, у препарата Селест Топ, КС в годы депрессивного развития болезни биологическая эффективность составила 84,1%, а в годы сильного развития – 55,2% (рисунок 3). Кроме того, биологическая эффективность применения протравителей на устойчивых сортах, таких как Удача выше, чем на восприимчивых (Сантэ). Так, у препарата Эместо Квантум, КС эффективность соответственно составила на этих сортах – 84,6% и 65,6%.

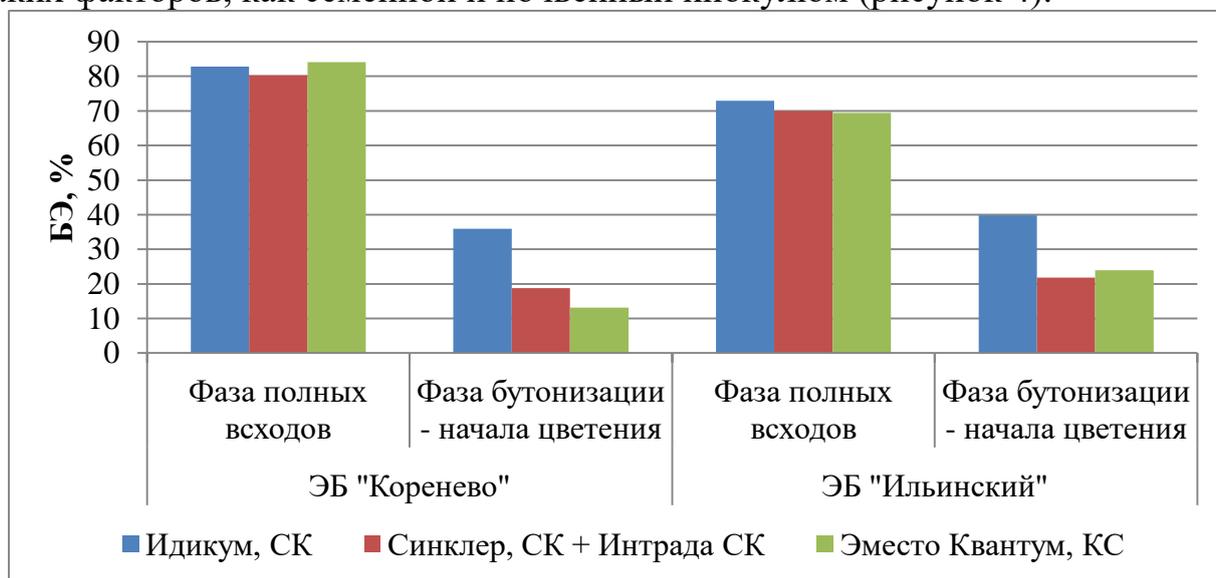
Снижение пораженности подземных органов картофеля ризоктониозом под действием изучаемых препаратов отчетливей всего проявлялось в период всходов.



НСР₀₅ по фактору: степень развития ризоктониоза – 1,32; препарат – 2,02; частных средних – 3,45

Рисунок 3 – Биологическая эффективность препаратов для предпосадочной обработки клубней картофеля в зависимости от степени развития ризоктониоза (2015-2022 гг.)

Так, в фазу полных всходов биологическая эффективность у препаратов Эместо Квантум, КС и Идикум, СК составила 84,1% и 82,8%, а в период бутонизации - начала цветения – 13,1% и 35,9%, что объясняется способом применения (препарат Идикум, СК применяется и для обработки клубней и дна борозды), продолжительностью фунгицидного действия препаратов и влиянием таких факторов, как семенной и почвенный инокулюм (рисунок 4).



НСР₀₅ по фактору: район выращивания – 2,09; фаза развития картофеля – 2,09; препарат – 1,48; частных средних – 3,00

Рисунок 4 – Биологическая эффективность препаратов для предпосадочной обработки клубней в зависимости от фазы развития картофеля (2017-2022 гг.)

Полученные данные согласуются с результатами ранее проведённых исследований (Малюга А.А., 2005), в которых отмечалось, что в начальный

период развития картофеля (фаза всходов) влияние обоих факторов на пораженность ростков составляет 16% (передача через клубни) и 50% (передача через почву). По мере развития растений доля влияния почвенного инокулюма возрастала до 87%, тогда как влияние клубневого снижалось до 6%.

В целом, действие препаратов, используемых для обработки клубней, интегрируется в показатели повышения урожайности и ее качества. Так, на сорте Сантэ наибольшая прибавка урожая клубней товарной фракции в размере 5,3 т/га получена при обработке препаратом Идикум, СК в период посадки, в эталоне (Максим, КС) – 2,0 т/га. При использовании других препаратов урожайность превышала контроль на 18,2-29,0% (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние предпосадочной обработки клубней сорта Сантэ на урожайность и качество, 2017-2022 гг.

Препарат	Всего пораженных клубней, %	В т.ч.		Прибавка урожайности, ± % к контролю
		Сухими гнилями	Ризоктониозом	
Контроль	5,4	3,7	1,7	17,6 т/га
Селест топ, КС	1,1	0,8	0,3	+ 18,2
Идикум, СК	0,8	0,5	0,3	+ 32,4
Синклер, СК + Интрада	1,3	1,2	0,1	+ 23,2
Эместо Квантум, КС	1,3	0,8	0,3	+ 29,0
Максим, КС (эталон)	0,7	0,5	0,2	+ 14,2
НСР ₀₅	0,37	-	-	-

Предпосадочная обработка клубней картофеля существенно снижало распространенность ризоктониоза и сухой гнили на клубнях нового урожая. На контрольном варианте ризоктониозом было поражено в среднем 1,7% клубней, а при обработке препаратами – от 0,1% (Синклер, СК + Интрада, СК) до 0,3% (Эместо Квантум, КС).

Эффективность средств защиты растений против возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней (*C. coccodes*) довольно слабо исследована, о наличии устойчивых изолятов в российских популяциях вообще нет никаких данных. По результатам исследований, проведенных совместно с кафедрой микологии и альгологии МГУ, по оценке устойчивости штаммов этого возбудителя к фунгицидам показала, что хорошим фунгистатическим действием обладали все препараты за исключением пенцикурона и бензойной кислоты. Очень высокую эффективность показали флудиоксонил и дифеноконазол. Однако, при длительном культивировании на среде с флудиоксонилем изоляты гриба не погибали, а продолжали очень медленно расти и образовывать устойчивые сектора, что свидетельствует о появлении в мицелиях исходных изолятов при культивировании на этой среде мутаций устойчивости. Коллоидное серебро и биопрепарат на основе *Bacillus subtilis* проявляли подавляющее действие на изоляты *C. coccodes* немногим хуже, чем дифеноконазол и флуодиксонил. Меньшую эффективность в ограничении радиального прироста колоний показали азоксистробин, тиабендазол и к ним были выявлены штаммы, сильно отличающиеся по уровням устойчивости.

Таким образом, распространенность ризоктониоза и соответственно биологическая эффективность предпосадочной обработки клубней зависело от устойчивости сорта картофеля, вида протравителя и от погодных условий вегетационного периода. Эффективность препаратов была выше в годы депрессивного развития болезни и на более устойчивых сортах. Предпосадочная обработка сдерживает заражение клубней нового урожая во время вегетации и тем самым увеличивает выход здорового картофеля.

В главе 5 «Разработка схем защиты картофеля в период вегетации с учетом устойчивости сорта» представлены результаты изучения эффективности применения новых биологически активных препаратов, фунгицидов новых химических классов против фитофтороза, альтернариоза и разработки на их основе схем защиты картофеля с учетом устойчивости сорта.

Все изученные схемы химической защиты картофеля способствовали существенному снижению распространенности и степени развития фитофтороза и альтернариоза в эпифитотийные годы (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние схем применения химических препаратов на распространенность (Р), степень развития (R) альтернариоза, фитофтороза и урожайность картофеля сорта Сантэ, 2017-2022 гг.

Схемы применения препаратов	Альтернариоз		Фитофтороз		Прибавка урожайности, ± % к контролю
	Р	Р	Р	Р	
Контроль	84,5	34,2	96,8	46,5	23,2 т/га
1	12,8	3,4	11,9	1,7	+ 45,7
2	30,3	5,6	21,3	3,5	+ 33,6
3	29,5	7,5	14,3	2,7	+ 39,2
4	23,0	3,4	20,7	4,7	+ 37,2
5 Эталон	30,6	5,5	12,9	2,4	+ 24,2
НСР ₀₅	4,99	2,97	3,71	2,35	-

Примечание. Схемы обработок:

1. 1х Метаксил, СП – 1х Инсайд – 1х Инсайд + Раек – 1х Тирада – 1х Талант;
2. 2х Метамил МЦ, СП – 2 х Ширма, КС;
3. 1х Инфинито, СП + 2х Консенто, КС – 1х Сектин Феномен, ВДГ (+Луна Транквилити, КС) + 1х Пенкоцеб, СП (+Луна Транквилити, КС);
4. 1х Манкоцеб, СП – 2х Рапид Голд, СП – 1х Рапид Микс, СП – 1х Цихом, СП;
5. Эталон: 2х Ридомил Голд МЦ, ВДГ – 3х Абига Пик, ВС

На необработанных растениях картофеля распространенность болезней в последнем учете (10 августа) достигала соответственно 96,8% и 84,5%, а степень развития – 46,5% и 34,2%. В подобных условиях применение фунгицидов обеспечило высокую биологическую эффективность защиты культуры, которая составила от фитофтороза 69,9-87,7% и альтернариоза 65,1-84,9% в зависимости от схем защиты и сортов картофеля. Наиболее эффективной была первая схема, где применяли новый трансламинарный фунгицид Инсайд, СК, контактные – Тирада, СК и Талант, СК.

Результаты проведенных учётов свидетельствуют о том, что применение химических средств защиты растений от болезней существенно и статистически достоверно (НСР₀₅ 4,03 т/га) повышала урожайность картофеля.

Ее прибавка к контрольному варианту составила 7,8-10,6 т/га или 33,6-45,7%, товарного картофеля – 31,9-58,2%.

Для сокращения химической нагрузки на агроэкосистемы и предупреждения формирования резистентных популяций фитопатогенов нами были разработаны программы замещения или дополнительного применения к средствам химической защиты растений биопрепарата на основе *B. subtilis* (Картофин), а также биологически активных веществ на основе наночастиц серебра (Зеребра Агро, ВР) и металлов Fe, Zn, Cu, Mo.

