

На правах рукописи

МАРДАНШИН ИЛЬДАР САЛИМЬЯНОВИЧ

**СЕЛЕКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОЛОРАДСКОМУ
ЖУКУ И МЕТОДЫ УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ
ОРИГИНАЛЬНОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ
ПРЕДУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ**

Специальность: 06.01.05 – селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Уфа 2021

Работа выполнена в ФГБНУ «Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» УФИЦ РАН (2001-2020 гг.)

- Научный консультант:** **Симаков Евгений Алексеевич**,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
- Официальные оппоненты:** **Киру Степан Димитрович**,
доктор биологических наук, профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»
- Леунов Владимир Иванович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры овощеводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева»
- Басиев Солтанбек Сосланбекович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Горский государственный аграрный университет»
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (г. Санкт-Петербург)

Защита состоится «23» марта 2022 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.035.01 при ФГБОУ ВО Казанский ГАУ по адресу: 420011, г. Казань, К. Маркса, 65, зал заседаний, тел. (факс) 8(843) 567-47-17, e-mail: info@kazgau.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Казанский ГАУ и на сайте университета www.kazgau.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 года.

Просим принять участие в работе совета или прислать отзыв на автореферат в 2-х экземплярах с печатью организации и заверенными подписями по адресу: 420011, г. Казань, Ферма-2, д.53, ученому секретарю диссертационного совета Д 220.035.01 Амирову М.Ф. E-mail: sochneva.sv1@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М.Ф. Амиров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Картофель является одной из важных продовольственных культур нашей планеты. По объему производства в мире он занимает 4 место после таких культур как кукуруза, рис и пшеница. Согласно данным ФАО в 2018 г. выращено 457,9 млн. тонн клубней. Основные объемы производства картофеля приходятся на Китай – 90,3, Индию – 48,5, Украину – 22,5, Российскую Федерацию – 22,3, США – 20,6 млн. тонн (<http://faostat.fao.org>). Темпы роста производства культуры в мире составляют в среднем 1,3 % в год. Для Российской Федерации картофель является потенциально экспортной культурой.

В Российской Федерации производство картофеля имеет тенденцию к сокращению и сильно колеблется по годам. Одной из причин этого является ухудшение фитосанитарной обстановки на полях картофеля из-за использования семенного материала массовых репродукций и возрастание вредоносности большинства патогенов (Иванюк, Банадысев, 2002; Анисимов, 2009; Сухорученко и др., 2011; Замалиева, 2012; Москвин, 2013). В частности, отмечается увеличение распространенности и биоразнообразия фитопатогенных вирусов, вызывающих тяжелые формы мозаичных заболеваний на картофеле (Овес, Зейрук, 2008; Прищепенко, Замалиева, 2013; Шляхов, 2014), фитофтороза (Спиглазова, 2004; Иванюк 2009; Филипов 2012; Лазарев, 2014), патоконплекса грибов с *Fusarium* и *Alternaria* (Смирнов и др., 2015) и бактериозов (Жукова, Середа, 2014; Лазарев, 2012; Игнатов, 2014).

Одной из больших проблем для картофелеводства страны является колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) – чрезвычайно трудный объект для защиты культуры (Вилкова и др., 2001; Фасулати, Вилкова, 2000; Москвин, 2013). Данный вредитель быстро приспосабливается к широко применяемым инсектицидам (Коваленков и др., 2000, Рославцева, 2009), а потери урожая могут достигать от 10 до 55% (Иванюк, Журомский 2007; Чуликова, 2013). Широкое распространение этого насекомого-вредителя при возделывании картофеля предусматривает обязательное применение инсектицидов, которое вызывает загрязнение окружающей среды и критически снижает уровень биологической безопасности конечного продукта (Долженко, Буркова, 2007; Долженко, 2009; Куликова, Ефремова, 2014). Наличие высокого уровня резистентности в локальных популяциях колорадского жука к большинству инсектицидов, требует создание высокоустойчивых сортов, способных обеспечивать урожай клубней хорошего качества при минимальном уровне химической защиты.

Состояние изученности проблемы. Традиционные методы селекции картофеля по выведению сортов относительно устойчивых к колорадскому жуку предусматривают использование в скрещиваниях диких видов картофеля. При этом устойчивость селекционных гибридов картофеля в данных комбинациях обуславливается главным образом наличием в листьях гликоалкалоидов. На этой основе созданы сорта картофеля, характеризующиеся относительной устойчивостью на уровне 6-8 баллов, однако данный тип устойчи-

ности со временем преодолевается вредителем. Наряду с этим большой объем научных исследований ведется по генетической трансформации культуры. Наиболее перспективным направлением здесь является встраивание генов, синтезирующих ингибиторы различных гидролаз колорадского жука, которые нарушают переваривание растительного субстрата насекомым. Достижения на этом направлении более чем скромные и для контроля численности фитофага используются инсектициды. В этой связи весьма актуальным является более глубокое изучение барьеров устойчивости картофеля к колорадскому жуку, поиск новых источников устойчивости растений к фитофагу и методики их использования. Совершенствование элементов технологии воспроизводства оригинального семенного материала вновь создаваемых сортов также остается актуальным для быстрого размножения и внедрения вновь создаваемых сортов.

Научная гипотеза – Устойчивость растений картофеля к повреждению колорадским жуком возможно увеличить путем селекционного отбора генотипов, обладающих признаками критически влияющих на выживаемость потомства вредителя на этапе эмбрионального и раннего постэмбрионального развития.

Степень разработанности темы. Изучением природы устойчивости растений картофеля к фитофагам занимались Вилкова Н.А., Павлюшин В.А., Карпун Н.Н., Конарев Ал.В., Шапиро И.Д., Альсмик П.И., Фасулати С.Р., Иванова О.В., Юсупов Т.М., Буров В.Н., Ушатинская Р.С., Рябченко Н.А., Никитин Н.И., Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Яшина И.М., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Беньковская Г.В., Валуева Т. А., Мосолов В. В., Зейрук В. Н. и другие авторы. Вопросами создания устойчивости генотипов картофеля к повреждению колорадским жуком занимались Будин К.З., Букасов С.М., Рогозина Е.В., Костина Л.И., Зотеева Н.М., Киру С.Д., Шпаков Л.Т., Антощенко Ф.Е., Молявко А.А., Воронкова М.В., Калинина К.В., Николаева З.В., Рябова Н.В., Заушинцена А.В., Мацишина Н.В., Дорошков А.В., Афонников Д.А., Гулина И.В. и другие авторы. Существенный вклад в исследование вопроса внесли зарубежные ученые: Balbyshev N. F., Lorenzen J. H., Hsiao T. H., Fraenkel G., Harborne J. B., Bernays E. A., Fisher D. G., Crossley M. S., Pelletier Y., Cooper S. G., Thompson A. L., и др.

Создана концепция барьеров устойчивости растений к фитофагам, классифицированы факторы устойчивости, на основании которых велась селекционная работа по поиску наиболее эффективных генотипов, сочетающих комплекс хозяйственно-ценных признаков слабо повреждаемых колорадским жуком.

Цель исследований. Целью настоящих исследований является совершенствование методов создания исходного материала в селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку и эффективного размножения новых сортов в конкретных почвенно-климатических условиях Предуральской лесостепной зоны.

Задачи исследований:

– изучить эффективность химических средств контроля численности

популяции колорадского жука, установить уровень резистентности вредителя к инсектицидам;

- изучить связь фенотипического признака сверхчувствительной (СВЧ) реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука с устойчивостью растений картофеля к насекомому-вредителю;

- установить влияние СВЧ-реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука, реализацию репродуктивного потенциала вредителя и снижение урожайности растений картофеля от жизнедеятельности фитофага;

- выявить характер наследования СВЧ-реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука в гибридном и само опылённом потомстве картофеля;

- разработать тест на основе СВЧ – реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука для отбора устойчивых генотипов картофеля;

- выяснить роль активности ингибиторов гидролаз в формировании устойчивости растений к повреждению вредителем для использования данного защитного барьера в селекции резистентных генотипов картофеля;

- выделить перспективные гибриды картофеля сочетающих высокий уровень относительной устойчивости к колорадскому жуку с комплексом хозяйственно-ценных признаков, и создать на этой основе новые сорта картофеля;

- усовершенствовать технологию ускоренного размножения оздоровленного материала в условиях гидропонной культуры и выращивания оригинального семенного картофеля в полевых питомниках.

Объект исследований: растения картофеля, критически важные факторы взаимодействие картофеля с колорадским жуком, технология ускоренного размножения оригинального материала.

Предмет исследований – создание генетически устойчивых к повреждению колорадским жуком сортов картофеля и их ускоренное размножение в условиях гидропоники.

Научная новизна

Впервые на примере популяции колорадского жука в Предуральской лесостепной зоне выявлены уровни резистентности вредителя к основным классам инсектицидов и установлено, что сформировавшаяся в локальных популяциях множественная резистентность колорадского жука к инсектицидам сохраняется в течение всего срока наблюдений.

Показана роль активности ингибиторов гидролаз в формировании устойчивости растений картофеля к повреждению вредителем. Даны предложения для использования данного признака устойчивости при селекционном отборе.

Впервые в условиях Предуральской лесостепной зоны на большой выборке сортового и гибридного материала картофеля установлена тесная корреляционная зависимость наличия фенотипического признака СВЧ-реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука с устойчиво-

стью генотипов картофеля к колорадскому жуку.

Установлено, что СВЧ-реакция листовой пластинки на размещение кладки вредителя повышает эмбриональную и постэмбриональную смертность его личинок и снижает потери урожайности растений картофеля от жизнедеятельности фитофага.

Впервые изучено наследование признака СВЧ-реакции листовой пластинки на размещение кладки колорадского жука в первом клубневом поколении от самоопыления и гибридном потомстве картофеля.

Впервые показана возможность экспресс-оценки наличия признака СВЧ-реакции листовой пластинки на кладку яиц колорадского жука в гибридной популяции в питомнике сеянцев и индивидуальной оценки гибридов в питомнике 2-го года.

Обосновано усовершенствование технологии ускоренного размножения оздоровленного материала в условиях гидропонной культуры и выращивания оригинального семенного картофеля в полевых питомниках.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.

Установлена закономерность повышения уровня резистентности в локальных популяциях колорадского жука к различным классам инсектицидов. Причем, скорость возрастания резистентности насекомых к инсектициду зависит от дозы применения препаратов.

Показана эффективность различных классов ингибиторов активности гидролаз в формировании устойчивости растений картофеля к колорадскому жуку и определена возможность использования данного признака устойчивости как фактора резистентности генотипов.

Разработан метод оценки и отбора в полевых условиях устойчивых к колорадскому жуку гибридов картофеля, позволяющий выделять генотипы, сочетающие комплекс хозяйственно-ценных признаков с устойчивостью к вредителю. На способ подана заявка для оформления патента.

Усовершенствована технология ускоренного размножения оздоровленного материала новых сортов в условиях гидропонной культуры и выращивание оригинального семенного картофеля в полевых питомниках.

Методология и методы исследований.

Работа выполнена в лаборатории селекции и семеноводства картофеля Башкирского НИИ сельского хозяйства в период 1993-2020 гг. в соответствии с планом научно-технических программ: в 1996-2000 гг. – «Создать, провести комплексную оценку и передать на государственное испытание высокоурожайные сорта картофеля, различных групп спелости с высокими потребительскими качествами» (№ Гос. регистрации 01.960.006047); в 2001-2005 гг. – «Создать высокоурожайные сорта картофеля различных групп спелости с высокими потребительскими качествами, устойчивых к болезням и неблагоприятным факторам среды» (№ Гос. регистрации 01.200.120287); в 2006-2010 гг. – «Создать высокоурожайный сорт картофеля с высокими потребительскими качествами, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам внешней среды» (№ Госрегистрации 04.15.01.01); в

2011-2013 гг.- «Создать новый сорт картофеля с урожайностью 400-420 ц/га, с содержанием сухого вещества 20-24%, с комплексной устойчивостью к особо опасным патогенам и колорадскому жуку, высокими потребительскими качествами и высокой адаптивностью к стрессовым климатическим условиям» (№ Гос. регистрации 01201251019). Исследования поддержаны грантами РФФИ № 17-44-020347-р_а, 11-04-1886-а, 11-04-97022-р_поволжье_а и 12-04-01450-а.

Методологической основой для выполнения диссертационной работы служили труды отечественных и зарубежных ученых в области фитоиммунологии, биохимии, генетики и селекции растений.