Применение пяти обработок растений биофунгицидом Картофин позволило лишь несколько снизить распространение и развитие фитофтороза и альтернариоза. Биологическая эффективность составила 24,7% и 28,9%. Препарат Зеребра Агро против фитофтороза обеспечил практически такой же результат – 23,3%, но значительно выше по альтернариозу – 50,5%. Более высокие результаты получены при однократном применении контактно-системного препарата (Ридомил Голд МЦ, ВДГ) в период «смыкания ботвы в рядках» с последующими обработками Зеребра Агро, ВР или Картофином (четыре обработки). Биологическая эффективность против фитофтороза составила 58,5% и 59,1% (Таблица 5).

Таблица 5 – Биологическая и хозяйственная эффективность биологически активных препаратов и их чередования с химическими фунгицидами против фитофтороза и альтернариоза (2015-2022 гг.)

Обработка		БЭ, %		Прибавка урожайности, ± % к контролю
		Фитофтороз	Альтернариоз	
Клубни	В период вегетации			
Контроль – без обработки		-	-	17,8 т/га
Картофин	5х Картофин	24,7	28,9	
	1х Ридомил Голд МЦ, ВДГ + 4х Картофин	58,5	42,3	
Эместо Квантум, КС	5х Картофин,	7,6	46,4	
	1х Ридомил Голд МЦ, ВДГ + 4х Картофин		35,7	
Зеребра Агро	5х Зеребра Агро, ВР	23,3	50,5	
Зеребра Агро + Эместо Квантум	1х Ридомил Голд МЦ, ВДГ + 4х Зеребра Агро, ВР	59,1	55,1	
Наночастицы металлов Fe, Zn, Cu, Mo	2х Ридомил Голд МЦ (1,25 кг/га) + 4х Абига Пик (1,5 кг/га) с наночастицами	88,1	78,0	
Максим, КС - эталон	1х Ридомил Голд МЦ, ВДГ + 4х Абига Пик, ВС	74,4	69,7	

Биологическая эффективность последовательного опрыскивания клубней наночастицами металлов Fe, Zn, Cu, Mo и растений с половинными дозами Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2 обработки) и Абига Пик, ВС (3 обработки) составила 88,1% против фитофтороза и 78,0% альтернариоза. При обработке посадочных клубней баковой смесью Эместо Квантум + Зеребра Агро и последующем применении Ридомила Голд МЦ, ВДГ (1обработка) и Зеребра

Агро (4 обработки) отмечалось снижение распространения и развития фитофтороза и альтернариоза во всех учетах и к концу вегетации достигло 20,6% и 24,3% соответственно.

Подводя итог, можно сказать, что биологическая эффективность чередования обработок химическими и биологически активными препаратами составила в среднем 55-65%, уступая химическим обработкам в 1,2-1,3 раза. Применение для первой обработки растений контактно-системного препарата (Ридомил Голд МЦ, ВДГ) и в последующем биопрепарата на основе *B. subtilis* (Картофин) (схема №2) оказывало значимый сдерживающий эффект в отношении фитофтороза (рисунок 5).

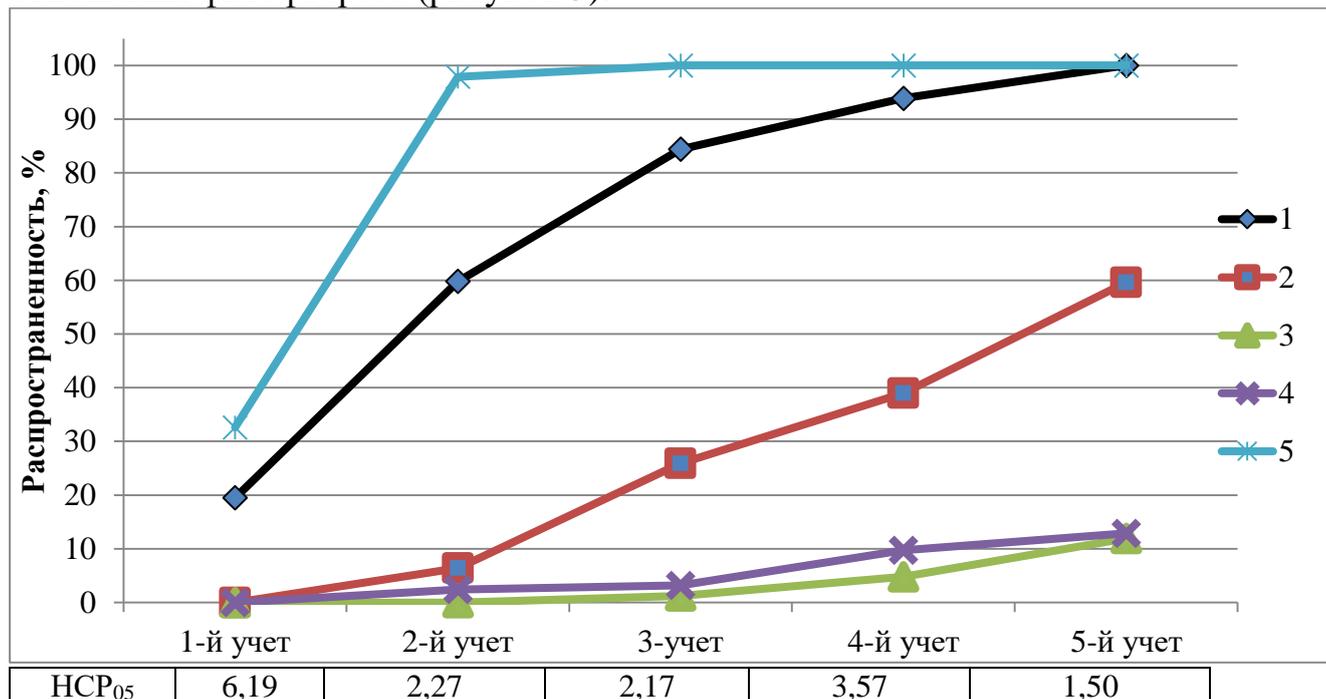


Рисунок 5 – Влияние схем применения препаратов на распространенность фитофтороза в эпифитотийные годы на растениях картофеля, %

Примечание: Схемы применения препаратов:

- 1 – 5х биопрепарат основе *B. subtilis* (Картофин);
- 2 – 1х Ридомил Голд МЦ, ВДГ + 4х Картофин;
- 3 – 1х Метаксил, СП – 1х Инсайд, СК – 1х Инсайд, СК + Раек, КЭ – 1х Тирада, СК – 1х Талант, СК;
- 4 – эталон: 2х Ридомил Голд МЦ, ВДГ – 3х Абига Пик, ВС;
- 5 – контроль.

В этой схеме отмечено резкое снижение распространения болезни при первом учете (6,4%). Это позволило сдерживать распространение фитофтороза, обрабатывая Картофином растения до последнего учета (59,6%). Наиболее эффективными были схемы с применением химических препаратов. Применение пяти обработок растений биопрепаратом позволило незначительно снизить распространенность болезни лишь при первом учете до 22,7%, при втором – 64,3% (в контроле 32,6% и 97,9% соответственно). К концу вегетации развитие и распространенность болезни были на уровне контрольного варианта.

В годы умеренного и депрессивного развития фитофтороза и альтернариоза применение биопрепарата на основе *B. subtilis* (Картофин) по эффективности не отличалось от эталонного варианта с фунгицидами, одинаково снижая распространенность и степень развития болезни по сравнению с контрольным вариантом. Так, биологическая эффективность в снижении степени развития фитофтороза составила соответственно 43,1-76,0% и 48,3-82,0%. В годы эпифитотийного развития его эффективность была значительно ниже эталона – биологическая эффективность составила 27,9%, что в 2,8 раза ниже эталона (76,7%).

Максимальная урожайность картофеля в схемах с чередованием биологически активных препаратов и химических фунгицидов получена там, где было выявлено наиболее эффективное снижение распространенности и степени развития фитофтороза и альтернариоза: при применении баковой смеси наночастиц металлов Fe, Zn, Cu, Mo и половинных доз Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2 обработки) и Абига Пик, ВС (3 обработки) – 40,6%. Применение биопрепарата Картофин в период вегетации позволило получить прибавку урожайности на уровне 23,6% по сравнению с контролем, а при однократной обработке контактно-системным фунгицидом Ридомил Голд МЦ, ВДГ в период «смыкания ботвы в рядке» и в последующем тем же биопрепаратом, способствовало увеличению урожайности на 32,6%.

Клубневой анализ показал, что распространенность болезней клубней нового урожая при применении биологически активных препаратов и их сочетания с химическими фунгицидами снизилось в 1,8-3,2 раза по сравнению с контрольным вариантом (9,8%). Видовой состав патогенов, поражающих клубни, во многом зависел от применяемого протравителя и препарата в период вегетации. Отмечена зависимость поражения клубней картофеля нового урожая ризоктониозом от предпосадочной обработки и в меньшей степени от схем применения препаратов в период вегетации. Пораженность клубней фитофторозом находилась в прямой зависимости от кратности химических обработок в период вегетации – чем больше их было проведено, тем меньше оказался процент больных клубней. Во всех химических схемах защиты картофеля, включая эталон и в схеме с обработкой наночастицами металлов Fe, Zn, Cu не было клубней, пораженных фитофторозом (в контроле 1,2%).

При разработке схем защиты наряду с биологическими особенностями возбудителей болезней, риска появления резистентности к применяемым фунгицидам, зависимости развития болезни от метеорологических условий надо учитывать степень устойчивости к болезням защищаемого сорта. Поэтому для оценки эффективности схем защиты отобрали разные по устойчивости к фитофторозу сорта картофеля: Гулливер (среднеустойчивый, 6,0 баллов), Гранд и Кумач (относительно устойчивые, 8,0-8,5 баллов) и Северное сияние (восприимчивый, 4 балла по результатам нашей оценки). Все сорта показали среднюю устойчивость к альтернариозу (6-7 баллов).

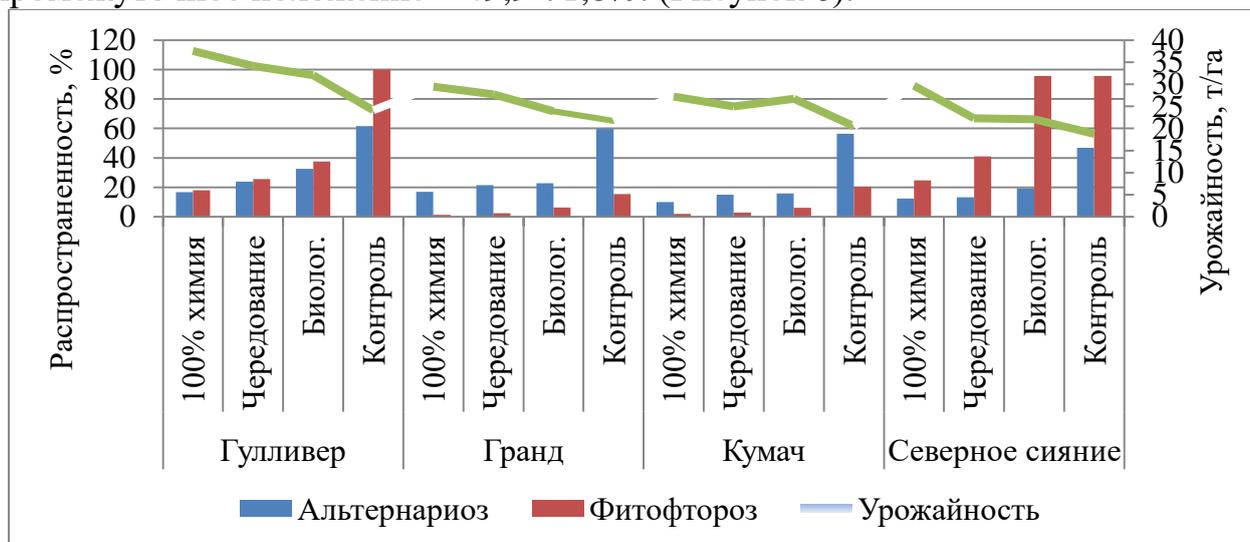
Использовали выделившуюся схему применения химических препаратов и две схемы с разным насыщением биопрепаратом на основе *B. subtilis*:

1 схема – 1х Метакил, СП – 1х Инсайд, СК – 1х Инсайд, СК + Раек, КЭ – Тирада, СК – Талант, СК (100% применение химических препаратов);

2 схема – 1х Метакил, СП – 1х биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин) – 1х Инсайд, СК – 1х Картофин – Талант, СК (чередование химических и биологических препаратов);

3 схема – 1х Метакил, СП – 5х биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин).

На всех сортах по сравнению с контрольным вариантом отмечено снижение распространенности и степени развития фитофтороза и альтернариоза с первого до последнего учета независимо от схем применения препаратов. Установлено, что биологическая эффективность схем защиты увеличивалась от восприимчивого сорта к устойчивому и от биологизированной схемы к химической. Так, эффективность обработок в снижении распространенности альтернариоза увеличивалась от среднеустойчивого сорта Гулливер к относительно устойчивому – Северное сияние. В первой схеме, где применяли только химические фунгициды, она составила 66,3-73,5% (распространенность болезни по сортам было в 2,3-3,7 раза меньше контрольного варианта). Биологическая эффективность третьей схемы, где после однократной обработки химическим фунгицидом Метакил, СП проводили обработки только биопрепаратом на основе *B. subtilis* (Картофин) – 47,3-67,3%. Вторая схема по результативности занимала промежуточное положение – 49,9-71,8%. (Рисунок 6).



НСР₀₅ урожайности по факторам: сорт картофеля – 1,74; схема защиты – 1,74; частных средних – 3,14

Рисунок 6 – Влияние схем применения препаратов на распространенность альтернариоза и фитофтороза на растениях картофеля (2019-2022 гг.), %

Эффективность обработок против фитофтороза увеличивалась от восприимчивого сорта Северное сияние к более устойчивому Гранд. При последнем учете в первой схеме (100% химия) она составила 62,7-83,1%, в третьей схеме – 20,9-67,1%. Вторая схема по результативности (чередование химических фунгицидов и биопрепарата) немного уступала первой схеме – 57,1-79,2%.

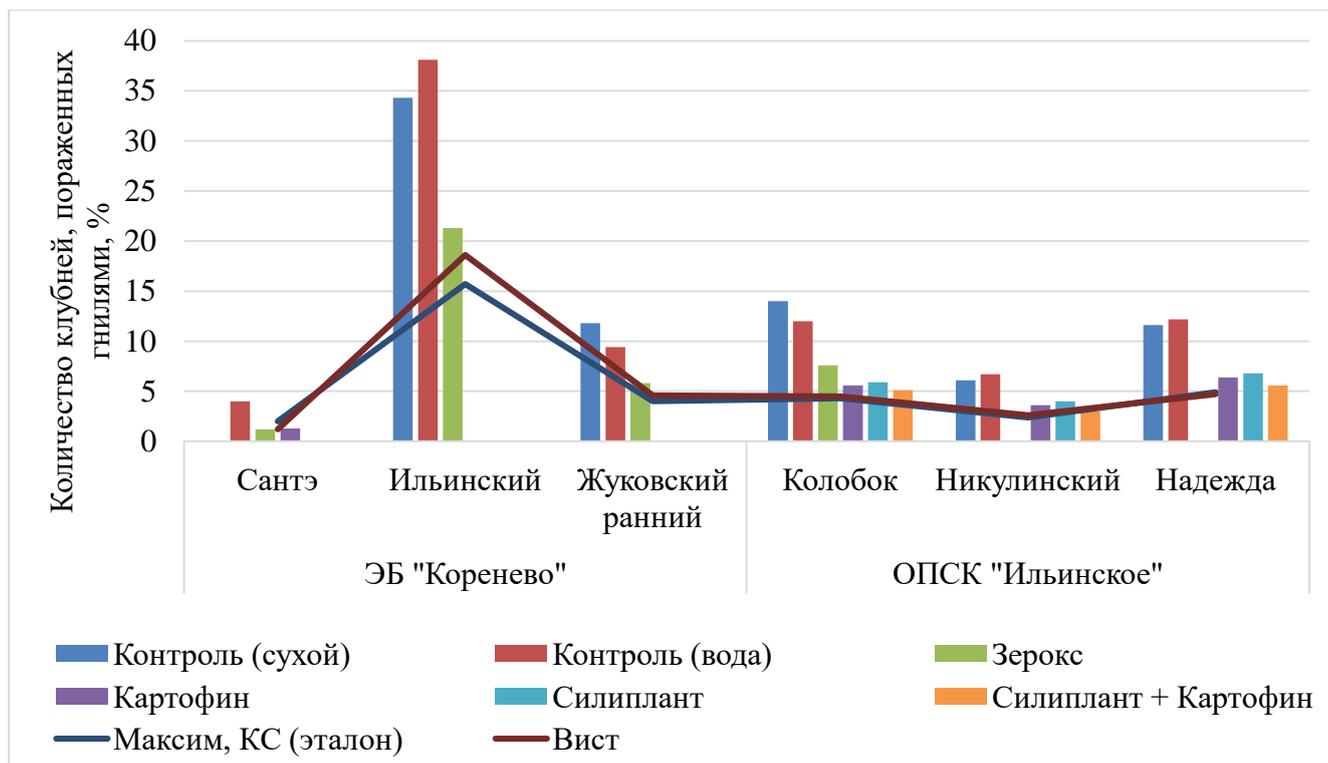
Учеты общей урожайности показали, что самые высокие прибавки получили на неустойчивых к фитофторозу сортах Гулливер и Северное сияние – 8,0-13,5 т/га и 3,3-10,9 т/га соответственно. Более низкие прибавки получены на относительно устойчивых сортах Гранд и Кумач – 2,2-7,8 т/га 6,2-6,7 т/га. Статистическая обработка показала, что в формировании урожайности картофеля доля влияния сорта (А) составила 43,5%, доля влияния схем применения препаратов (В) – 47,8%; взаимодействие АВ – 8,7%.

Клубневой анализ показал, что в первой и во второй схемах количество пораженных клубней было практически одинаковым – соответственно 1,0-5,0% и 1,5-6,8% в зависимости от сорта. В третьей схеме их количество было вдвое больше 3,5-8,9%, но меньше, чем в контрольном варианте в 1,6-2,1 раза.

Таким образом, на восприимчивых сортах картофеля для снижения распространения и степени развития альтернариоза и фитофтороза и соответственно увеличения урожайности и ее качества необходимо применять схему с химическими препаратами, а на относительно устойчивых – чередование химических и биологических препаратов, которое позволяет снижать на 40% химическую нагрузку. Среднеустойчивые сорта при прогнозе эпифитотийного развития болезней целесообразнее защищать химическими фунгицидами, умеренного или депрессивного развития – чередованием химических и биологических препаратов.

В главе 6 «Разработка технологий защиты картофеля в период хранения с учетом сортового ассортимента» приведены результаты применения новых экологически безопасных препаратов, способствующими снижению пораженности патогенами и ингибированию преждевременного прорастания в период длительного хранения.

Результаты весеннего фитопатологического анализа в соответствии с ГОСТ 33996-2016 показали, что обработка клубней всех сортов всеми изученными препаратами снизила количество пораженных гнилями клубней картофеля и сократила потери урожая по сравнению с контрольными вариантами. Установлено, что эффективность осенней обработки увеличивалась от более поражаемых сухой гнилью к менее поражаемым сортам. Данная закономерность наблюдалась и при использовании биологически активных препаратов (биопрепарат на основе *B. subtilis* – Картофин, наночастиц серебра – Зерокс, агрохимикат Силиплант) и в снижении общих потерь. Так, на сорте Сантэ биологически активные препараты снизили распространенность сухих гнилей в 3,0-3,3 раза, эталон Максим, КС – 2,1 раза, а на сорте Колобок – соответственно в 1,6-2,1 и 2,8 раза. В целом биологически активные препараты обеспечивают снижение распространенности гнилей на 36,7-70,0%, химические (Кагатник, ВРК, Синклер, СК) – 57,4-82,5%, эталонные препараты (Максим, КС, шашки Вист) – 45,8-70,0% в зависимости от сорта и места хранения (Рисунок 7).