При решении поставленных задач использовались методы биохимической оценки растительного материала по целому ряду показателей, лабораторные и полевые исследования повреждаемости гибридного материала личинками и имаго колорадского жука, математическое моделирование процесса формирования устойчивости фитофага к инсектицидам.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Повышение уровня резистентности колорадского жука к инсектицидам и снижение их биологической эффективности препаратов.

2. Оценка эффективности различных классов ингибиторов активности гидролаз в формировании устойчивости растений к повреждению колорадским жуком и для их использования в селекции картофеля.

3. Взаимосвязь интенсивности СВЧ - реакции листовой пластины к кладкам насекомого с уровнем повреждения растений картофеля колорадским жуком и снижением их продуктивности.

4. Создание сортов картофеля, сочетающих комплекс хозяйственно-ценных признаков с устойчивостью к колорадскому жуку.

5. Обоснование способа отбора в полевых условиях устойчивых к колорадскому жуку гибридов картофеля по интенсивности СВЧ-реакции.

6. Совершенствование технологии ускоренного размножения оздоровленного материала в условиях гидропонной культуры и выращивания оригинального семенного картофеля в полевых питомниках.

Апробация работы. Результаты исследований представлены, доложены и обсуждены на научно-практической конференции "Научное обеспечение картофелеводства России: состояние, проблемы" (Москва, 2001); научной конференции «Мировые генетические ресурсы картофеля и их использование в современных направлениях селекции» (Москва, 2012); Всероссийской конференции с международным участием «Биотехнология – от науки к практике» (Уфа, 2014); VII Всероссийской конференции «Протеолитические ферменты: структура, функции, эволюция» (Петрозаводск, 2014); международной научно-практической конференции «Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля» (Москва, 2014); международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИКХ «Картофелеводство: история развития и результаты научных исследований по культуре» (Москва, 2015); международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в селекции и семеноводстве картофеля» (Москва,

2017); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты» (Томск, 2018); научно-практической конференции "Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля" (Москва, 2018); V-международной научно-методологической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений» (Москва, 2019); IV Всероссийском съезде по защите растений с международным участием «Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России» (Санкт-Петербург, 2019).

Публикации результатов исследований.

Основные положения диссертации опубликованы в 76 научных работах, в том числе 19 работ – в научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ, 6 - в базе WoS и Scopus, получено 1 авторское свидетельство на сорт, 3 патент на изобретение, 4 методических рекомендаций (в соавторстве).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 261 страницах машинописного текста; состоит из введения, восьми глав, заключения и рекомендаций производству. Работа содержит 41 таблицу, 33 рисунка и 20 приложений. Список литературы включает 346 наименований, в том числе 100 – иностранных источников.

Степень достоверности и реализация результатов исследований. Достоверность подтверждается применением стандартной методики проведения полевых опытов и лабораторных исследований в течение 18 лет, достоверность полученных данных обеспечена методами математической обработки и статистического анализа полученных данных.

Реализация результатов исследований.

При использовании разработанного метода отбора выведены новые столовые сорта картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков, сочетающих высокий уровень устойчивости к повреждению колорадским жуком (Башкирский, Бурновский, Солдатик).

На базе Башкирского НИИСХ внедрена усовершенствованная технология ускоренного размножения оздоровленного материала в условиях гидропонной культуры и выращивание оригинального семенного картофеля в полевых питомниках.

Личное участие диссертанта в получении научных результатов изложенных в работе.

Диссертационное исследование выполнено лично автором: проведен ретроспективный анализ выбранной тематики, определено направление работы научного исследования, разработаны модели экспериментов, на основе полученных результатов разработана новая методика отбора устойчивых к насекомым генотипов, сформулированы выводы и предложения производству, полученные результаты апробированы на научных мероприятиях. Автор лично выполнил большую часть лабораторных и полевых исследований, провел сбор экспериментальных данных, их анализ и статистическую обработку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель исследований, показаны научная новизна и практическая значимость, отражены вопросы внедрения и широкого использования в практике селекционной и семеноводческой работы и апробации полученных научных и практических результатов.

В первой главе «Современное состояние селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку (основные подходы и результаты)» дан обзор происхождения, истории заселения, особенности биологии, морфологии, жизненного цикла развития и питания колорадского жука; описана характеристика особенностей биологии и фенологии популяции колорадского жука и уровня его вредности в условиях Республики Башкортостан; проанализированы факторы устойчивости картофеля к данному вредителю и работы по созданию устойчивых к нему сортов; проведен обзор современных технологий ускоренного размножения оригинального семенного материала картофеля.

Колорадский картофельный жук – *Leptinotarsa decemlineata* входит в состав семейства листоедов – *Chrysomelidae*, под. *Leptinotarsa* был впервые описан американским энтомологом Томасом Сэйем (Thomas Say) в 1824 году. На территории бывшего СССР первые очаги колорадского жука были отмечены в 1949 г. Интенсивное распространение колорадского жука с захватом больших новых территорий началось в 1975 г.

Колорадский жук – олигофаг, повреждающий 10 видов семейства пасленовых. Три из них – картофель, томат и баклажан являются важными сельскохозяйственными культурами. При этом картофель выступает как основная кормовая база при распространении насекомого по территории, а сортовая структура является фактором диверсификации популяционной структуры колорадского жука.

Популяция колорадского жука на территории Республики Башкортостан представлена всеми морфо типами насекомого. Данная территория находится к зоне полной натурализации вида с возрастом очага более 45 лет, распространение жука носит сплошной характер, с высокой численностью и вредностью на посадках картофеля. За летний сезон популяция вида на территории республики проходит только одну полную генерацию.

Несмотря на многократные интенсивные обработки растений картофеля инсектицидами, численность вредителя на территории Республики Башкортостан не снизилась до порогового уровня вредности. Выборочные маршрутные учеты на посадках продовольственного картофеля показали, что заселенность растений в период бутонизации составляла от 85 до 100%, а плотность личинок при этом колеблется от 25 до 60 экз./куст. Пик плотности личинок на растениях картофеля, по многолетним наблюдениям, на территории республики приходится на первую декаду июля. Критическая для сохранности урожая картофеля величина потери листовой поверхности в условиях Предуральской лесостепной зоны Республики Башкортостана составляет 10-15%, что при имеющейся высокой численности вредителя значительно

превышает это значение ежегодно.

Устойчивость картофеля к колорадскому жуку определяется естественным иммунитетом растений. В работе приведен обзор имеющихся сейчас представления об основных иммуногенетических механизмах устойчивости растений к фитофагу.

Показано, что селекция картофеля, традиционными методами на устойчивость к вредителям является достаточно сложной задачей, как в методическом плане, так и в плане разработки принципиальных подходов для достижения поставленных целей. Сложность этой проблемы показана на примере при перечислении ограниченного числа наиболее известных достижений в этой области. На основе имеющейся теоретической модели селекционерами был выведен ряд сортов картофеля, обладающих определенным уровнем устойчивости к повреждению колорадским жуком.

Создание устойчивых к вредителю сортов картофеля проводили на основе интрогрессии генетического материала дикорастущих сородичей путем половой или соматической гибридизации. Методами классической селекции были получены и оценены исходные формы и доноры устойчивости к колорадскому жуку на основе вида *S. chacoense* и сортов демиссоидов. Установлено, что сорта димиссоиды Пересвет и Зарево имели уровень устойчивости листьев к повреждению личинками насекомых 4,48 и 4,28 балла соответственно, неустойчивые сорта Невский и Лорх – 2,78 и 2,50 балла по 9-ти бальной шкале. Устойчивость сортов картофеля к колорадскому жуку связывали с повышенным в 3-4 раза содержанием в листьях гликоалколоида – томатына. Обсужден и ряд других методов создания устойчивости у растений картофеля к колорадскому жуку.

Проведен обзор использования защитного барьера на основе реакции сверхчувствительности в селекционной практике картофеля к фитофторозу картофеля, картофельной нематоды, картофельной моли. Проанализированы результаты использования реакция сверхчувствительности листьев на кладки насекомых в селекционной практике создания устойчивых к насекомым генотипов других видов растений. На основе анализа научных сведений по данному вопросу сделан вывод о возможности использования СВЧ-реакции для совершенствования методики оценки селекционного материала на устойчивость к колорадскому жуку и создания технологичных методов отбора устойчивых форм.

Современное картофелеводство требует использования высококачественного посадочного материала. Любой созданный новый сорт картофеля необходимо быстро размножить при сохранении заложенных в него новых конкурентных преимуществ. В оригинальном семеноводстве картофеля уровень требований к качеству посадочного материала высокий, и для его обеспечения необходимо в течение 3-4 полевых поколений получить плановый объем качественного семенного материала, в связи с этим скорость размножения на начальном этапе приобретает ключевое значение.

Оригинальное семеноводство картофеля традиционно базируется на использовании метода клонального размножения *in vitro* оздоровленных рас-

тений в пробирках. В дальнейшем из микро-растений в условиях контролируемой от повторного заражения среды получали мини-клубни. В настоящее время, для решения задачи ускоренного размножения новых сортов картофеля или же оздоровленного исходного материала, всё большее значение приобретают различного рода биотехнологические методы в исполнении современных технологических и конструкторских решений. Наиболее производительными и экономически оправданными считаются методы ускоренного размножения исходного оздоровленного материала и получения мини-клубней в условиях аэро и гидропоники. Проведен подробный анализ новых методов размножения исходного оздоровленного материала.

Во второй главе «Материал, методика и условия проведения исследований» приведены методики закладки полевых и лабораторных опытов. Полевые опыты выполнены на экспериментальной базе Бирского научного подразделения Башкирского НИИСХ и в производственных условиях КФХ «АГЛИ» Чишминского района Республики Башкортостан. Приводится характеристика исходного материала использованного для селекции картофеля, характеристика сортов картофеля использованных в ходе выполнения сопутствующих научных исследований, описывается методика оценки селекционного материала по устойчивости к колорадскому жуку в полевых условиях, методика закладки полевых опытов по испытанию эффективности средств защиты картофеля от повреждения колорадским жуком и методики сопутствующих исследований. Приводятся данные метеорологических условий в зоне проведения исследований за 18 лет.

В главе 3 «Эффективность контроля численности колорадского жука инсектицидами» представлены данные опытов по оценке вредоносности колорадского жука на посадках картофеля в период 2007-2009 гг. с использованием четырех сортов различных сроков созревания. Полученные данные подтверждают массовое (60-100%) заселение растений картофеля вредителем в период наиболее уязвимой фазы развития культуры (табл.1). Высокий уровень заселенности растений в начальный период фенологического развития подчеркивает наличие значительного количества перезимовавших имаго вредителя в почве, что обуславливает необходимость ежегодного проведения защитных мероприятий.

Изучение динамики численности заселения личинками растений картофеля разных сортов картофеля показало, что сортовые особенности играют в этом существенную роль. Эта закономерность сохраняется независимо от погодных условий года. Независимо от сортовых условий, численность личинок вредителя ежегодно была выше экономического порога вредоносности, определяет необходимость ежегодного проведения защитных мероприятий по контролю численности фитофага. Анализ данных эмбриональной и постэмбриональной смертности в период прохождения личиночного развития вредителя выявил прямую зависимость этих показателей от сортовых особенностей растений картофеля (табл.2). Наибольшая гибель вредителя происходила на сорте Башкирский, в основном, в эмбриональной стадии развития личинок, вследствие чего до 3-4 возраста выживали только 3-5%

потомства.

Таблица 1 - Динамика заселения растений разных сортов картофеля колорадским жуком, Бирское научное подразделение, 2007-2009 гг.