НСР₀₅ по факторам: район хранения – 0,82; сорт картофеля – 0,62-1,56; препарат – 0,31-1,35; частных средних – 1,39-2,19

Р
и
с

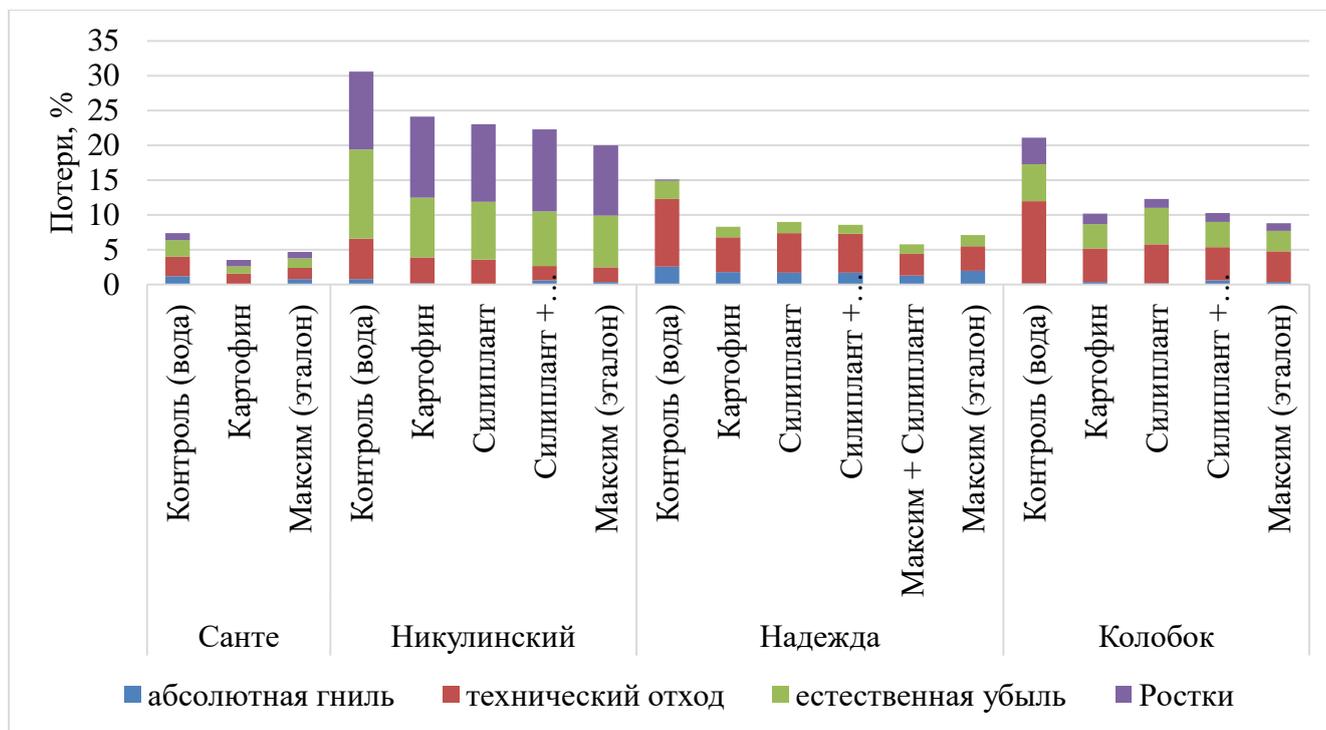
Применение в производственных условиях Нижегородской области нового химического препарата на основе имазалила (Волсепд Сид, ВРК) за период хранения в более чем в два раза снизило поражённость клубней картофеля сухой гнилью. Биологическая эффективность на сорте картофеля Ньютон в зависимости от дозы составила 58,8-60,5%, а в эталоне (Максим, КС) – 51,3%. Общие потери урожая картофеля при применении Волсепт Сид, ВРК в обеих дозах составили 6,7%, что ниже, чем в контроле на 8,2% и ниже эталона на 1,7% (таблица 6).

Таблица 6 – Биологическая эффективность препарата Волсепт Сид, ВРК при хранении картофеля сорта Ньютон (Нижегородская обл., 2019-2020 гг.).

Препарат	Норма расхода, мл/т	Распространенность сухих гнилей, %	Общие потери, %
Контроль	-	11,9	14,9
Максим, КС	200	5,8	8,4
Волсепт Сид, ВРК	100 + 100	4,7	6,7
Волсепт Сид, ВРК	150	4,9	6,7
НСР ₀₅	-	2,26	1,15

Установлено, эффективность осенней обработки препаратами в снижении общих потерь зависит от ее структуры (Рисунок 8).

В
е
с
е
н
н



НСР₀₅ по факторам: район хранения – 0,81-1,52; сорт картофеля – 0,99-1,88; препарат – 0,57-1,08; частных средних – 1,41-2,02

Р
и

с Так, низкая эффективность препаратов на сорте Никулинский связана с тем, что потери были в основном за счет естественной убыли массы и ростков. Проведенный анализ снижения технических отходов и абсолютной гнили, свидетельствует, что они составляют по сравнению с контрольными вариантами (5,6-5,8%) для биологически активных препаратов в 1,7-2,4 раза, а химических – 2,1-2,7 раза.

8 В производственных условиях Московской и Саратовской областей Испытания картофеля по биосорентации и обработке жареном салями 2015-2021 гг. (Спад-Ник Гранулы, Г и Харвест Макс, Р). Проведенные в период хранения исследования доказали, что данные препараты могут быть эффективно использованы в качестве ингибиторов прорастания клубней картофеля. В конце периода хранения количество проросших клубней при использовании Спад-Ник Гранулы, Г в условиях Московской области составило 1,3%, в контроле – 100,0% (рисунок 9).

В конце периода хранения в условиях Саратовской области при применении препарата Харвест-Макс в нормах 19+10+10 и 19+19+19 мл/т, количество проросших клубней составило 1,3% и 0,0% соответственно, без обработки – 100,0% (т.е. все клубни проросли). На основании весеннего клубневого анализа выявлено существенное различие по пораженности клубней картофеля сухой гнилью при применении Харвест-Макс в норме 19+19+19 мл/т – снижение составило более трех раз по сравнению с необработанными клубнями. Такой результат связан с тем, что растворителем препарата Харвест Макс, Р является Эвгенол: натуральный компонент, выделенный из листьев

гвоздики и обладающий фунгицидной и бактерицидной активностью (таблица 7).



Рисунок 9 – Термомеханический генератор горячего тумана TF 35 и результат обработки клубней картофеля ингибитором прорастания Спад-Ник, Гранулы

Таблица 7 – Результаты применения ингибитора прорастания Харвест-Макс, Р на сорте картофеля Гала (2018-2021 гг.)

Препарат	Всего проросло клубней, %	Распространенность сухой гнили, %	Потери всего, %
Контроль	100,0	5,1	14,5
Харвест-Макс, Р 19+10+10 мл/т	1,3	2,6	5,0
Харвест-Макс, Р 19+19+19 мл/т	0,0	1,6	3,9
НСР ₀₅	-	0,80	0,68

Как показали фенологические наблюдения на сорте Надежда, препараты в последствии не проявляли фитотоксического действия в период вегетации. Наблюдалась тенденция к увеличению взошедших растений и количества стеблей на одно растение по сравнению с контрольным вариантом. В фазу полных всходов препараты достоверно снизили развитие ризоктониоза. Биологическая эффективность биологически активных препаратов (Силиплант, Картофин и их баковой смеси) составила – 22,7-65,7%, половинных доз препарата Максим, КС и шашек Вист и Силипланта – 69,4% и 55,6% соответственно, химических эталонов – 75,3-78,7%. Прибавка урожайности составила при применении баковых смесей – 25,3-35,1%, эталонов – 21,7-37,5% (таблица 8).

Таким образом, действие и последствие защитно-стимулирующих веществ, используемых для обработки клубней после уборки, перед закладкой на хранение, интегрируется в показатели снижения потерь от гнилей при хранении, а в последствии – пораженности ризоктониозом и повышения урожайности. При выборе препарата для повышения сохранности клубней в процессе их хранения необходимо учитывать биологические особенности

сорта. Биологически активные препараты наиболее эффективны на устойчивых к сухой гнили сортах.

Таблица 8 – Биологическая (БЭ) и хозяйственная эффективность осенней обработки клубней сорта Надежда в последствии, (2018-2021 гг.)

Препарат	БЭ, %	Прибавка урожайности, ± % к контролю
Контроль	-	17,4 т/га
Силиплант	22,7	+ 7,2
Картофин	56,9	+ 12,1
Силиплант + Картофин	65,7	+ 7,4
Кагатник, ВРК	64,4	+ 23,3
Максим, КС (эталон)	78,7	+ 21,7
Максим, КС + Силиплант	69,4	+ 35,1
Вист	75,3	+ 37,5
Вист + Силиплант	68,1	+ 25,3

В главе 7 «Экономическая эффективность разработанной системы защиты при возделывании и хранения картофеля с учетом устойчивости сорта» представлены расчеты экономической эффективности разработанных схем обработки картофеля в период вегетации и хранения.

Схема защиты, где применяли только химические препараты, позволила получить наиболее высокую товарную урожайность на всех сортах от 25,2 т/га на сорте Гранд до 35,3 т/га на сорте Гулливер, что обеспечило низкую себестоимость (4,38-6,06 руб./кг) и высокую рентабельность производства 175,2-285,5%. Условно-чистый доход составил 299,6-470,6 тыс. руб./га. При применении биологизированной схемы (третья схема) получена прибавка урожая 3,3-9,0 т/га, наиболее низкую себестоимость 3,99-5,81 руб./кг, высокую рентабельность производства 187,6-290,1%. Чередование химических и биологических препаратов по экономической эффективности занимало промежуточное положение (таблица 9).

Осенняя обработка клубней картофеля сортов Надежда, Колобок и Никулинский в ЭБ «Ильинское» биологически активными препаратами (агрохимикат Силиплант и биопрепарат на основе *V. subtilis* – Картофин) позволила снизить потери на 4,5-9,0%, дополнительно сохранить 0,112-0,178 т урожая и получить экономический эффект (условный доход) в размере 1,70-4,44 тыс. руб. на тонну. Наиболее эффективной оказалось применение пониженной дозы препарата Максим, КС (0,1 л/га) и агрохимиката Силиплант – потери снизились на 10,1%, экономический эффект равнялся 3,26 тыс. руб. на тонну. При фумигации картофеля шашками Вист потери снизились в зависимости от сорта на 5,9-8,9%. Дополнительно сохранилось 0,118-0,178 т картофеля, что позволило получить экономический эффект (условный доход) в размере 4,0-4,24 тыс. руб. на тонну и уровень рентабельности 363,6-385,5%.