Сорта	Доля заселенных растений на конкретную дату учета, %				
	17 июня	24 июня	1 июля	10 июля	15 июля
2007 год					
Башкирский	68,8	38,8	62,2	72,5	46,2
Удача	93,6	76,2	90,8	100	72,6
Луговской	58,8	90,2	94,1	100	100
Невский	42,2	70,1	81,8	100	72,2
2008 год					
Башкирский	66,7	33,3	58,7	76,5	55,6
Удача	94,4	75,0	94,7	100	70,0
Луговской	50,0	82,4	84,2	100	100
Невский	33,3	66,7	77,8	80,0	72,2
2009 год					
Башкирский	69,7	41,3	67,7	70,2	45,6
Удача	91,1	78,1	93,2	100	81,0
Луговской	62,2	92,5	97,7	100	100
Невский	53,4	71,8	88,3	100	100

Таблица 2 - Плодовитость имаго и выживаемость на протяжении онтогенеза личинок колорадского жука на растениях разных сортов картофеля, 2007-2009 годы

Сорта	Плодовитость		Отрождение яиц, %	Выживание личинок при линьке, %			
	Количество яиц в расчёте на 1 самку, шт.	Количество яиц в 1 кладке, шт.		с 1 на 2 возраст	с 2 на 3 возраст	с 3 на 4 возраст	с 4 возраста на имаго нового поколения
2007 год							
Башкирский	204	27,2	13,1	30,8	100	100	42,9
Удача	110	24,6	43,7	100	51,7	100	65,9
Луговской	109	23,5	82,2	100	100	100	26,0
Невский	134	29,8	65,5	100	54,1	79,2	7,6
2008 год							
Башкирский	184	27,8	18,1	27,8	96,5	100	39,1
Удача	102	25,6	49,8	100	52,6	92,3	60,5
Луговской	105	28,4	89,9	100	100	100	27,8
Невский	112	30,1	76,5	100	59,8	77,7	8,3
2009 год							
Башкирский	181	30,1	15,3	25,7	89,2	95,5	40,1
Удача	119	29,1	42,3	100	55,8	90,6	60,2
Луговской	121	23,8	85,5	100	100	100	25,9
Невский	142	32,1	70,1	100	61,3	81,1	8,2

На других сортах также отмечена смертность потомства вредителя в эмбриональной стадии, но в несколько меньшей степени. Относительно вы-

сокая выживаемость личинок колорадского жука по сравнению с другими видами фитофагов, по всей видимости, и определяет высокую степень его вредности как вредителя картофеля.

Таблица 3 - Снижение продуктивности разных сортов картофеля при повреждении ботвы колорадским жуком, 2007-2009 гг.

Сорта	Продуктивность растений, г/куст		Потери продуктивности от повреждения ботвы вредителем, %	Выживаемости личинок до 4 возраста к отложенным яйцам, %
	На фоне без применения инсектицидов	На фоне применения инсектицида регент 20г/га		
2007 год				
Башкирский	537	592	9,3	4,0
Удача	561	639	12,1	22,6
Луговской	322	590	45,4	82,2
Невский	360	571	36,9	35,4
2008 год				
Башкирский	517	577	10,3	4,9
Удача	523	605	13,5	24,2
Луговской	254	568	55,2	89,9
Невский	223	534	41,8	35,5
2009 год				
Башкирский	612	667	8,2	3,3
Удача	644	724	11,0	21,3
Луговской	347	698	50,2	85,5
Невский	365	613	40,5	34,8

Сделан вывод, что степень повреждения сортов картофеля колорадским жуком зависит от выживаемости потомства вредителя до личинок 3 и 4 возрастов (табл.3). Следовательно, селекционный отбор для создания генотипов наименее подверженных повреждению вредителем необходимо осуществлять, отбирая генотипы картофеля, вызывающих высокую смертность колорадского жука в период эмбрионального и раннего постэмбрионального развития. Данный фактор устойчивости к колорадскому жуку придает генотипу картофеля возможность прямого депрессирующего воздействия на всю популяцию фитофага и в значительной степени лимитировать реализацию его репродуктивного потенциала. Высокая эмбриональная и ранняя постэмбриональная смертность в равной мере действует на всё потомство и не может вызвать ускорения микроэволюционных процессов, и быстрого приобретения у популяции вредителя устойчивости к данному признаку.

В настоящее время основным инструментом контроля численности колорадского жука на посадках картофеля является применение инсектицидов. Уровень биологической эффективности химических средств защиты картофеля от данного фитофага определяет актуальность и востребованность создания сортов картофеля с высокой относительной устойчивостью к колорадскому жуку.

На основе проведения полевых экспериментов в 2011-13гг. по защите картофеля от колорадского жука установлено, что применение инсектицидов

для контроля численности фитофага является критически важной операцией. Без контроля численности колорадского жука от повреждения вредителем теряется значительную часть урожая (табл. 4). Установлено, что из имеющегося перечня наибольшую биологическую эффективность имели на момент оценки препараты регент ВДГ (фенилпиразол, д.в. – фипронил, 800 г/кг) и актара ВДГ (неоникотиноид, д.в. – тиаметоксам, 250 г/кг). Эти препараты при опрыскивании ботвы картофеля обоих сортов проявили высокую биологическую эффективность в пределах 100-93 % на 3, 7 и 14-е сутки после обработки.

Таблица 4- Эффективность средств защиты картофеля от колорадского жука, 2011г.

Варианты	Урожайность		Биологическая эффективность препаратов, % на			Сохранность остаточной токсичности, 30-е сут. после обработки, % от контроля
	ц/га	% к контролю	3-и сутки	7-е сутки	14-е сутки	
Сорт Башкирский						
Контроль (без обработки)	282	100	-	-	-	8.3
Регент	401	142	97.9	97.0	94.6	56
Актара	335	119	96.6	93.0	99.1	25
Банкол	372	132	88.1	76.7	83.8	0
Танрек	297	105	91.0	60.8	76.6	8.3
Фитоверм	308	109	68.1	60.4	58.6	27
Димелин	348	123	69.0	91.2	89.2	73
Фаскорд	351	125	70.5	72.5	15.3	46
Битоксибацеллин	353	125	89.3	89.3	52.3	55
НСР ₀₅	36					
Сорт Удача						
Контроль (без обработки)	243	100				10
Регент	284	117	100	98.9	90.2	27
Актара	273	112	100	98.6	96.7	55
Банкол	309	127	100	98.1	90.1	27
Танрек	254	104	100	79.4	43.3	50
Фитоверм	289	119	67.0	75.3	67.2	30
Димелин	235	96	88.9	93.8	83.6	64
Фаскорд	258	106	85.6	89.6	18.0	25
Битоксибацеллин	275	113	85.8	87.9	46.0	4.4
НСР ₀₅	11					

Инсектициды других классов показали значительно меньшую биологическую эффективность в рекомендованных дозах применения в виду развития к ним резистентности у фитофага. Кроме того, необходимо отметить, что в течение цикла этих опытов наблюдается тенденция к снижению биологической эффективности практически всех изученных препаратов. То есть, химический метод контроля численности колорадского жука на посадках картофеля не позволяет стабилизировать картофельный агроценоз в долгосрочной

перспективе. Основной причиной снижения биологической эффективности инсектицидов является возникновение устойчивости насекомых к ним.

Для изучения адаптивного потенциала колорадского жука и развития резистентности этого насекомого к инсектицидам был проведен многолетний полевой опыт с применением пониженных доз препарата регент. Для контроля численности колорадского жука на посадках картофеля препарат регент рекомендовано применять в норме расхода 20-25г/га. Массовое применение этого инсектицида началось в 2003 г., а первые устойчивые к нему особи обнаружены уже в 2006 г. В 2010 г. устойчивые к препарату особи были обнаружены во всех обследованных районах. Увеличение среднего значения доли устойчивых особей подтверждает наше предположение о том, что эти формы имеют большую приспособленность и постепенно накапливаются в популяциях. В условиях применения инсектицидов с максимально допустимыми нормами расхода препарата резистентность у большей части популяции вырабатывается достаточно быстро, поэтому было выдвинуто предположение, что при снижении нормы расхода процесс формирования резистентности в популяции фитофага будет протекать медленнее.

Для проверки этой стратегии с 2006 г. был заложен многолетний производственный опыт на посадках картофеля на площади 30 га в Бирском научном подразделении Башкирского НИИСХ. Расход инсектицида регента при этом снижали в 2 раза по сравнению с рекомендуемым – до 10 г/га. Биологическая эффективность в 2006–2010 гг. составляла, в зависимости от условий года, 82–93 %, что вполне достаточно с хозяйственной точки зрения. Достоверного различия в урожайности между участками, обработанными рекомендуемой и сниженной в 2 раза нормами расхода регента, не выявлено. При оценке сохранения токсичности препарата на растениях картофеля, проведенной в 2007 и 2010 гг. на обоих участках установлено, что через месяц на участке, обработанном сниженной нормой препарата заселение растений картофеля составляло не более 2–6 % (до обработки – 68–96 %), а численность личинок была единичной. В этом варианте на опытном поле резистентные к регенту насекомые были впервые выявлены только в 2009 г. (табл. 5).

Таблица 5- Изменение доли устойчивых к регенту особей колорадского жука при различных нормах расхода препарата регент (Бирский район, Республика Башкортостан)

Годы	Генерация	Доля устойчивых особей к инсектициду регент	
		На частных посадках	На опытном поле
2006	Перезимовавшая	0	0
2007	Перезимовавшая	0	0
2008	Перезимовавшая	0,5-0,1	0
2009	Первая летняя	0,25±0,2	0,1±0,019
2010	Перезимовавшая	-	0,05±0,003
	Первая летняя	0,25±0,02	0,25±0,02

В Бирском районе, при удалении на расстояние 2–2,5 км от опытного поля резистентные особи были обнаружены еще в 2008 г. В 2010 г. на опытном поле после инсектицидной обработки против личинок первой летней генерации среди молодых имаго доля резистентных форм по сравнению с 2009 г. увеличилась в 5 раз. Данный факт, возможно, связан с обменом генами с жуками соседних локальных популяций, где доля резистентных особей в 2009 г. была на порядок выше, а также быстрым сокращением численности чувствительных особей в результате действия даже пониженной нормы расхода регента.

Для проверки нашей гипотезы была построена прогностическая дискретная генетическая модель. Она основывалась на уравнениях классической популяционной генетики и была дополнена действием различных критических факторов для данного насекомого известных на сегодняшний день. Расчеты показали, что применение минимально эффективных доз инсектицидов приводит к замедлению увеличения доли резистентных особей в популяциях колорадского жука на два сезона, что в целом было подтверждено в полевых опытах.

Ежегодный мониторинг локальной популяции на участке размещения посадок селекционных питомников картофеля на протяжении 11 лет показали, что доля устойчивых особей к препарату актеллик, децис, регент и актара достаточно высока и остается примерно на одном уровне. То есть приобретенная в прошлом устойчивость насекомого к данным препаратам значимо присутствует в популяции.

Таким образом, на протяжении длительного периода (2004-2018 гг.) отмечается устойчивый процесс роста доли резистентных к инсектицидам особей в конкретной локальной популяции. Смена класса инсектицидов, использование пониженных норм расхода препаратов не приводит к кардинальному возврату чувствительности данной локальной популяции и восстановлению биологической эффективности всех изученных нами препаратов препарата. Это может трактовать как успешная адаптация сложной полиморфной популяции вредителя к применению инсектицидов и закрепление этих свойств в генотипах. К такому же выводу приводит наблюдаемый нами эффект гормезиса у устойчивых к инсектицидам групп колорадского жука. Особи носители генов устойчивости к инсектицидам за счет включения компенсаторных реакций на генном уровне значительно дольше живут и, следовательно, имеют более высокую вероятность оставить после себя устойчивое потомство, что, по-видимому, и является причиной высокой приспособленности насекомых к химическому методу защиты. В связи с этим значительную актуальность приобретает возделывание генетически устойчивых к насекомым сортов и гибридов картофеля не индуцирующих интенсивные процессы адаптогенеза у насекомых.

В главе 4 «Оценка эффективности ингибиторного барьера картофеля для гидролаз колорадского жука при формировании устойчивости растений к насекомому» приводятся исследования по определению влияния ингибиторов гидролаз картофеля на активность пищеварительных ферментов

колорадского жука, и возможности использования данного фактора устойчивости в селекционном процессе.

Проведенная нами оценка приспособленности к кормовой базе колорадского жука свидетельствует о том, что локальные популяции вредителя характеризуются высокой пищевой активностью и специализацией питания на картофеле, потребляя по 37,7-22,1 мг листьев в сутки на 1 насекомое. Пищевая специализация подтверждается также значительным увеличением уровня активности пищеварительных ферментов – пектиназ и протеиназ (в 1,5-2 раза) при питании листьями картофеля по сравнению с уровнем активности ферментов в состоянии «голодного ожидания».

Таблица 6 - Активность ингибиторов гидролитических ферментов имаго *L. Decemlineata* в листьях различных сортов картофеля (начальная активность липаз 9,6 Е/ г, протеиназ-170 Е/г сырой массы)

Сорта и гибриды картофеля	Липазы		Протеиназы		Потери продуктивности от повреждения ботвы вредителем, %
	ИЕ/г сырой массы	% ингибирования	ИЕ/г сырой массы	% ингибирования	
Невский	0,4±0,1	4	39,5	23,2	25,4
Луговской	0,9±0,1	9,4	66,2	39,0	20,5
Удача	1,9±0,1	20	28,5	16,7	9,3
Башкирский	6.2±0,2	64	75,6	44,4	8,9
4281(Пересвет x Аусония)	1,2±0,2	12	72,3	42,5	7,7
4292 (81.1.36 x Зареве)	7,4±0,3	77	57,5	33,8	4,8

Первая стадия переваривания растительной массы, поедаемой насекомыми, которая происходит в средней кишке, предполагает разрушение клеточных оболочек растительной ткани и частичную деполимеризацию компонентов пищи. Нами установлено отсутствие строгой корреляции между устойчивостью к колорадскому жуку и активностью ингибиторов ферментов, расщепляющих основной материал цитоскелета растительной ткани целлюлозу и пектин. То есть активность ингибиторов этих ферментов не является критически важным для питания вредителя. Пищевая масса, попадающая в среднюю кишку насекомого, имеет степень фрагментации растительной ткани, приемлемую для последующего переваривания. По-видимому, этот ингибиторный барьер будет, имеет большой потенциал использования при создании сортов с толстой клеточной оболочкой, когда механическое воздействие челюстей фитофага будет не достаточным для переваривания пищи. Напротив, высокая ингибиторная активность в экстрактах листьев картофеля в отношении липаз и протеиназ фитофага коррелирует с устойчивостью сортов к повреждению имаго колорадского жука (табл. 6).

Ингибирование активности липаз и протеиназ однозначно приводит к

замедлению белкового и жирового обмена, который у насекомых проходит исключительно интенсивно, что вызывает нарушения синхронизации процессов роста и развития личинок вредителя, приводит к значительному снижению выживаемости при их питании на пищевых субстратах с высокой активностью ингибиторов. Исходя из полученных данных сделано заключение, что устойчивыми к повреждению колорадским жуком будут генотипы картофеля, в листьях которых имеется высокая активность ингибиторов этих ферментов. В ранний период развития личинки колорадского жука имеют не столь совершенный пищеварительный аппарат, поэтому высокая активность ингибиторов гидролитических ферментов насекомых в растительных тканях будет критична для их жизнеспособности на начальных стадиях развития.

Экспериментально установлен факт накопление ингибиторов трипсина в листьях картофеля сорта Башкирский, который происходит в ответ на размещение кладок яиц колорадского жука, также как и при их обработке гормоном стресса – метилжасмоновой кислотой, регулирующим защитный ответ растений при нападении насекомых. То есть, накопление ингибиторов трипсина в листьях картофеля индуцируется элиситорами, находящимися на поверхности кладок яиц фитофага. Таким образом, можно сделать заключение, что наиболее перспективным подходом вовлечения генов, кодирующих синтез и накопление в тканях ингибиторов протеаз и липаз, будет их встраивание в генные комплексы, кодирующие СВЧ-реакцию листовой ткани на кладки колорадского жука. Локальное кратковременное накопление ингибиторов липопротеиназного комплекса в зоне отрождения потомства вредителя имеет наибольший депрессирующий эффект для выживаемости личинок 1-2 возраста и не вызовет ускорения микроэволюционных процессов внутри популяции фитофага и появление новых форм, способных преодолеть данный тип устойчивости. Создание подобных генетических конструкций, скорее всего, будет перспективным методом контроля численности колорадского жука в ближайшем будущем.

В главе 5 «Экспериментальное обоснование зависимости повреждаемости ботвы картофеля колорадским жуком от степени развития сверхчувствительной реакции на кладки яиц вредителя». Приведены результаты полевых исследований, научно обосновывающие необходимость вовлечения в селекционный процесс оценки генотипов по признаку СВЧ-реакции листовой пластинки на кладки колорадского жука.

Барьеры устойчивости к колорадскому жуку в созданных уже сортах картофеля, в определённой степени снижают потери урожая от фитофага, но не позволяют полностью снять проблему контроля численности вредителя на посадках картофеля. Разработанные на сегодняшний момент методики селекционного отбора на устойчивость картофеля к колорадскому жуку позволяют проводить оценку гибридного материала в основном на стадии окончания селекционного процесса.

Сейчас, практически единственным из фенотипических признаков, указывающих на уровень относительной устойчивости генотипа картофеля к колорадскому жуку, является степень повреждения ботвы вредителем. К сожа-

лению, данный показатель можно объективно оценить только тогда, когда имеется достаточно большое количество самих растений. Объективно оценить устойчивость к колорадскому жуку единичное растение в питомнике одноклубневок или 5-10 растений в питомниках 1-2 года практически невозможно. Кроме того, младшие питомники селекционного картофеля выращиваются, как правило, на фоне химической защиты инсектицидами, в результате наиболее устойчивые генотипы с небольшой или средней продуктивностью неизбежно выбывают из селекционного процесса.

Для оценки уровня устойчивости к колорадскому жуку гибридов картофеля на ранних стадиях селекционного процесса нами было предложено использовать фенотипический признак СВЧ-реакции листовой пластинки на кладки яиц вредителя. Для научного обоснования возможности использования данного признака в селекционном отборе устойчивых к фитофагу генотипов, нами было проведено изучение зависимости уровня относительной устойчивости со степенью фенотипического его проявления в полевых условиях. Для этого был заложен трёхлетний полевой опыт на значительном количестве различных сортов. Вредоносность колорадского жука в ходе проведения эксперимента ежегодно была высокой. Каждая делянка каждого сорта была разделена пополам, одна половина делянки картофеля выращивалась на фоне обработки ботвы препаратом регент, вторая половина инсектицидом не обрабатывалась. В ходе опыта учитывался уровень относительной устойчивости к повреждению вредителем и уровень проявления СВЧ-реакции листовой пластинки на кладки яиц фитофага, определена урожайность каждого сорта на каждом фоне и составлен рейтинг. Экспериментально установлено что при выращивании картофеля без обработки инсектицидом снижение продуктивности в зависимости от сортовых особенностей составило от 4 до 92 %. Анализ взаимосвязи данных по степени устойчивости ботвы в баллах и по продуктивности растений различных сортов картофеля показал, что эти два фактора тесно связаны на фоне выращивания культуры без применения инсектицидов. Так, коэффициент корреляции между устойчивостью в баллах и уровнем продуктивности растений на фоне свободного развития вредителя составил в 2016 году 0,763, 2017 г. – 0,779 и в 2019 г. – 0,804, то есть взаимосвязь между этими показателями сильная. При выращивании сортов картофеля на фоне контроля численности колорадского жука продуктивность растений практически не зависела от уровня устойчивости к фитофагу. Логически так и должно быть: в условиях бесконтрольного развития фитофага уровень устойчивости культуры выступает лимитирующим фактором уровня продуктивности, поэтому и связь между ними сильная.

Анализ корреляционной зависимости между развитием СВЧ - реакции на кладки яиц колорадского жука и степенью устойчивости ботвы к вредителю и снижением продуктивности различных сортов картофеля показывает, что эта связь достаточно сильная. Так, корреляционная зависимость между степенью развития СВЧ - реакции на кладки яиц колорадского жука и уровнем устойчивости ботвы картофеля, составила в 2016 году 0,671, 2017 г. – 0,631, в 2019 г. – 0,568. Значения коэффициентов корреляции соответствуют

зависимости средней степени между двумя этими признаками. Это вполне объясняется тем, что в существующем наборе сортов имеются также и другие иммуногенетические барьеры устойчивости. Аналогичное заключение можно сделать между развитием СВЧ - реакции на кладки яиц колорадского жука и снижением продуктивности различных сортов картофеля. Отрицательный коэффициент корреляции между этими факторами составил в 2016 году – 0,763, 2017 – 0,646, 2019 – 0,571. Наглядным доказательством того, что развитие СВЧ - реакции листьев картофеля на кладки колорадского жука и уровень устойчивости сортов картофеля к вредителю тесно связаны является то, что сорта, находящиеся в верхней части рейтинга по устойчивости к потере продуктивности в большинстве случаев, имеют этот признак, а у сортов замыкающих этот рейтинг его нет.

Известно, что большинство из выбранных для исследования сорта картофеля были выведены на основе отбора по признаку продуктивности, а признак СВЧ-реакции листьев картофеля на кладки колорадского жука в селекционном процессе не учитывался. В связи с полученными нами данными было сделано заключение, что для целенаправленного отбора генотипов с относительной высокой устойчивостью к повреждению колорадским жуком можно использовать отбор по признаку хорошо выраженной СВЧ - реакции листьев картофеля на кладки колорадского жука.

В главе 6 «Результативность селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку на основе использования фенотипического признака СВЧ-реакции на кладки яиц колорадского жука» представлены результаты отбора в гибридных популяциях; показана проявление СВЧ-реакции листьев картофеля на кладки колорадского жука у разных сортов картофеля и фенотипическое разнообразие её проявления в гибридном потомстве картофеля; приводятся результаты и воспроизводимости реакции сверхчувствительности листьев растений на кладки колорадского жука в полевых условиях при использовании смывов с яиц насекомого; описывается методика проведения отбора по данному признаку.

В связи с появлением популяций колорадского жука высокоустойчивых к применяемым инсектицидам возникла необходимость дальнейшего совершенствования селекционного процесса для создания устойчивых к колорадскому жуку сортов картофеля. В рамках научного сотрудничества с ВНИИКХ и ЮжУрал НИИПОК, начиная с 2000 г. для гибридизации подбирали родительские формы несущие гены устойчивости к колорадскому жуку. В 2004 г. были получены гибридные популяции с участием сортов Зарево, Фреско и Пересвет, несущих гены устойчивости к колорадскому жуку, фитофторозу и другие хозяйственно-ценные признаки. В результате включения в гибридизацию новых генетических источников значительно увеличился выход устойчивых гибридов. В питомнике гибридов первого года в 2004 году в гибридной популяции Удача x Зарево отобрано 25% гибридов, Космос x Зарево – 38 %, Спиридон x Зарево 34%, Пересвет x Аусония – 55% (табл.6). Из 1644 гибридов номеров в данном питомнике было отобрано 529 генотипов, то есть 32% от общего количества. Отобранные гибриды характеризо-

вались высокой продуктивностью, устойчивостью к фитофторозу на уровне 7-8 баллов и к колорадскому жуку – 4-7 баллов. Средняя продуктивность гибридов составляла от 483 до 710 г/куст, а у отдельных генотипов превышала 900 г/куст. Однако большая часть отобранных гибридов оказалась средне-позднего и позднего срока созревания.

При селекционном отборе, проведенном в 2005 году, из 529 гибридов были отобрано 142 генотипа раннего, среднераннего и среднеспелого срока созревания, среди которых 36 форм обладали относительной устойчивостью к повреждению ботвы картофеля колорадским жуком на уровне 6-7 баллов, из них 24 гибрида были получены от скрещивания сортов Пересвет x Аусония. Оценка устойчивости гибридов к фитофагу в полевых условиях проводилась методом визуального учета потери ботвы от жизнедеятельности насекомых. В последующем в 2006 году было выделено 20 перспективных генотипов сочетающих комплекс хозяйственно ценных признаков с высоким уровнем устойчивости к фитофторозу и повреждению ботвы колорадским жуком. При чём, относительно высокая устойчивость к колорадскому жуку отмечена у 8 гибридов, полученных от скрещивания Пересвет x Аусония, и по одному гибриду от скрещиваний Спиридон x Зарево, Удача x Зарево, Космос x Зарево. Выделенные перспективный гибриды имели урожайность более 600 г/куст, клубни данных гибридов устойчивы к израстанию и образованию дуплистости.

По результатам конкурсного сортоиспытания в 2007-2009 гг. гибрид 4281-7 (Пересвет x Аусония) передан на государственное сортоиспытание под названием Бурновский. В 2014 году данный сорт был включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 9 (Уральскому) региону (табл. 7).

Из всех изученных популяций только у гибридов, полученных от скрещиваний Пересвет x Аусония, Пересвет x Карлена и Башкирский x Аусония к моменту их размножения в питомнике конкурсного испытания уровень устойчивости ботвы картофеля к повреждению колорадским жуком остался на уровне выше 4 баллов. Наибольший уровень устойчивости 7,5 баллов отмечен у гибрида 4281-80 (Пересвет x Аусония), что позволило по результатам конкурсного сортоиспытания в 2016-2018 гг. передать гибрид в 2019 году на государственное сортоиспытание по 9 (Уральскому) региону под названием «Солдатик» (табл.8). Фенотипический анализ взаимодействия фитофага и растения картофеля показал, что наличие некротического защитного барьера у растений картофеля на кладки фитофага, является одним из факторов сохранения устойчивости растений к колорадскому жуку.