Таблица 9 – Экономическая эффективность разработанных схем защиты картофеля

№ схемы	Урожайность (т/га) с учетом товарности	Стоимость продукции, т. руб. /га	Условно-чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./кг	Рентабельность, %
сорт Гулливер					
1-ая схема	35,3	635,4	470,6	4,38	285,5
2-ая схема	31,4	565,2	424,1	4,12	300,7
3-ья схема	27,8	500,4	372,1	3,99	290,1
сорт Гранд					
1-ая схема	25,2	453,6	288,8	5,59	175,2
2-ая схема	24,8	446,4	305,3	5,09	216,5
3-ья схема	21,7	390,6	262,3	5,38	204,5
сорт Кумач					
1-ая схема	25,8	464,4	299,6	6,06	181,8
2-ая схема	24,0	432,0	290,9	5,64	206,2
3-ья схема	25,2	453,6	325,3	4,81	253,6
сорт Северное сияние					
1-ая схема	28,1	505,8	340,9	5,55	206,8
2-ая схема	20,6	370,8	229,7	6,33	162,8
3-ья схема	20,5	369,0	240,7	5,81	187,6

Примечание: Обработка клубней препаратом Идикум, СК и три схемы:
 1 схема – 1х Метаксил, СП – 1х Инсайд – 1х Инсайд + Раек – Тирада – Талант;
 2 схема – 1х Метаксил, СП – 1х биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин) – 1х Инсайд, СК – 1х Картофин – Талант, СК;
 3 схема – 1х Метаксил, СП – 5х биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований за период 2005-2022 гг. в условиях дерново-подзолистых почв Центрального региона России разработан научно-обоснованный перечень мероприятий системы защиты картофеля от основных грибных и грибоподобных болезней на основе подбора сортов, создания новых генотипов, разработки методов диагностики, применения биологически активных и химических препаратов в период вегетации и хранения.

Созданный на основе сложных межвидовых гибридов, диких и культурных видов, устойчивых к фитофторозу в сочетании с хозяйственно-ценными признаками исходный материал способен обеспечить селекцию картофеля новым генетически разнообразным материалом для получения высокопродуктивных, устойчивых к болезням и вредителям сортов. Источниками горизонтальной устойчивости к фитофторозу служили сорта и гибриды, происходящие от *S. demissum*, *S. bulbocostanum*, *S. chacoense*, *S. stoloniferum*, *S. acaule*, *S. andigenum*.

Проведенные в условиях Центрального региона России экологические испытания новых сортов картофеля, в том числе и на основе нового исходного материала позволили выделить сорта с комплексной устойчивостью к грибным болезням: Аляска, Антонина, Василек, Великан, Гусар, Златка, Кемеровчанин, Купец, Мариинский, Пламя, Сигнал, Солнечный. Возделывание таких сортов в сельскохозяйственном производстве создаст надежную защиту против эпифитотий болезней и обеспечить сохранение урожая при минимальном числе обработок.

Впервые проведенные исследования, по идентификации в листьях картофеля возбудителя антракноза или «черной пятнистости» клубней (*Colletotrichum coccodes*) показали, что реальный спектр фитопатогенов, ассоциированных с листьями, гораздо шире и при разработке мер защиты растений следует учитывать возможность проявления эпифитотий, вызванных теми видами грибов, которым традиционно не уделяется серьезного внимания. Полученные результаты подтверждают нашу гипотезу о необходимости комплексного исследования некрозов из-за возможного одновременного развития на них нескольких видов фитопатогенных микроорганизмов, не выявляемых при микроскопическом исследовании. Данные выводы соответствуют работам нескольких исследователей (Nitzan et al., 2006; Johnson, 1994, Mohan et al., 1992), в которых показано заражение живых искусственно поврежденных листьев картофеля спорами возбудителя «черной пятнистости» клубней. Также в 23% листьев из разных регионов Европейской части России, имевших симптомы поражения альтернариоза, видов рода *Alternaria* не было выявлено (Кокаева и др., 2017).

C. coccodes обладает высокой изменчивостью, и его выявление по одной последовательности ДНК может привести к ложноотрицательным результатам. Для большей достоверности диагностики необходим анализ по нескольким видоспецифичным последовательностям ДНК, в связи с чем нами была разработана оригинальная тест-система, позволяющая идентифицировать *C. coccodes* по последовательности гена глицеральдегид-3-дегидрогеназы. Одновременное применение нашей тест-системы и разработанной английскими исследователями (Cullen et al., 2002) позволит существенно увеличить точность анализа и облегчить проведение широкого мониторинга распространенности «черной пятнистости» в России, для изучения роли почвенной и семенной инфекции, в потерях при хранении.

Выявлено, что химические препараты для предпосадочной обработки клубней оказывают ретардантное действие на рост и развитие растений картофеля, и эту особенность следует учитывать при их использовании. Показано, что картофель имеет индивидуальные сортовые реакции на протравители. В результате проведенной работы не выявлено отрицательного влияния препаратов на основе пенцикуриона, пенфлуфена, тиабендазола на всхожесть и развитие картофеля. Наибольшее отрицательное влияние на культуру оказали препараты на основе флудиоксонила, дифенокназола, бензойной кислоты. Для устранения ретардантного действия препаратов

предложено совместное использование протравителей с регуляторами роста растений.

Проведенные эксперименты позволили расширить ассортимент действующих веществ для эффективной защиты клубней картофеля от почвенно-клубневых болезней, включающий дифеноконазол, имазаил, пенфлуфен, коллоидное серебро, биопрепарат на основе *B. subtilis*. В наших совместных работах (Кутузова и др. (2016) дифеноконазол был эффективен в отношении штаммов паразитирующих на картофеле грибов: *C. coccodes*, *A. solani*, *A. alternata*, *F. solani*, *R. solani*, *H. solani*. Пенфлуфен – инновационное действующее вещество из нового химического класса пиразол-карбоксимиды. Эффективность исследованных нами препаратов в защите картофеля от ризоктониоза была выше или на уровне эталонных препаратов – флуодиксонил и пенцикурион. Результативность которых показана во многих работах (Малюга, 2008; Djébalí, Belhassen, 2010; Safrankova, 2015; Попов и др., 2013; Djébalí et al., 2014; Еланский и др., 2018; Muzhinji et al., 2018).

Высокую эффективность в борьбе с болезнями в период вегетации подтвердили препараты на основе металаксила, мефеноксама, пропамокарб гидрохлорида, цимоксанила, манкоцеба, диаметоморфа, флузинама, хлороталонила, тирама, хлорокиси меди при соблюдении антирезистентной стратегии. Их результативность показана и в других работах (Bradshaw, 2007; Карса, 2009; Филиппов и др., 2010; Еланский и др., 2011; Кузнецова и др., 2019). Рекомендованы новые препараты на основе флуопиколида, флуопирама, пириметанила, циазофамида, дифеноконозола, коллоидного серебра, *B. subtilis*. Флуопиколид обладает механизмом действия, отличным от ранее известных фунгицидов. Его сочетание с пропамокарб гидрохлоридом сводит риск возникновения резистентности к минимуму. Флуопирам - представляет новый химический класс – пиридил-этил бензамиды, пириметанил - химический класс анилопиримидины, инновационных д.в., обладающих лечебным, профилактическим и искореняющим действием.

На основании изучения эффективности схем защиты нами были разработаны более эффективные технологии использования химических фунгицидов, сокращения числа обработок и объема их применения от степени восприимчивости к болезням сортов, что имеет важное положительное значение для улучшения экологии. Для сокращения химической нагрузки на агроэкосистемы и избегания формирования резистентных популяций фитопатогенов были разработаны программы замещения или дополнительного применения к средствам химической защиты растений биопрепарата на основе *B. subtilis*, а также биологически активных веществ на основе наночастиц серебра и металлов Fe, Zn, Cu, Mo. На восприимчивых сортах картофеля для снижения распространения и степени развития альтернариоза и фитофтороза и соответственно увеличения урожайности и ее качества рекомендовано применять схему с химическими препаратами, а на относительно устойчивых – чередование химических и биологических препаратов, которое позволяет снижать на 40% химическую нагрузку. Среднеустойчивые сорта при прогнозе эпифитотийного развития болезней целесообразнее защищать химическими

фунгицидами, умеренного или депрессивного развития – чередованием химических и биологических препаратов.

Для снижения влияния отрицательных факторов на хранящиеся клубни, обеспечения высокого качества клубней, предупреждения развития гнилей, сведения до минимума потерь, эффективной защиты на первых этапах онтогенеза культуры от почвенно-клубневых болезней на подземных органах и повышения урожайности расширен ассортимент препаратов для осенней обработки, включающий действующие вещества коллоидное серебро, имазалил, бензойная кислота. Как показали наши исследования, селекционированный психротолерантный штамм *B. subtilis* И-5-12/23 обладает активностью в отношении весьма широкого спектра фитопатогенных грибов и бактерий и, что особенно важно, эффективен против комплекса возбудителей болезней клубней при температуре 2-5 °С. К препарату бензойная кислота были чувствительны *F. solani*, *F. oxysporum*, *R. solani*. Неэффективен против *S. coccodes*. В литературе отмечена высокая эффективность препарата коллоидное серебро против возбудителей болезней картофеля: *R. solani*, *P. infestans*, *S. coccodes* и *F. solani* (Еланский, 2017). Высокую эффективность подтвердили препараты флуодиксонил и тиабендазол, что отражено и у других авторов (Малюга, 2008; Зейрук, 2015 и др.).

Для хранения клубней, предназначенного на промпереработку, продовольственного картофеля с коротким периодом покоя предложены ингибиторы прорастания на основе хлорпрофама путем фумигации генераторами горячего тумана. Растворителем препарата Харвест Макс, Р является Эвгенол: натуральный компонент, выделенный из листьев гвоздики и обладающий фунгицидной и бактерицидной активностью.

ВЫВОДЫ

1. Из современного генофонда картофеля отобрано 67 образцов с высокой лабораторной и полевой устойчивостью листьев к фитофторозу (7-9 баллов) (в том числе 64 образца по клубням), в том числе среди беккроссов из отдела генетики ВНИИКХ – 26 образцов, гибридов ВИР – 11, гибридов НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству – 11, гибридов других НИУ – 2, коммерческих сортов – 27. На их основе получен новый гибридный материал для использования в селекционных и генетических программах, в количестве 3552190 семян и 211178 клубней одноклубневых популяций. Переданы в госсортоиспытание два сорта картофеля: Смуглянка (№ заявки 8058059 от 22.10.2019) со Смоленским НИИСХ и Сапфир (№ заявки 7853883 от 15.12.2021) с Южно-Уральским институтом картофелеводства и садоводства.

2. В условиях Центрального региона России выделен 61 сорт с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу; 44 – к альтернариозу; комплексной устойчивостью к обеим болезням – 29. Клубни 55 сортов не были поражены ризоктониозом, 54 – фитофторозом. Сорта Аляска, Антонина, Василек, Великан, Гусар, Златка, Кемеровчанин, Кумач, Купец, Мариинский, Пламя, Сигнал, Солнечный наряду с высокой полевой устойчивостью к фитофторозу и

альтернариозу по листьям были с клубнями без симптомов поражения ризоктониозом и фитофторозом.