Таблица 6 – Результаты отбора гибридов 1-го года по урожайности, устойчивости к фитофторозу и колорадскому жуку (Бирское НП Башкирского НИИСХ, 2004г)

Селекционный номер	Происхождение	Изучено гибридов, шт.	Средняя продуктивность, г/куст ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	Пределы варьирования (min-max)	Отобрано гибридов					
					Всего		В том числе:			
					шт.	%	С продуктивностью ≥ 600 г куст	Устойчивых к фитофторозу (7-8 баллов)	Устойчивых к колорадскому жуку (6-8баллов)	С комплексом хозяйственно полезных признаков
03-1	Удача х Зарево*	220	483±20,6	243-912	55	25,0	20	25	9	1
03-2	Ван-Гог х Фреско*	220	650±31,1	345-954	65	29,5	53	12	0	0
03-3	Космос х Зарево*	220	700±25,0	490-900	85	38,6	50	24	11	0
03-04	Спиридон х Зарево*	180	407±13,0	288-840	61	33,9	17	20	24	0
03-06	Рая х Космос*	220	520±15,5	450-760	42	19,1	27	15	0	0
03-07	95-4-46 х Радуга*	80	335±21,0	235-680	12	15	7	3	0	2
03-08	94-16-23 х Пикадор*	80	557±30,4	375-880	21	26,3	16	5	0	0
03-09	2097-15 Х Жора*	120	569±18,1	480-750	27	22,5	25	2	0	0
03-10	89-99-12 х Космос*	24	788±19,8	650-954	7	29,2	7	0	0	0
03-11 (4281)	Пересвет х Аусония**	280	710±35,2	480-960	154	55,0	49	67	35	3
	Всего	1644			529	32,2	277	173	79	6

*гибриды ЮжУрал НИИПОК,

**гибриды ВНИИКХ

Таблица 7 - Характеристика гибридов конкурсного сортоиспытания (Бирское НП Башкирского НИИСХ, 2007-2009гг.)

Сел-ный номер	Происхождение	Урожайность по годам, г/куст.				Среднее содержание крахмала, %	Средняя то-варность клубней, %	Устойчивость ботвы, балл	
		2007	2008	2009	Среднее за 3 года			Фитофторозу	Колорадскому жуку
03-1-22	Удача х Зарево	710	425	445	527	12,6	89,3	7,5	4,5
03-1-31	Удача х Зарево	700	605	479	595	12,3	97,0	7,2	4,6
03-3-57	Космос х Зарево	600	635	512	582	11,9	93,9	7,4	4,1
03-3-66	Космос х Зарево	670	495	527	564	12,0	94,1	6,9	3,9
03-04-12	Спиридон х Зарево	590	506	448	515	15,6	97,9	5,4	3,3
03-04-19	Спиридон х Зарево	595	490	489	525	15,9	94,8	5,4	4,1
03-08-12	94-16-23 х Пикадор	600	510	235	448	13,1	88,5	4,1	1,2
03-11-7 (4281-7)	Пересвет х Аусония*	650	620	592	621	14,9	94,0	5,5	6,5
03-11-12	Пересвет х Аусония	633	600	563	599	14,2	89,3	5,4	6,8
03-11-12	Пересвет х Аусония	615	590	552	586	14,6	94,3	5,8	6,6
	Ст. Невский	452	496	390	446	12,3	92,6	2,5	1,5
	Ст. Луговской	498	510	473	494	14,1	97,5	3,0	2,5
	Ст. Удача	540	580	514	545	14,1	95,2	4,0	4,0
	НСР _{0,05%}	37,4	76,4	66,0					

*гибрид 4281-7 передан на государственное сортоиспытание в 2010 году под названием Бурновский

Таблица 8 - Характеристика гибридов конкурсного испытания по комплексу хозяйственно полезных признаков
(Бирское НП Башкирского НИИСХ, 2016-2018гг)

Селекционный номер	Происхождение	Урожайность, г/куст				Товарность, %	Содержание крахмала, %	Устойчивость, балл			
		2016г	2017г	2018г	среднее			К фитофторозу		Парше обыч- венной	Колорад- скому жуку
								ботвы	клубней		
4402-97	Никулинский х 92.7.26	240,3	525,3	362,5	376,0	92,3	13,0	6,5	6,9	5,2	3,0
4407-24	Русский сувенир х 88.34/14	592,7	650,8	285,0	509,5	89,0	13,1	7,1	7,5	4,2	3,6
4411-25	Никулинский х Аврора	309,3	702,3	202,5	404,7	92,2	14,2	6,5	7,0	4,1	4,1
4411-8	Никулинский х Аврора	355,3	714,0	230,0	433,1	88,3	14,1	6,4	7,0	4,1	4,0
4411-14	Никулинский х Аврора	312,7	726,0	287,5	442,1	83,3	14,0	6,6	7,2	4,6	3,8
4409-20	591m -62 х Дубрава	361,7	725,0	362,5	483,1	88,9	14,7	7,8	7,9	4,4	2,3
4409-69	591m -62 х Дубрава	333,0	715,0	710,0	586,0	92,5	14,2	7,9	7,9	4,5	2,2
4409-14	591m -62 х Дубрава	530,3	750,3	500,0	593,5	88,9	13,6	7,0	7,8	4,6	2,0
4494-83	Башкирский х Аусония	366,7	745,5	487,5	533,2	94,9	14,1	5,2	5,2	4,9	5,7
4270-125	Пересвет х Карлена	397,0	661,3	222,5	426,9	83,7	14,0	6,2	6,6	5,6	4,5
4270-92	Пересвет х Карлена	299,0	505,0	310,0	371,3	92,2	14,2	6,0	6,6	5,2	4,1
4281-20	Пересвет х Аусония	486,7	737,5	660,0	628,1	92,4	15,6	5,1	6,0	5,0	7,0
4281-80*	Пересвет х Аусония	500,0	762,5	725,0	662,5	92,9	15,3	6,9	6,2	5,9	7,5
4281-15	Пересвет х Аусония	208,3	332,5	350,0	296,9	85,9	14,9	7,7	7,9	5,2	4,5
	Ст. Невский	299,0	475,0	377,5	383,8	94,6	12,5	2,5	3,5	2,2	1,5
	Ст. Луговской	366,7	375,0	292,5	344,7	94,5	14,3	3,0	5,5	2,8	2,5
	Ст. Удача	397,0	547,5	322,5	422,3	92,3	14,0	4,0	6,8	5,5	4,0
	НСР _{0,05%}	53,6	43,1	109,2							

*Гибрид 4281-80 (Пересвет х Аусония) передан на государственное сортоиспытание в 2019 году под названием Солдतिक.

Таблица 9 – Проявление реакции сверхчувствительности листовой пластинки на 5-е сутки после откладки яиц самками колорадского жука у гибридов картофеля 2 года (Бирское НП Башкирского НИИСХ, 2013г.)

Селекционный номер	Происхождение	Изучено гибридов, шт.	Распределение гибридов по проявлению реакции сверхчувствительности, балл						Средняя потомства, балл	% гибридов с баллом 4 и 5
			0	1	2	3	4	5		
4402	Никулинский х 92.7.26	230	212	10	8	0	0	0	0,11	0
4407	Русский сувенир х 88.34/14	130	78	45	7	0	0	0	0,45	0
4411	Никулинский х Аврора	140	65	38	18	8	1	0	0,60	0,71
4397	Сьерра х 93.14-99	335	0	0	0	0	0	0	0	0
4409	591m -62 х Дубрава	335	0	0	0	0	0	0	0	0
4494	Башкирский х Аусония	49	22	15	7	4	1	0	0,91	2,04
4270	Пересвет х Карлена	275	156	88	26	4	1	0	0,57	0,36
4273	Никулинский х Карлена	203	144	48	9	2	0	0	0,35	0
4292	Гибрид 81.1.36 х Зарево	73	53	11	5	4	0	0	0,41	0
4281	Пересвет х Аусония	23	10	6	4	1	1	1	1,13	8,69

Проведённый в гибридном потомстве учет проявления СВЧ - реакции листовой пластинки на кладки яиц колорадского жука так же подтвердил связь высокого уровня устойчивости с наличием данной реакции. Вместе с тем не во всех гибридных комбинациях отмечается реакция сверхчувствительности на кладки яиц колорадского жука, а в тех гибридных популяциях при её отсутствии, уровень устойчивости гибридов к фитофагу значительно ниже (табл. 9). С другой стороны, установлено значительное различие степени проявления реакции сверхчувствительности на кладки яиц насекомого среди гибридов одной комбинации скрещивания. Наиболее устойчивыми к фитофагу оказались гибриды с проявлением реакции сверхчувствительности на кладки насекомого на уровне 4-5 баллов, то есть при образовании на месте кладки сплошного некроза или в случае мацерации и распада листовой пластинки. В тоже время, количество генотипов с хорошо выраженной СВЧ-реакцией незначительно. В скрещиваниях Пересвет x Аусония уровень проявления СВЧ-реакции на уровне 4-5 баллов обнаружен у 8,69% гибридов, Пересвет x Карлена - 0,36%, Башкирский x Аусония - 2,04%, Никулинский x Аврора – 0,71% от общего числа гибридов данных комбинаций, изученных в питомнике гибридов 2 года.

Крайняя степень проявления реакции сверхчувствительности является признаком наличия высокой степени устойчивости генотипа к фитофагу. В связи с этим, в процессе селекционного отбора на устойчивость к колорадскому жуку, возникла необходимость учитывать данный фактор, а также совершенствовать метод его определения. Важным обстоятельством является ещё и то, что эту особенность взаимоотношений между картофелем и его вредителем можно увидеть при простом осмотре растений, что даёт селекционеру доступный фенотипический признак для отбора устойчивых к фитофагу генотипов.

Для выяснения сути процесса, данный феномен подробнее изучен на различных по чувствительности к кладкам яиц фитофага сортах картофеля. Установлено, что биогенными элиситорами защитных реакций растений являются химические соединения, входящие в состав секрета яйцекладущих самок и находящихся на поверхности хориона откладываемых яиц. Эти вещества нами были выделены в виде 40% спиртового раствора. Наличие веществ-элиситоров в спиртовом растворе было подтверждено экспериментально (рис. 2). Для эксперимента были взяты растения сорта Ранняя роза, где отсутствовало фенотипические проявления реакции СВЧ на кладку яиц фитофага (рис. 2, I Б), и сортов Удача и Башкирский где эта реакция имеет место (рис. 2, I А, I В). При нанесении спиртового раствора со смывом с поверхности кладок яиц насекомого на сортах Башкирский и Удача наблюдалось усыхание участка листовой пластинки в виде пятна, состоящего из полностью высохшей, но не разрушившейся листовой ткани и строго ограниченного местом нанесения препарата (рис. 2, II А и В). На листьях растений сорта Ранняя роза отмирание тканей отсутствовало (рис. 2, II Б). Так было под-

тверждено наличие в спиртовом растворе со смывом с кладок яиц колорадского жука присутствие элиситоров, запускающих СВЧ-реакцию.

При изучении влияния элиситоров, ассоциированных с яйцами колорадского жука, нами установлено различное фенотипическое проявление изменчивости СВЧ-реакции на разных по чувствительности сортах культуры и связанное с этим различие в образовании и метаболизме активных форм кислорода.