3. Разработана тест-система для идентификации возбудителя антракноза или черной пятнистости клубней (*Colletotrichum coccodes*), не уступающая зарубежным аналогам по чувствительности и специфичности. С ее помощью можно успешно диагностировать наличие в образце ДНК *C. coccodes* с концентрацией 0,05 нг и при пороговом цикле 20-27 в образцах клубней без внешних симптомов заболевания. Выявлено присутствие этого возбудителя в листьях картофеля с сухими некротическими пятнами, похожими на симптомы поражения альтернариозом с использованием видоспецифичных праймеров Cc1NF1 и Cc2NR1.

4. Выявлено негативное влияние обработки клубней химическими препаратами на рост и развитие картофеля. Фитотоксичность зависит от вида протравителя, сорта картофеля и в меньшей степени от погодных условий в начале вегетации растений. Для ее устранения предложено совместное использование протравителей с регуляторами роста растений, такими как Вигор Форте, КРП (15 г/га), АгроСтимул, ВЭ (20 мл/т) и др.

5. Эффективность биологически активных препаратов (биопрепарат на основе *B. subtilis* (Картофин), Зеребра Агро) против ризоктониоза составила 54,6-68,9%, новых химических фунгицидов (Идикум, СК, Эместо Квантум, КС, Депозит, МД, Селест Топ, КС) – 76,7-95,7%. Биологическая эффективность препаратов зависит от устойчивости сорта, характера проявления болезни, фазы развития культуры. Кроме того, предпосадочная обработка сдерживает заражение клубней нового урожая во время вегетации и тем самым увеличивает выход здорового картофеля.

6. Оценка устойчивости штаммов возбудителя антракноза (*C. coccodes*) к фунгицидам показала, что наиболее эффективны были флудиоксонил и дифеноконазол. Но при длительном культивировании на среде с флудиоксонилом образовывались в мицелиях исходных изолятов мутации устойчивости. Высокий фунгицидный эффект был отмечен у препаратов на основе коллоидного серебра и *B. subtilis*. Слабой эффективностью отличились азоксистробин и тиабендазол, к ним были выявлены штаммы, сильно отличающиеся по уровням устойчивости. Препараты пенцикурон и бензойная кислота не эффективны против этой болезни.

7. Высокую эффективность в борьбе с болезнями подтвердили схемы чередования комбинированных химических препаратов Метаксил, СП, Метамил МЦ, СП, Инсайд, СК, Консенто, КС, Сектин Феномен, ВДГ, Рапид Голд, СП с контактными фунгицидами Талант, СК, Тирада, СК, Ширма, КС, Пенкоцеб, СП, Цихом, СП. Их биологическая эффективность от фитофтороза составила 69,93-87,7% и альтернариоза – 65,1-84,9%. Применение химических средств защиты растений от болезней существенно и статистически достоверно (НСР₀₅ 4,03 т/га) повышала урожайность картофеля – 33,6-45,7%.

8. Установлено, что в условиях умеренного и депрессивного развития болезней обработки растений картофеля одними биологически активными веществами или их чередованием с химическими препаратами, а также

применение биологически активных веществ с половинными дозами химических фунгицидов не уступали схемам с полными дозами фунгицидов. Их эффективность составила в среднем 55-65%, уступая химическим обработкам в 1,2-1,3 раза. Применение схем позволило получить прибавку урожайности от 10 до 40% и снизить в 1,8-3,2 раза распространенность болезней клубней нового урожая.

9. Биологическая эффективность изученных и разработанных схем защиты в снижении степени развития фитофтороза и альтернариоза увеличивалась от восприимчивого сорта к устойчивому и от биологизированной схемы к химической. Самые высокие прибавки общей урожайности получили на неустойчивых к фитофторозу сортах – 17,6-58,0%, более низкие прибавки получены на относительно устойчивых сортах – 10,1-36,0%. Показано, что в формировании урожайности картофеля доля влияния сорта составила 43,5%, доля влияния схем применения препаратов – 47,8%; взаимодействие этих факторов – 8,7%.

10. Применение химических препаратов в период вегетации на всех сортах позволило получить наиболее высокую товарную урожайность от 25,2 т/га на сорте Гранд до 35,3 т/га на сорте Гулливер, что обеспечило низкую себестоимость (4,38-6,06 руб./кг) и высокую рентабельность производства 175,2-285,5%. Условно-чистый доход составил 299,6-470,6 тыс. руб./га. При применении биологизированной схемы защиты получена прибавка урожая 3,3-9,0 т/га, наиболее низкую себестоимость 3,99-5,81 руб./кг и высокая рентабельность производства – 187,6-290,1%. Чередование химических и биологических препаратов по экономической эффективности занимало промежуточное положение.

11. Биологическая эффективность в снижении клубней пораженных сухой гнилью составила у биологически активных препаратов (на основе *B. subtilis* (Картофин), наночастиц серебра (Зерокс) в зависимости от сорта и места хранения 36,7-87,2%, баковых смесей агрохимиката Силиплант с Картофином, Вистом и Максимом – 40,3-63,93% (эталонного варианта Максим 57,4-78,7%). При этом эффективность возрастала от более устойчивых сортов к менее устойчивым. Выход стандартного картофеля увеличился на 5,9-13,5% и 6,1-10,8%, соответственно (эталон – 6,5-22,5%).

12. Осенняя обработка клубней картофеля биологически активными препаратами и их баковой смесью позволила снизить потери на 4,5-9,0%, дополнительно сохранить 0,112-0,178 т урожая и получить экономический эффект (условный доход) в размере 2,08-5,02 тыс. руб. на тонну. Дополнительный чистый доход при применении эталонного препарата Максим, КС составил 3,86-4,52 тыс. руб./т.

13. Осеннее протравливание клубней не только оптимизирует состояние хранящегося картофеля, но и снижает на первых этапах онтогенеза культуры развитие ризоктониоза на подземных органах в 1,3-4,7 раза, стимулирует рост и развитие растений, повышает урожайность на 22-38%.

14. Проведенные в период хранения исследования доказали, что препараты на основе хлорпрофама (Спад-Ник Гранулы, Г и Харвест-Макс, Р)

эффективны при использовании в качестве ингибиторов прорастания клубней картофеля. В конце периода хранения количество проросших клубней при их использовании в условиях Московской и Саратовской областях составило 0,0-1,3%, в контроле – 100,0%. Кроме того, применение Харвест-Макс в норме 19+19+19 мл/т существенно снизило пораженность клубней картофеля сухой гнилью – более трех раз по сравнению с необработанными клубнями.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях повышения урожайности картофеля и его качества в Центральном регионе РФ рекомендуется применять усовершенствованную систему защиты, включающую следующий комплекс мероприятий:

- предусматривать использование в производстве адаптивных, высокоурожайных новых сортов картофеля отечественной селекции с комплексной устойчивостью к основным грибным патогенам: Елизавета, Ипатовский, Антонина, Юна, Арлекин, Былина Сибири, Василек, Кемеровчанин, Русский сувенир, Великан, Гусар, Златка, Солнечный, Самбо, Купец, Легенда, Мариинский, Призер, Третьяковка, Августин, Аляска, Брусничка, Гранд, Дачный, Кумач, Пламя, Сигнал, Утро и Смак.

- осуществлять предпосадочную обработку клубней одним из химических препаратов: Эместо Квантум, КС (0,3 л/т), Селест Топ, КС (0,4 л/т) или как протравитель Идикум, СК (4,5 л/га) использовать для одновременного опрыскивания клубней и дна борозды.

- применять для стимулирования ростовых процессов и предотвращения возможного негативного действия химических протравителей регуляторы роста растений: Вигор Форте, КРП (15 г/т); АгроСтимул, ВЭ (20 мл/т);

- первую профилактическую обработку проводить в период «смыкания ботвы в рядках» контактно-системными препаратами: Метаксил, СП – 2,5 кг/га, Метамил МЦ, СП – 2,5 кг/га, Рапид Микс, СП – 2,5 кг/га. При высоком риске раннего развития фитофтороза (погодные условия, завоз семенного материала) рекомендуется проводить обработки посадок до «смыкания растений в рядках» с применением контактного фунгицида, в том числе и биологического.

Последующие обработки в период вегетации необходимо проводить по краткосрочному прогнозу и сроку действия препарата. Выбор фунгицида в этом случае зависит от устойчивости сорта и погодных условий:

- при прогнозе эпифитотийного развития фитофтороза на неустойчивых сортах использовать химические препараты контактно-трансламинарного и контактного действия: Инсайд, СК, Тирада, ВСК, Талант, КС, Консенто, КС, Ширма, СК Рапид Голд, СП, Рапид Голд Плюс, СП, Цихом, СП, Кумир, СК; при угрозе альтернариоза дополнительно применять фунгициды Раек, КЭ и Луна Транквилити, КС. На устойчивых сортах рекомендуется замена их биологически активными препаратами (на основе *B. subtilis*) до 40%;

- при прогнозе невысоких уровней развития болезней листового аппарата, при погодных условиях, не способствующих дальнейшему нарастанию инфекционного процесса и на относительно устойчивых сортах применять

максимальное количество биопрепаратов, а на восприимчивых сортах производить замену химических препаратов до 50%;

- для повышения сохранности семенного материала картофеля проводить осеннюю обработку химическими фунгицидами: Синклер, СК, Волсепт Сид, ВРК 200 мл/т, с использованием опрыскивателя «Мафекс», а на относительно устойчивых сортах к сухим гнилям – биопрепаратом на основе *B. subtilis* (Картофин) 3,0 л/т, биологически активными препаратами на основе наночастиц серебра (Зеребра Агро, ВР 0,1 л/т). Для ингибирования прорастания клубней продовольственного картофеля использовать фумигацию термомеханическим генератором горячего тумана или температурным туманообразователем с питанием от электросети препаратами на основе хлорпрофама (Спад-Ник, Г (52 г/т) и Харвест-Макс, Р (57 мл/т) через 3-5 суток после закладки клубней на хранение.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК Российской Федерации

1. Яшина, И.М. Создание исходного материала для селекции картофеля / И.М. Яшина, В.А. Жарова, **Г.Л. Белов** // Картофель и овощи. – 2013. – № 4. – С. 32-34.
2. Зейрук, В.Н. Эффективность регулятора роста Вигор форте на картофеле / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов**, В.М. Глез // Защита и карантин растений. – 2017. – № 5. – С. 25-26.
3. **Белов, Г.Л.** Перспективный анализ развития основных болезней картофеля в Центральном регионе России / **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, В.М. Глез // Защита и карантин растений. – 2017. – № 12. – С. 37-39.
4. Vasilyeva, S.V. Efficiency of plant growth regulators application for potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation / S.V. Vasilyeva, V.N. Zeyruk, М.К. Derevyagina, **G.L. Belov**, V.A. Barkov // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 3. – С. 35-40.
5. **Белов, Г.Л.** Антракноз, или черная пятнистость клубней картофеля / **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, Л.Ю. Кокаева, И.А. Кутузова, С.Н. Еланский // Защита и карантин растений. – 2018. – № 10. – С. 36-38.
6. Зейрук, В.Н. Защита картофеля в период хранения / В.Н. Зейрук О.В. Абашкин, С.В. Васильева, Д.В. Абросимов, К.А. Пшеченков, **Г.Л. Белов** // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 17-18.
7. Васильева, С.В. Роль предпосадочной обработки клубней в борьбе с болезнями картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов** // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 37-40.
8. Деревягина, М.К. Биологическая и химическая защита картофеля от болезней / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** // Агрохимический вестник. – 2018. – № 5. – С. 65-68.
9. **Белов, Г.Л.** Эффективность фунгицидных препаратов в борьбе с ризоктониозом / **Г.Л. Белов**, М.М., Ярмеева, Л.Ю. Кокаева, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, Т.И. Хуснетдинова, И.А. Кутузова, М.А. Побединская, С.Н. Еланский, В.Н. Зейрук // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2019. – № 1 (39). – С. 7-11.

10. Зейрук, В.Н. Защита картофеля при хранении / В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов**, С.В. Мальцев, О.В. Абашкин, Д.В. Абросимов // Картофель и овощи. – 2019. – № 4. – С. 33-34.
11. Деревягина, М.К. Эффективность нового биопрепарата Картофин на основе *Vacillus subtilis* при выращивании картофеля / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, И.И. Новикова // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 8-14.
12. Заикин, Б.А. Совместное применение протравителей с регуляторами роста растений на картофеле / Б.А. Заикин, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов**, Т.И. Хуснетдинова, И.А. Кутузова, Л.С. Федотова, С.Н. Еланский // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 72-76.
13. **Белов Г.Л.** Распространенность ризоктониоза на различных сортах картофеля в Центральном регионе России / **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, А.Э. Шабанов, А.И. Киселев // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 65-67.
14. Васильева, С.В. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов**, В.А. Барков. // Агрохимия. – 2019. – № 7. – С. 45-51.
15. Деревягина, М.К. Эффективность схем применения нового биопрепарата Картофин на основе *Vacillus subtilis* при выращивании картофеля / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4 (57). – С. 25-34.
16. Заикин, Б.А. Совместное применение протравителей клубней картофеля с регулятором роста растений Агростимул / Б.А. Заикин, **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук // Картофель и овощи. – 2020. – № 8. – С. 32-36.
17. Барков, В.А. Комплексная система защиты картофеля препаратами АО Фирма "Август" / В.А. Барков, Д.А. Белов, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** // Картофель и овощи. – 2020. – № 3. – С. 16-19.
18. Васильева, С.В. Десикация картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов**, В.А. Барков // Защита и карантин растений. – 2020. – № 9. – С. 19-22.
19. Деревягина, М.К. Влияние химических и биологических препаратов на патогенность *Phytophthora infestans* (Mont.) de Vary / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук // Защита и карантин растений. – 2020. – № 12. – С. 16-19.
20. **Белов, Г.Л.** Новые протравители для защиты картофеля / **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, В.А. Барков, М.К. Деревягина, С.В. Васильева, // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 12. – С. 4-7.
21. Васильева, С.В. Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в Центральном регионе / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов**, // Земледелие. – 2020. – № 4. – С. 36-39.
22. **Белов, Г.Л.** Применение химических и биологических препаратов для защиты картофеля при хранении / **Г.Л. Белов**, В.Н. Зейрук, С.В. Мальцев, О.В. Абашкин, Д.В. Абросимов // Агрохимический вестник. – 2020. – № 6. – С. 75-78.
23. Деревягина М.К., Васильева С.В., Зейрук В.Н., **Белов Г.Л.** Препараты, содержащие коллоидное серебро, против ризоктониоза, альтернариоза и фитофтороза картофеля / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 54-66.

24. **Белов, Г.Л.** Препараты АО "Щелково Агрохим" в защите картофеля / **Г.Л. Белов, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, С.В. Васильева, Н.В. Строева** // Картофель и овощи. – 2021. – № 5. – С. 27-31.
25. Барков, В.А. Применение инсекто-фунгицидных протравителей на картофеле / В.А. Барков, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов, С.В. Васильева, М.К. Деревягина** // Защита и карантин растений. – 2021. – № 7. – С. 20-22.
26. Васильева, С.В. Защита картофеля от фомозно-фузариозных гнилей / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов** // Защита и карантин растений. – 2021. – № 5. – С. 17-20.
27. Зейрук, В.Н. Адаптивно-экологические аспекты защиты картофеля / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов, М.К. Деревягина, В.А. Барков** // Защита и карантин растений. – 2021. – № 3. – С. 30-34.
28. **Белов, Г.Л.** Химическая защита картофеля препаратами ООО "Агрорус и Ко" / **Г.Л. Белов, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, С.В. Васильева, М.К. Даниленков., А.А. Коблов** // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 5. – С. 9-14.
29. Васильева, С.В. Эффективность регулятора роста растений Атоник плюс на картофеле в условиях Московской области / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов, Е.А. Колесова** // Овощи России. – 2022. – № 3. – С. 82-89.
30. Зейрук, В.Н. Защита картофеля при хранении / В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов, С.В. Васильева, М.К. Деревягина** // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 2. – с. 27-31.
31. Васильева, С.В. Альтернариоз картофеля в условиях Московской области и меры борьбы с ними / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов, М.К. Деревягина, С.В. Мальцев** // Агрохимический вестник. – 2022. – № 2. – с. 62-66.
32. Деревягина, М.К. Влияние различной пестицидной нагрузки на развитие фитофтороза и альтернариоза картофеля в Центральном регионе России / М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук** // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – 18-23.
33. Заикин, Б.А. Чувствительность сортов картофеля к препаратам для обработки клубней / Б.А. Заикин, **Г.Л. Белов, В.Н. Зейрук, С.В. Жевора, М.К. Деревягина, С.В. Васильева** // Агрохимический вестник. – 2023. – №1. – С. 69-74.
34. Зейрук, В.Н. Резервы картофельного поля / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, С.В. Жевора, **Г.Л. Белов, Е.А. Колесова** // Защита и карантин растений. – 2023. – № 1. – с. 23-26.

Статьи, индексируемые в международных базах WoS и Scopus

35. **Belov, G.L.** *Colletotrichum coccodes* in potato and tomato leaves in Russia / **G.L. Belov, A.F. Belosokhov, I.A. Kutuzova, N.V. Statsyuk, E.M. Chudinova, A.V. Alexandrova, L.Y. Kokaeva, S.N. Elansky** // Journal of Plant Diseases and Protection. – 2018. – Т. 125. – № 3. – С. 311-317.
36. Рязанцев, Д.Ю. Детекция *Colletotrichum coccodes* с помощью ПЦР в реальном времени / Д.Ю. Рязанцев, Е.М. Чудинова, Л.Ю. Кокаева, С.Н. Еланский, П.Н. Балабко, **Г.Л. Белов, С.К. Завриев** // Микология и фитопатология. 2020. – Т. 54. – № 1. – С. 42-48.
37. Maltsev, S.V. The influence of phytohormone ethylene on growth, development and yield of potato / S.V. Maltsev, V.N. Zeyruk, **G.L. Belov, S.V. Vasil'eva, M.K. Derevjagina** // Research on Crops. – 2021. – Т. 22. – № 5. – С. 75-78.
38. Yarmeeva, M.M. Anastomosis groups and sensitivity to fungicides of *Rhizoctonia solani* strains isolated from potato in Russia / M.M. Yarmeeva, L.Yu. Kokaeva,

E.M. Chudinova, M.O. Kah, M.L. Kurchaev, V.N. Zeyruk, **G.L. Belov**, Sh.B. Bairambekov, S.N. Elansky // *Journal of Plant Diseases and Protection*. – 2021. – Том 128. – с. 1253-1261.

39. Zeyruk, V.N. A boost to integrated management of certain potato diseases using metal nanoparticles / V.N. Zeyruk, S.V. Vasil'eva, **G.L. Belov**, M.K. Derevjagina, O.A. Bogoslovskaya, I.P. Olkhovskaya, A.G. Yablokov, N.N. Glushchenko // *Potato Research*. – 2022. – V. 65. – № 2. – P. 273-288.

40. Barkov, V.A. Strategy of potato chemical protection from diseases / V.A. Barkov, D.A. Belov, V.N. Zeyruk, **G.L. Belov**, S.V. Vasil'eva, M.K. Derevjagina // *BIO Web of Conferences*. – № 47. – P. 05001 (2022) ITIA 2022.

41. Gins, E.M. Pollen fertility assessment through acetocarmine staining and in vitro germination in *Solanum tuberosum* L. / E.M. Gins, A.S. Egorova, A.B. Sivolapova, A.Zh. Semenov, Kh.Kh. Apshev, A.A. Meleshin, E.A. Moskalev, O.B. Polivanova, **G.L. Belov**, S.V. Goryunova // *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. – 2022. – V. 54. – № 5. – P. 1037-1048.

42. Yarmeeva, M. *Colletotrichum* Species on Cultivated Solanaceae Crops in Russia / M. Yarmeeva, I.A. Kutuzova, M. Kurchaev, E.M. Chudinova, L.Y. Kokaeva, A.F. Belosokhov, **G.L. Belov**, A.S. Elansky, M.A. Pobedinskaya, A. Tsindeliani, Tsvetkova Yu., S.N. Elansky // *Agriculture*. – 2023. – Т. 13. – № 3. – С. 511.

Интеллектуальная собственность

43. Бойко Ю.П., Масюк Ю.А., **Белов Г.Л.** [и др.]. «Способ выращивания растений» / Патент на изобретение № 2768041 от 16.07.2021.

Монографии, учебные пособия, методические указания и рекомендации

44. Анисимов, Б.В. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б.В. Анисимов, **Г.Л. Белов**, Ю.А. Варицев [и др.]. – Москва: Картофелевод, 2009. – 272 с.

45. СклЯрова, Н.П. Сорты картофеля, используемые в качестве родительских форм для гибридизации / Н.П. СклЯрова, Х.Х. Апшев, **Г.Л. Белов** [и др.]. – Каталог. – М., 2009. – 19 с.

46. Яшина, И.М. Каталог доноров и родительских линий генетической коллекции картофеля ВНИИКХ / И.М. Яшина, Е.А. Симаков, **Г.Л. Белов** [и др.]. – Каталог – М., 2010. – 25 с.