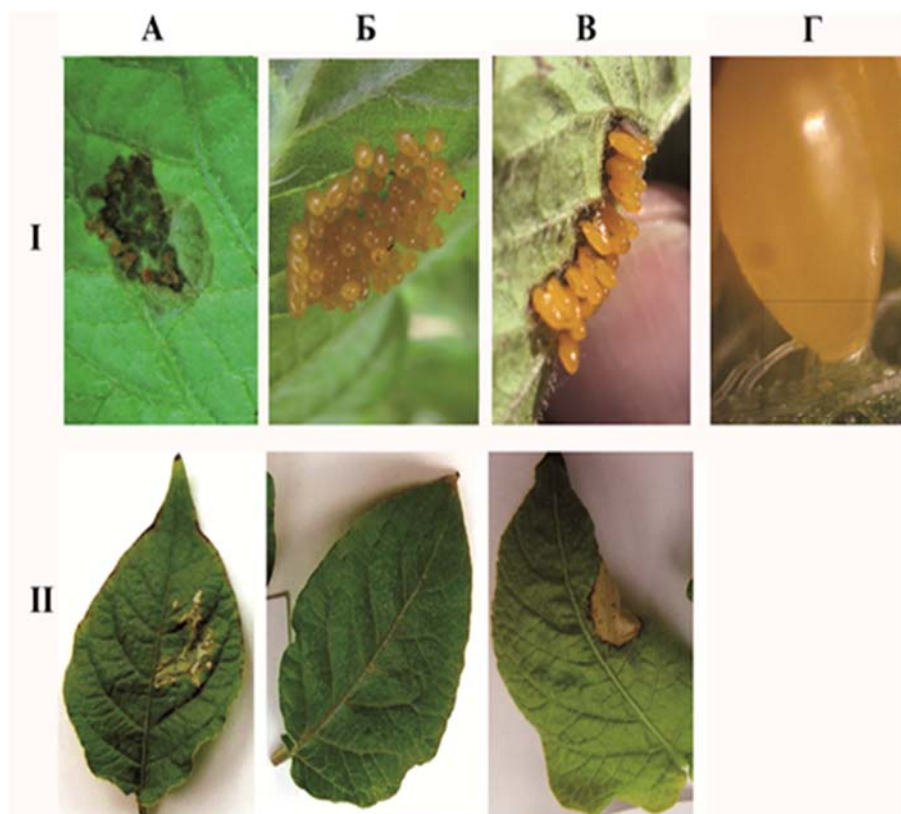


Рисунок 3. Засыхание листовой пластинки через 7 дней после откладки яиц (I) и нанесения смыва с кладок (II): А – сорт Башкирский; Б – сорт Ранняя Роза; В – сорт Удача; Г – место прикрепления яйца колорадского жука к листовой пластинке.

Реакция сверхчувствительности, проявляющаяся в виде некроза листовой ткани, локализованного в месте контакта со

смывом, по-видимому, является результатом распознавания клеточными рецепторами элиситоров, что инициирует конвергентные сигнальные каскады, которые в конечном итоге приводят к синтезу активных форм кислорода (АФК) и усилению экспрессии защитных генов. В наших опытах, установлено, что нанесение смыва на листья растений картофеля устойчивых сортов Башкирский и Удача кардинально увеличивало синтез АФК. В тоже время у сорта Ранняя Роза эта реакция отсутствовала.

Обработка поверхности листовой пластинки чувствительных сортов спиртовым смывом с поверхности яиц колорадского жука вызвала значительное повышение уровня содержания супероксид аниона. Развитие реакции сверхчувствительности на сортах Удача и Башкирский происходит в результате локального разрушения клеток проводящих сосудов и мезофилла в месте нанесения смыва под действием повышенных концентраций перекиси водорода и супероксид аниона. Эти участки на photographs видны как лишённые окраски, истонченные области, вокруг которых концентрируются активные формы кислорода (рис. 4 В, Г).

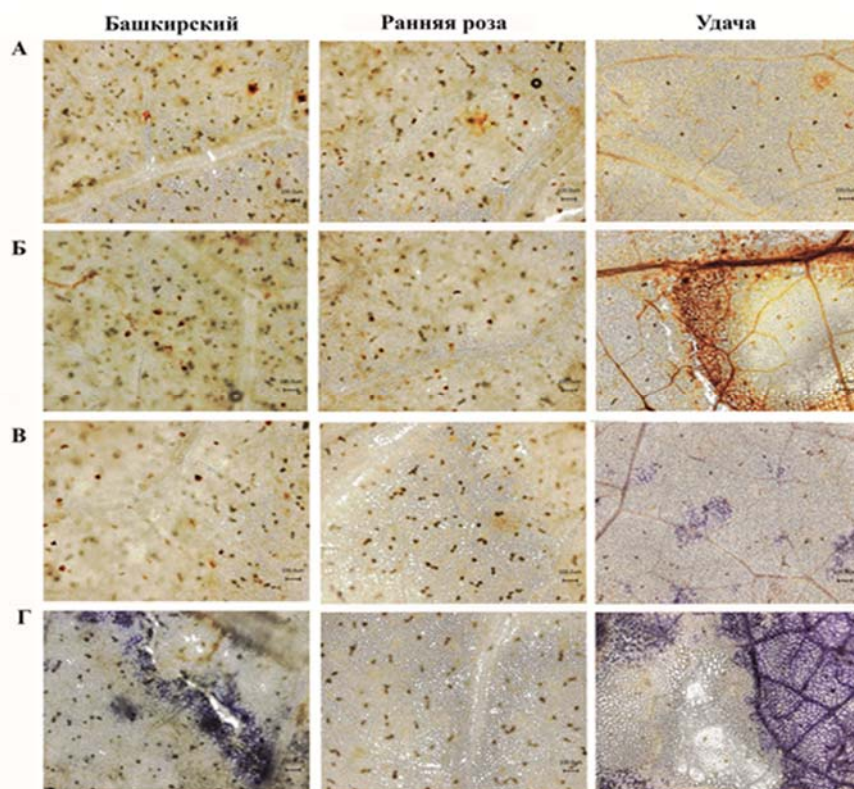


Рисунок 4. Локализация активных форм кислорода *in situ* в листовой ткани различных сортов картофеля: А – распределение перекиси водорода в листьях, обработанных 40 % этанолом (контроль); Б – распределение перекиси водорода в листьях обработанных спиртовым (40%) смывом с кладок насекомого; В – распределение супероксид аниона в контрольных листьях; Г – распределение супероксид аниона в листьях, обработанных спиртовым смывом с кладок насекомого

Фенотипическое проявление реакции сверхчувствительности листовой пластинки гибридов картофеля на кладки яиц самки колорадского жука можно условно подразделить по степени развития некроза на шесть типов. Отсутствие сверхчувствительной реакции на кладки яиц самки колорадского жука 0 баллов, выпирание листовой пластинки в месте прикрепления кладки и отдельные участки с некрозами непосредственно под местом прикрепления яйца к листовой пластинке 1 балл, развитие некроза на 25 % площади занимаемой кладкой 2 балла, развитие некроза на 50 % площади занимаемой кладкой 3 балла, развитие некроза на всей площади занимаемой кладкой 4 балла (рис.5а), прободение листовой пластинки в месте прикрепления кладки 5 баллов (рис.5б).

Наиболее эффективной защитой, ограничивающей репродуктивный потенциал вредителя, является максимально возможное в полевых условиях проявление реакции сверхчувствительности листьев растений на кладки колорадского жука. При развитии некроза или полном разрушении листовой пластинки на всей площади прикрепления кладки яиц происходит прямая гибель всего потомства или его значительной части (рис. 5, Б). Однако, необходимо отметить, что максимально выраженная сверхчувствительная реакция на кладки насекомого в селекционном материале встречается достаточно редко.

Наблюдения в питомнике гибридов 2 года в 2013-2017 гг. свидетельствуют о том, что доля в гибридных популяциях гибридов с реакцией сверхчувствительности листьев картофеля на кладки колорадского жука составляла от 6,3 до 16,5 % от всех обследованных и отобранных генотипов (табл. 10). При этом необходимо подчеркнуть, что частота встречаемости гибридов

с данным типом защитной реакции зависела от их генотипических особенностей, а интенсивность проявления некротической реакции редко превышала 3 балла. Это связано, прежде всего, с тем, что в первые два года селекционный отбор производился, в основном, по таким хозяйственно-ценным признакам, как сроки созревания, форма, окраска и внешний вид клубней, компактность гнезда и продуктивность. Однако данные признаки наследуются независимо от некрогенетического защитного барьера и поэтому в потомстве чаще встречаются гибриды со средней степенью его проявления. Для создания сортов картофеля с выраженной реакцией сверхчувствительности на кладки колорадского жука вплоть до полного лизиса листовой пластинки в месте прикрепления яиц вредителя необходимо проводить целенаправленный селекционный отбор уже в младших питомниках в период вегетации (фаза бутонизации-цветения) генотипов с выраженной степенью сверхчувствительной реакции на кладки насекомого (4-5 баллов).



Рисунок 5. А - развитие некроза на всей площади занимаемой кладкой и падение части яиц на почву (4 балла), Б – прободение листовой пластинки в месте прикрепления кладки (5 баллов).

Как правило, в силу биологических особенностей, самки колорадского жука не склонны посещать генетически разнокачественные гибриды, в виду наличия более доступных сортообразцов или кормовых растений. Для решения данной проблемы возникла необходимость разработать доступный метод выявления чувствительных к кладке насекомых гибридов картофеля.

Таблица 10- Частота встречаемости реакции сверхчувствительности листьев картофеля на кладки колорадского среди гибридов 2 года, (2013-2017 гг.)

Годы наблюдений	Количество гибридных популяций, шт.	Отобрано гибридов, шт.	Отобрано гибридов с СВЧ реакции на кладки насекомого	
			всего	% к общему числу отобранных гибридов
2013	12	220	14	6,3
2014	12	166	12	7,2
2015	12	226	23	10,1
2016	12	145	13	8,9
2017	12	133	22	16,5

Для оценки и проведения отбора устойчивых к колорадскому жуку гибридов 2 года необходим простой и в тоже время информативный метод, в основу которого положена способность листьев картофеля чувствительных образцов образовывать некроз при нанесении на поверхность листовой пластинки спиртового смыва с кладки яиц насекомого. Для проверки воспроизводимости в полевых условиях СВЧ реакции листьев сортообразцов картофеля при их обработке смывом с яиц насекомого закладывали опыт на 48 различных сортах культуры.

При анализе полученных данных установлено, что реакция на использование для имитации яйцекладки обработки листовой пластинки смыва с яиц колорадского жука у 47 сортов из 48 совпадало с сортовой реакцией на кладку, а у 38 сортов из 48 интенсивность развития реакции при имитации совпадала с уровнем реакции сверхчувствительности на кладку насекомого. Развитие реакции сверхчувствительности на чувствительных сортах при применении смыва с кладок колорадского жука протекало менее интенсивно, чем реакция непосредственно на кладки. Это вполне объясняется тем, что при проведении смыва спиртовым раствором с поверхности яиц в раствор переходят не все эффекторы, вызывающие гиперчувствительную реакцию листьев картофеля на кладку яиц насекомого.

Высокая воспроизводимость результатов в условиях полевых опытов, позволила разработать методика отбора по признаку СВЧ-реакции на кладки колорадского жука относительно устойчивых к фитофагу гибридов. На данный способ определения чувствительных к кладкам колорадского жука гибридов картофеля получен патент на изобретение.

В главе 7 «Совершенствование элементов технологии ускоренного размножения новых сортов в условиях гидропонной культуры и выращивания оригинального семенного материала картофеля» приводится подробное описание разработанной автором технологии ускоренного раз-

множения оздоровленного материала картофеля с использованием новейших технологических решений.

В качестве исходного материала для размножения используется сертифицированные меристемные растения сорта картофеля Башкирский, полученные из генобанка (*in vitro*) ВНИИКХ. Основной задачей при выращивании мини-клубней картофеля в гидропонной культуре является максимальное размножение оздоровленного клубневого материала, который можно высадить в условия открытого грунта. Использование мини-клубней для выращивания первого клубневого полевого поколения оригинального семенного материала становится возможным без сооружения теплиц или тоннельных укрытий. Для защиты от повторного вирусного заражения необходимо использовать особенности природного ландшафта и пространственную изоляцию.

Усовершенствованная нами технология производства мини клубней картофеля включает три этапа культивирования.



Рисунок 6. Зелёные черенки с корневой системой

Использование для возобновления цикла культивирования меристемных растений в условиях зональной лаборатории микроклонального размножения проводится только раз в год, а в остальное время для размножения используются зелёные черенки. На первом этапе обеспечивается образование корневой системы у зеленых черенков.

Образование корней у зеленых черенков является критическим фактором их жизнеспособности. Для успешного корнеобразования зелёные черенки необходимо срезать с растений, культивируемых в условиях длинного дня (16ч:8ч). В обобщенном виде процесс выглядит следующим образом: черенки нарезают партиями по 20-30 шт., промывают под проточной водой, формируют букеты по 10-15 шт. и помещают на 12 часов в ёмкости с раствором ИУК. По окончании экспозиции в растворе стимулятора ёмкости с черенками промывают проточной водой не менее 4-5 раз. После этого в ёмкости доливают чистую водопроводную воду и помещают в зону с освещенностью не менее 5000 люкс. Культивацию зеленых черенков проводят в течение 10-15 суток с периодом освещения 16-18 ч в сутки. Смену воды в сосудах с черенками производят дважды в течение суток. На 7-е сутки на черенках начинают образовываться первые корешки. На 10-11-е сутки у зеленых черенков формируется корневая система, достаточная для пересадки в зону подращивания (рис. 6).