47. Анисимов, Б.В. Гнили картофеля при хранении: профилактика и методы контроля / Б.В. Анисимов, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** [и др.]. – Практическое руководство. – М, 2015. - 25 с.

48. **Белов, Г.Л.** Каталог коллекции чистых культур возбудителей грибных болезней картофеля и других пасленовых / **Г.Л. Белов**, С.Н. Еланский, Л.Ю. Кокаева [и др.]. – Каталог. – М.: ВНИИКХ, 2016. – 32 с.

49. Дорожкина, Л.А. Рекомендации по применению регуляторов роста и удобрений при выращивании картофеля / Л.А. Дорожкина, Е.А. Князева, **Г.Л. Белов** [и др.]. – Методическое пособие. – Коломна, 2018. – 216 с.

50. Жевора, С.В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, **Белов Г.Л.** [и др.]. – ФГБНУ ВНИИКХ. Москва, 2019. – 120 с.

51. Жевора, С.В. Передовые методы диагностики патогенов картофеля / С.В. Жевора, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** [и др.]. – Москва, 2019. – 92 с.

52. Зейрук, В.Н. Атлас болезней, вредителей, сорняков картофеля и мероприятия по борьбе с ними / Зейрук В.Н., Жевора С.В., Белов Г.Л. [и др.]. – Москва, 2020. – 332 с.

53. Анисимов, Б.В. Картофель / Б.В. Анисимов, К.В. Аршин, Г.Л. Белов [и др.]. – Москва: ФГБНУ "ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха". – 2022. – 570 с.

54. Зейрук, В.Н. Болезни, вредители и сорные растения картофеля. Методы диагностики и учета / В.Н. Зейрук, Г.Л. Белов, И.Н. Гаспарян [и др.]. – Учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань. – 2022. – 256 с.

Статьи в других научных журналах и сборниках, материалах международных и всероссийских конференций

55. Жарова, В.А. Оценка сортов картофеля по цветению и фертильности / В.А. Жарова, Г.Л. Белов // В сб. Картофелеводство: материалы научно-практической конференции и координационного совещания «Научное обеспечение и инновационное развитие картофелеводства». – М., 2008. – Т.1. – с. 269-275.

56. Белов, Г.Л. Характеристика некоторых опылителей и материнских форм, используемых в селекции картофеля / В.А. Жарова, Г.Л. Белов. В сб. Картофелеводство: сборник научных трудов. Материалы координационного совещания и научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения А.Г. Лорха / РАСХН, ВНИИКХ. – М., 2009. – с. 58-67.

57. Жарова, В.А. Использование исходного материала ВИР в селекции картофеля / В.А. Жарова, Н.П. Склярова, Г.Л. Белов // В сб.: Картофелеводство. Сборник научных трудов. – Москва, 2011. – С. 81-86.

58. Жарова, В.А. Изучение исходных форм и использование их для селекции картофеля / В.А. Жарова, И.М. Яшина, Г.Л. Белов // Материалы VI межрегиональной научно-практической конференции «Современная индустрия картофеля: состояние и перспективы развития». – Чебоксары. КУП ЧР «Агро-Инновации». – 2014. – с. 43-50.

59. Кутузова, И.А. Устойчивость российских и европейских штаммов *Colletotrichum coccodes* к некоторым фунгицидам / И.А. Кутузова, И.А. Григорович, М.А. Побединская, Г.Л. Белов, С.Н. Еланский // Защита картофеля. – 2015. – № 1. – С. 30-34.

60. Заикин, Б.А. Оценка влияния протравителей на рост и развитие семенного картофеля / Б.А. Заикин, В.Н. Зейрук, Т.А. Акимов, И.А. Серегин, Белов Г.Л. // Картофелеводство: сборник научных трудов РУП «НПЦ Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 149-154.

61. Деревягина, М.К. Эффективность схем применения пестицидов на семенном картофеле / М.К. Деревягина, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, В.М. Глез, Н.А. Гаитова, Г.Л. Белов // В сб.: Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля. Материалы международной научно-практической конференции. – Москва, 2016. – С. 243-254.

62. Belosokhov, A.F. *Alternaria* spp. and *Colletotrichum coccodes* in potato leaves with early blight symptoms / A.F. Belosokhov, G.L. Belov, E.M. Chudinova, L.Yu. Koakaeva, S.N. Elansky // PPO-Special Report. – 2017. – № 18. – С. 181-190.

63. Кокаева, Л.Ю. Виды рода *Alternaria* и *Colletotrichum coccodes* в листьях картофеля в Европейской части России / Л.Ю. Кокаева, Г.Л. Белов, А.Ф. Белосохов, И.А. Кутузова, И.А., Е.М. Чудинова, С.Н. Еланский // Защита картофеля. – 2017. – № 4. – С. 27-32.

64. Деревягина, М.К., Васильева С.В., **Белов Г.Л.**, Глез В.М., Зейрук В.Н. Влияние схем обработок на пораженность картофеля болезнями / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, **Г.Л. Белов**, В.М. Глез, В.Н. Зейрук // Защита картофеля. – 2017. – № 2. – С. 28-32.
65. Зейрук, В.Н. Влияние обработки клубней картофеля защитно-стимулирующими препаратами на потери при хранении / В.Н. Зейрук, К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, С.Н. Еланский // В сб.: Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции. – Москва, 2017. – С. 292-300.
66. Шабанов, А.Э. Эколого-географическое испытание новых сортов и гибридов картофеля / А.Э. Шабанов, А.И. Киселев, В. Васильева, М.К. Деревягина, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов** // В сборнике: Картофелеводство. Материалы международной научно-практической конференции. – Москва, 2017. – С. 211-218.
67. Зейрук, В.Н. Биологический метод защиты меристемного картофеля в закрытом грунте / В.Н. Зейрук, Н.А. Белякова, **Г.Л. Белов**, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, Г.В. Митина., Е.Г. Блинков // Защита картофеля. – 2018. – № 2. – С. 3-8.
68. Васильева, С.В. Фитопатологическая оценка сортов и гибридов картофеля в условиях Центрального Федерального округа Российской Федерации / С.В. Васильева, М.К. Деревягина, В.Н. Зейрук, **Г.Л. Белов**, А.И. Киселев, А.Э. Шабанов, К.А. Пшеченков // Защита картофеля. – 2018. – № 2. – С. 18-25.
69. Васильева, С.В. Протравители нового поколения в борьбе за высокий урожай картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов**, А.Э. Шабанов, В.А. Барков // В сб.: Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции "Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля". – Москва, 2018. – С. 246-253.
70. **Белов, Г.Л.** С.В. ПЦР-диагностика *Colletotrichum coccodes* в листьях картофеля / **Г.Л. Белов**, А.Ф. Белосохов, И.А. Кутузова, Л.Ю. Кокаева, С.Н. Еланский, И.А., В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, С.В. Васильева // Агро-инновации. – 2019. – № 1 (1). – С. 38-43.
71. **Белов, Г.Л.** ПЦР-диагностика *Colletotrichum coccodes* в листьях картофеля и томата с некротическими пятнами на территории Европейской части России / **Г.Л. Белов**, Е.М. Чудинова, А.Ф. Белосохов, М.А. Побединская, В.Н. Зейрук, Л.Ю. Кокаева, И.А. Кутузова, И.А., С.Н. Еланский // Защита картофеля. – 2019. – № 1. – С. 3-8.
72. Зейрук, В.Н. Интегрированная система защиты картофеля / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов**, С.В. Мальцев, О.В. Абашкин // В книге: Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России. Сб. тезисов докладов. – С.-Пб., 2019. – С. 296.
73. Васильева, С.В. Предпосадочная обработка клубней картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов** // В книге: Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России. Сборник тезисов докладов. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 292.
74. Зейрук, В.Н. Экологические приемы защиты картофеля от болезней и вредителей / В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, **Г.Л. Белов**, И.И. Новикова, Н.А. Белякова // В книге: Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России. Сб. тезисов докладов. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 120.

75. **Белов, Г.Л.** Эффективность последствий осенней обработки клубней при выращивании картофеля / **Г.Л. Белов, В.Н. Зейрук, С.В. Мальцев, М.К. Деревягина, С.В. Васильева** // Защита картофеля. – 2020. – № 2. – С. 10-13.
76. **Белов, Г.Л.** Комплексная система защиты картофеля от вредителей, болезней и сорняков на основе использования препаратов фирмы "Август" / **Г.Л. Белов, В.А. Барков, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина** // В сборнике: Доклады ТСХА. – Москва, 2020. – С. 315-319.
77. **Зейрук, В.Н.** Приемы биологизации при возделывании картофеля / **В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, Г.Л. Белов, О.В. Абашкин, М.К. Деревягина, В.А. Барков** // В сб.: Современные подходы и методы в защите растений. Материалы II Международной научно-практической конференц. – Екатеринбург, 2020. – С. 78-79.
78. **Белов, Г.Л.** Защита картофеля от вредных объектов / **Г.Л. Белов, В.А. Барков, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина** // В сборнике: Приоритетные направления регионального развития. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. – Курган, 2020. – С. 643-647.
79. **Белов, Г.Л.** Фитопатологическая экспертиза сортов картофеля в условиях Московской области / **Г.Л. Белов, М.К. Деревягина, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева** // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 5 (208). – С. 8-21.
80. **Белов, Г.Л.** Применение фунгицида Волсепт Сид, ВРК при хранении семенных клубней картофеля / **Г.Л. Белов, С.В. Мальцев, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, Р.И. Дубровин** // В сб.: Защита растений от вредных организмов. Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию КГАУ. – Краснодар, 2021. – С. 45-48.
81. **Зейрук, В.Н.** Экологические основы защиты картофеля / **В.Н. Зейрук, Г.Л. Белов, С.В. Васильева, М.К. Деревягина** // Материалы международной научной конференции «Защита растений в условиях перехода к точному земледелию», посвященной 50-летию со дня основания РУП «Институт защиты растений» (аг. Прилуки, 27–29 июля 2021 г.). – Минск: «Колорград», 2021. – с. 192-193.
82. **Белов, Г.Л.** Применение регулятора роста растений Харвест-Макс при хранении продовольственных клубней картофеля / **Г.Л. Белов, С.В. Мальцев, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, Р.И. Дубровин** // Доклады ТСХА. Сборник статей. Выпуск 293. Часть III. – Москва: РГАУ–МСХА. 2021. – с. 219-222
83. **Зейрук, В.Н.** Эффективность биологической и химической систем защиты картофеля / **В.Н. Зейрук, Г.Л. Белов, М.К. Деревягина, С.В. Васильева** // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы докладов участников 11-ой научно-практической конференции «Анапа-2021». – М.: ВНИИА, 2021. – с. 75-77.