Следующим этапом культивирования является подращивание зеленых черенков до рассады высотой 35-45 см (рис. 7). Черенки с хорошо развитой корневой системой высаживают во вторую зону, где происходит их доращивание. Длительность суточного освещения в данной зоне 16-18 часов. При высадке во вторую зону зеленые черенки с хорошо сформировавшейся корневой системой укладывают корнями под светонепроницаемую пленку. На лоток подают питательный раствор насосом (производительностью не менее 5 л/мин) в течение 30 минут с перерывом в 30 минут. В период отсутствия подачи раствора на лотке должна оставаться жидкость, удерживаемая только силой поверхностного натяжения. Продолжительность культивирования во второй зоне составляет 20 суток.



Рисунок 7. Высадка черенков в зону подращивания (слева), зона выращивания клубней (справа)

Завершающим этапом является выращивание растений для получения мини-клубней. На каждый участок рабочей площадью 6,5 м² размещают 300-350 шт. рассады картофеля с хорошо развитой корневой системой (рис. 7). Участки для снижения напряженности работ заполняются последовательно с интервалом в 20 суток. Каждый участок имеет систему автономного освещения и подачи питательного раствора.

Культивирование растений на заключительном этапе – самый сложный момент в выращивании мини-клубней в гидропонной культуре. Общая продолжительность культивирования составляет не более 60 суток, в течение которых растения формируют хорошую вегетативную массу, затем прекращают свой рост, образуют сначала столоны, а затем и клубни. Оптимальный график роста и развития растений в данной зоне регулируется изменением режима освещенности и состава питательного раствора. График режима освещения имеет два этапа: 15 суток 18/6 часов, 45 суток 12/12 часов с постепенным уменьшением световой части периода.

Изучение линейки растворимых удобрений «Novalon» для выращивания оздоровленных миниклубней картофеля в гидропонной культуре, показало её большую эффективность, по сравнению с классическими рецептами питательного раствора. Для зоны подращивания зеленых черенков и в пер-

вый период культивирования растений в гидропонной культуре необходимо использовать марку растворимых удобрений «Novalon» 19-19-19+МЭ. Удобрения вводят в питательный раствор до показания удельной электрической проводимости раствора 1,0-1,2 миллисименсов и кислотности рН раствора 6,9-7,4. В период снижения продолжительности суточного освещения добавляют растворимые удобрения марки 03-07-37+МЭ до показания удельной электрической проводимости раствора 1,0-1,2 миллисименсов и рН раствора 6,9-7,4. Эта форма удобрений, содержащая мало азота, фосфора и много калия позволяет затормозить темпы роста растений, значительно укрепить клеточную стенку. Ботва растений после непродолжительного периода роста на этом растворе становится более грубой. В заключительный период культивирования при формировании столонов и клубней в рабочий раствор добавляется растворимое минеральное удобрение «Novalon» марка 15-5-30+МЭ до показания удельной электрической проводимости раствора 1,1-1,4 миллисименсов и рН раствора 6,0-7,1. Опыт показывает, что при выращивании картофеля на гидропонной установке с применением трех различных составов растворимого удобрения «Novalon» удается избежать затягивания фаз развития, значительно ограничить вегетативный рост и направить продукты ассимиляции на формирование клубней.

Полученные в условиях гидропонной культуры мини-клубни картофеля высаживали в полевом изолированном участке. При изучении эффективности различных схем посадки мини-клубней картофеля было установлено, что максимальная продуктивность и коэффициент размножения клубней получается в варианте посадки по схеме 75x40 см (табл. 12). Так, коэффициент размножения в среднем за 3 года наблюдений составил 1:5,9 - 10,5. При этом наблюдаемое уменьшение, как уровня продуктивности, так и коэффициента размножения растений картофеля при выращивании из более мелких мини клубней, объясняется замедленным темпом развития растений в начальный период вегетации. С увеличением массы посадочного мини клубня, независимо от схемы посадки, увеличивается как показатель продуктивности, так и коэффициент размножения.

Анализ фракционного состава по массе и среднему размеру клубней показывает, что при увеличении площади питания наблюдается общая тенденция повышения доли фракции крупных клубней более 90 г и уменьшения доли фракции клубней меньше 10 г (табл. 13). В дальнейшем при посадке на следующий год клубней этих фракции требуется применение ручного труда и кроме того, такие клубни значительно хуже хранятся, так как сильнее травмируются при уборке. Нами рекомендуется для обеспечения максимального выхода клубней размером 10-90 г, мини клубни разных фракций необходимо высаживать с разной площадью питания. Для фракции мини клубней мельче 10 г оптимальной является схема 75x40 см, массой 10-30 г – 75x20 - 30 см, а массой более 30 г – 75x10 - 20 см.

Таблица 12 - Влияние схем посадки мини-клубней картофеля сорта Башкирский на коэффициент размножения (2015-2017 гг.).

	Вариант опыта		Урожай с 1 куста, г				Коэффициент размножения			
	Масса клубня, г	Схема посадки	2015	2016	2017	Среднее за 3 года	2015	2016	2017	Среднее за 3 года
1	До 10 г	75x10 см	308	330	396	344,7	5,2	5,8	5,1	5,4
2		75x20 см	329	376	376	360,3	5,4	5,8	5,3	5,5
3		75x30 см	387	401	431	406,3	5,6	6,2	5,5	5,8
4		75x40 см	482	498	488	489,3	5,6	6,6	5,5	5,9
5	10-30 г	75x10 см	402	360	380	380,7	6,7	6,6	5,2	6,2
6		75x20 см	435	475	575	495,0	8	8,4	7,8	8,1
7		75x30 см	504	629	629	587,3	8,5	8,7	8,2	8,5
8		75x40 см	589	696	710	665,0	9,1	8,9	8,5	8,8
9	более 30 г	75x10 см	561	390	520	490,3	9,5	7	7,1	7,9
10		75x20 см	781	674	674	709,7	9,7	7,8	7,8	8,4
11		75x30 см	789	728	728	748,3	10,1	8,9	9,1	9,4
12		75x40 см	829	794	894	839,0	10,3	10,1	11	10,5

Таблица 13 - Влияние схем посадки мини-клубней картофеля на распределение урожая клубней по массе и фракционному составу (2015-2017 гг.).

	Вариант опыта		Средний вес 1 клубня, г				Доля фракции по весу в среднем за 3 года, %			
	Масса клубня, г	Схема посадки	2015	2016	2017	Среднее за 3 года	крупнее 90 г	50-90 г	10-50 г	меньше 10 г
1	До 10	75x10	59,2	56,9	77,6	64,6	-	20,6	67,3	12,1
2		75x20	60,9	64,8	70,9	65,6	-	21,3	68,6	10,1
3		75x30	69,1	64,7	78,4	70,7	-	23,1	68,5	8,4
4		75x40	86,1	75,5	88,7	83,4	-	25,2	68,6	6,2
5	10-30	75x10	60,0	54,5	73,1	62,5	-	22,1	72,8	5,1
6		75x20	54,4	56,5	73,7	61,5	2,8	25,8	67,2	4,2
7		75x30	59,3	72,3	76,7	69,4	3,5	26,4	66,9	3,2
8		75x40	64,7	78,2	83,5	75,5	6,5	28,5	61,6	3,4
9	более 30	75x10	59,1	55,7	73,2	62,7	-	22,6	70,9	6,5
10		75x20	80,5	86,4	86,4	84,4	5,2	26,8	62,2	5,8
11		75x30	78,1	81,8	80,0	80,0	12,9	29,4	54,5	3,2
12		75x40	80,5	78,6	81,3	80,1	15,2	35,2	46,6	3,0

На основе многолетних наблюдений отмечено, что в первый год возделывания миниклубней в полевом питомнике в условиях открытого грунта происходит заражение грибной и особенно бактериальной сапрофитной микрофлорой от 1,2 до 2,5 %, а в отдельные жаркие годы до 5 % клубней нового урожая. При этом после переборки и удаления инфицированных клубней нарастание дальнейшей инфекции прекращалось. Исходя из этого, было выдвинуто предположение о том, что это происходит в результате удаления эн-

дофитной микрофлоры в процессе манипуляций по оздоровлению и ускоренному размножению растений в условиях, близких к стерильным. Наличие в межклеточном пространстве комплекса эндофитной микробиоты является естественным состоянием растений картофеля. При её отсутствии возделывание оздоровленных мини клубней в полевом агробиоценозе приводит к проникновению в растения и их колонизацию аборигенной микрофлорой почвы. Данный процесс, вследствие неполной совместимости с организмом картофеля, возможно, вызывает наблюдаемые факты загнивания клубневого материала.

Для проверки данной рабочей гипотезы, оздоровленные мини-клубни предварительно за 1 месяц до посадки обрабатывали биопрепаратами эндофитных бактерий фитоспорин-М и его аналогами с целью заселения межклеточного пространства микрофлорой. Установлено, что при обработке перед посадкой мини-клубней биопрепаратами Фитоспорин-М, М1, П10 в опытах в течение трёх лет (2018-2020 гг.), наблюдалось снижение доли отхода при хранении выращенного в полевых условиях первого клубневого поколения. Так, в контроле через 2 месяца хранения при инспекционной переборке урожая отход загнивших клубней ежегодно составлял от 0,4 до 1 %, а в опытных вариантах отхода выявлен только в отдельные годы и его было значительно меньше (табл.14). Полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка биопрепаратами эндофитных бактерий в определенной мере блокирует процесс проникновения в оздоровленные мини-клубни естественной аборигенной микрофлоры в первом полевом поколении. В тоже время необходимо отметить, что биологическая эффективность биопрепаратов на основе эндофитных бактерий в значительной мере зависит от погодных условий вегетационного периода. Для получения стабильного высокого защитного эффекта данных биопрепаратов необходимо дополнительно проработать регламент их применения.

Таблица 14-Влияние предпосадочной обработки оздоровленных мини-клубней картофеля сорта Башкирский биопрепаратом эндофитных бактерий «фитоспорин-М» и его аналогами на потери клубней от порчи в период хранения (2018-2020 гг.)

Вариант	Доля клубней с признаками заболеваний						В среднем за 3 года, в % от контроля
	2018 год		2019 год		2020год		
	отход по весу, %	в % от контроля	отход по весу, %	в % от контроля	отход по весу, %	в % от контроля	
Контроль	1,0	–	0,4	–	0,5	–	–
Фитоспорин М	0	0	0	0	0,3	60,0	20,0
Препарат М 1	0,4	60,0	0	0	0,0	0	20,0
Препарат ПС10	0	0	0,2	50,0	0,0	0	17,0
НСР 0,05%	0,082		0,019		0,091		

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о перспективности технологии ускоренного размножения исходного оздоровленного материала картофеля в условиях гидропонной культуры на основе использования линейки растворимых удобрений «Novalon» и приёма предпосадочной обработки оздоровленных мини-клубней препаратами эндофитных бактерий перед их посадкой в полевые условия.

В главе 8 «Экономическая эффективность производства сортов картофеля, устойчивых к колорадскому жуку»

Размножение исходного посадочного материала в условиях водной культуры позволило в несколько раз ускорить этот процесс и получить оздоровленные мини-клубни картофеля пригодные для высадки на участок открытого грунта, пространственно изолированного от других посадок культуры. В 2010 году нами от ВНИИКХ были получены 300 пробирочных оздоровленных растений нового сорта. С данных растений и было начато семеноводство нового сорта картофеля Башкирский.

Ускоренное размножение оздоровленного материала нового сорта было проведено с использованием технологии культивирования растений в условиях водной среды. Для организации первичного семеноводства по данному сорту за счет внедрения данной технологии нами удалось стабильно получать по 10-12 тыс. штук исходных оздоровленных мини-клубней ежегодно (табл. 15).

На основе использования оригинального посадочного материала мини – клубней, полученных на гидропонной установке, было развернуто семеноводство картофеля по сорту Башкирский по 4-х летней схеме. Ежегодная реализация элиты составляла 60-70 т семенного материала. Применение технологии размножения исходного посадочного материала в условиях водной культуры позволило, в условиях ограниченного штата сотрудников лаборатории, производить достаточное количество исходного оздоровленного оригинального материала нового сорта картофеля и создать условия для внедрения его в производство.

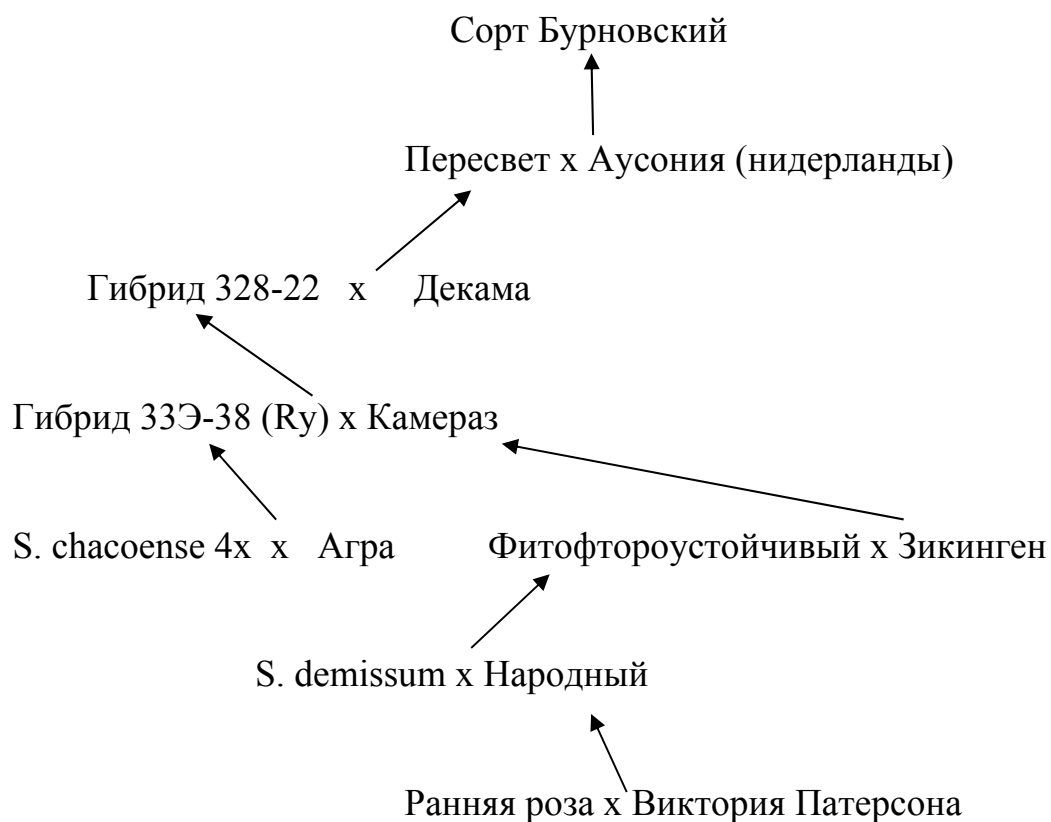
Таблица 15- Производство мини-клубней сорта Башкирский в Башкирском НИИСХ в 2010-2018 гг.

	Годы вегетации								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Количество мини-клубней, тыс. шт.	10	10	12	12	12	12	12	12	5

Полученные результаты

Характеристика созданных новых сортов картофеля с высоким уровнем устойчивости к повреждению колорадским жуком.

Сорт картофеля Бурновский выведен на основе скрещивания сортов Пересвет и Аусония в рамках научного сотрудничества с Всероссийским НИИ картофельного хозяйства.



Сорт относится к средней группе спелости, имеет потенциальную урожайность 40,0-42,0 т/га, содержание сухого вещества 20-24%, комплексную устойчивость к особо опасным патогенам раку, нематоды и колорадскому жуку. Клубни обладают высокими потребительскими качествами. Сорт выведен в рамках научного сотрудничества с Всероссийским НИИ картофельного хозяйства. Новый сорт картофеля имеет значительное преимущество перед стандартами, превышая стандарт Невский по урожаю клубней за 4 года на 62,5%, Луговской на 52,5%, Лорх на 70,6%, а также раннее и продолжительное формирование клубней. Так, при взятии пробы на скороспелость в среднем за 4 года наблюдений, новый сорт на 20 июля формировал урожай на уровне 7,5 т/га, что на уровне раннеспелого стандарта Невский и значительно выше среднеспелых стандартов Лорх и Луговской. Содержание крахмала в клубнях сорта на уровне 14,7%. Сорт устойчив к раку и картофельной нематоды, слабо повреждается колорадским жуком, высоко устойчив к фитофторозу по ботве, имеет хорошую сохранность, пригоден к механизированной уборке. Клубни белые, с неокрашенными глазками, световой росток имеет среднюю антоциановую окраску у основания. Глубина залегания глазков средняя, мякоть белая, вкусовые качества вареного картофеля хорошие. Цветение не очень обильное, цветы белые, соцветие компактное. Куст высокий прямостоячий, плотный, хорошо облиственный. В 2014 году сорт вклю-

чен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Уральскому региону.

Сорт картофеля Солдатик создан на основе скрещивания сортов Пересвет и Аусония, аналогично сорту Бурновский. Сорт столового назначения. Срок созревания – среднеспелый.

За три года конкурсного сортоиспытания (2013 – 2016 гг.) урожайность сорта картофеля Солдатик составила в среднем 26,8 т/га при товарности 86% и содержании крахмала 15,2%, что превышает показатели стандартного сорта Луговской на 5,0 т/га, 2% и 0,5% соответственно. В 2019 году сорт Солдатик передан на Государственное сортоиспытание.

Клубни белые, световые ростки расположены одиночно по всему клубню. Куст прямостоячий, высокий, стебли слабоветвистые, в поперечном разрезе угловатые. Цветение среднее, продолжительное, соцветие компактное, многоцветковое. Ягодообразование редкое. Масса товарного клубня 95-108 г, содержание крахмала 14,5-16,0%, вкусовые качества 4,5 балла. Разваримость клубней средняя, несклонен к потемнению мякоти после варки. Лежкость при хранении хорошая.

Сорт отзывчив на проращивание и ранние сроки посадки. Рекомендуемая густота посевки 35-42 тыс. шт. на га, с междурядьем 75 см. Хорошо переносит засуху и сезонные перепады среднесуточных температур и условий увлажнения. Отзывчив на внесение минеральных и органических удобрений. Сорт устойчив к фитофторозу, слабо повреждается колорадским жуком.

На площади 2 га в 2015 г. проведено испытаний сорта картофеля Бурновский в условиях производства в хозяйстве КФХ «АГЛИ» Чишминского района Республики Башкортостан. Стандартом для сравнения был сорт картофеля Эволюшенс. При возделывании сорта картофеля Бурновский, относительно устойчивого к повреждению колорадским жуком, была применена только однократная обработка посадок картофеля половинной дозой инсектицида «Регент» в фазу полного цветения картофеля. При возделывании стандартного сорта Эволюшенс для защиты картофеля от вредителя была применена обработка дна борозды комплексным препаратом «Престиж» и в последующем обработка ботвы картофеля, в фазу полного цветения рекомендованной дозой препарата «Регент». Экономия затрат на возделывании картофеля сорта Бурновский, возникшая за счёт сокращения объема применения инсектицидов, составила 4887,5 руб. на 1 га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В зоне Предуральской лесостепи на посадках картофеля численность личинок вредителя ежегодно превышает порог экономической вредоносности в зависимости от выращиваемого сорта в 2-20 раз. Высокая численность вредителя в расчете на 1 растение, наряду с практически полным заселением всех растений, обуславливает необходимость ежегодного проведения защитных мероприятий по контролю численности фитофага.

2. Установлено, что применяемые в производстве картофеля инсектициды независимо от химического класса выступают факторами ускоренной

адаптации. Колорадский жук в течение 5-6 сезонов формирует определенный уровень устойчивости к любому препарату, что в значительной мере снижает его биологическую эффективность. Особи, носители генов устойчивости к инсектицидам за счет включения компенсаторных реакций на генном уровне, активизируют жизнедеятельность и, следовательно, с большей вероятностью сохраняет устойчивое потомство, что, по-видимому, и является причиной высокой приспособленности насекомых к химическим препаратам.

3. Селекционный отбор в направлении создания генотипов картофеля вызывающих высокую смертность личинок колорадского жука в период эмбрионального и раннего постэмбрионального развития, которая в равной мере действует на всё потомство и не вызывает ускорения микроэволюционных процессов, возможен только на основе реакции сверхчувствительности листовой пластинки на кладки яиц фитофага.

4. Выявлена средняя корреляционная связь между степенью развития СВЧ - реакции на кладки яиц колорадского жука и уровнем устойчивости ботвы к вредителю, а также снижением продуктивности различных сортов картофеля. Так, коэффициент корреляции между степенью развития СВЧ - реакции составил в 2016 г. - 0,671, 2017г. – 0,631 в 2019г. – 0,568, что вполне объясняется тем, что существующий набор сортов различается по уровню иммуногенетического барьера устойчивости.

5. Обнаружено значительное колебание степени развития реакции сверхчувствительности листьев растений картофеля на кладки яиц насекомого не только среди различных гибридных популяций, но и гибридов одной комбинации скрещивания. Наиболее устойчивыми к фитофагу оказались гибридные популяции с проявлением реакции сверхчувствительности на кладки насекомого на уровне 4-5 баллов, с образованием сплошного некроза и распада листовой пластинки. Причем в популяции Пересвет x Аусония уровень проявления СВЧ реакции на уровне 4-5 баллов обнаружен у 8,69% гибридов, Пересвет x Карлена - 0,36%, Башкирский x Аусония - 2,04%, Никулинский x Аврора – 0,71%.

6. Признак СВЧ - реакции листовой пластинки на кладку яиц насекомого в гибридном потомстве различается степенью фенотипического проявления: от полного отсутствия реакции – до развития некроза на площади листа, занимаемого кладкой и сквозного прободения листовой пластинки. В потомстве от самоопыления сорта Башкирский, было обнаружено не более 4,7% гибридов с развитием СВЧ - реакции на уровне 4-5 баллов, а в потомстве от скрещивания сортов Башкирский x Аврора и Башкирский x Дубрава только у 1,8 и 1,25 % гибридов. При этом среди достаточно значительной части гибридного потомства СВЧ реакция отмечается на уровне 1-3 баллов, и тем самым представляет непрерывный вариационный ряд изменчивости. Это, по-видимому, обусловлено тем, что способность растений реагировать на кладки жука подобным образом контролируется серией полигенов с аддитивным эффектом.

7. Установлено, что реакция сверхчувствительности листовой пластинки растений картофеля на кладки яиц колорадского жука является следствием

выработки активных форм кислорода в ответ на попадание на поверхность листьев спирторастворимого фактора с поверхности яиц насекомого. Местная некротическая реакция развивается в результате повышенной концентрации перекиси водорода и супероксид аниона, приводящих к синтезу каллозы и закупорки проводящих сосудов прилегающих к ним тканей. Наряду с этим происходит значительное повышение экспрессии защитного гена *Pin* системного иммунитета, что позволяет стандартизировать проведение в полевых условиях отбор перспективных гибридов на устойчивость к колорадскому жуку.

8. При проверке возможности использования спиртового раствора со смывом биологически активных факторов с поверхности яиц колорадского жука посредством обработки листовой пластинки картофеля для имитации яйцекладки установлено, что при этом реакция в 49 случаях из 50 совпадала с сортовой реакцией на кладку. В 40 из 50 случаев интенсивность развития реакции при имитации совпадала с уровнем реакции сверхчувствительности непосредственно на сами яйца насекомого. При этом развитие реакции сверхчувствительности на поражаемых сортах при применении смыва с кладок колорадского жука протекало менее интенсивно, чем реакция на кладки. Высокая воспроизводимость результатов, полученных в полевых условиях, позволяет использовать способ имитации кладок насекомого для оценки и проведения отбора гибридов на самых ранних этапах селекционного процесса, как фактором для отбора является качественный ответ – проявление, либо отсутствие реакции сверхчувствительности.

9. При проведении биохимического анализа активности ингибиторов ферментов желудочно-кишечного тракта колорадского жука выявлено, что при высоком уровне активности ингибиторов липаз и протеиназ, который наблюдается на устойчивых сортах, происходит замедление белкового и жирового обмена у личинок колорадского жука, которое коррелирует с многократным увеличением смертности личинок на преимагинальной стадии.

10. Отсутствие тесной корреляции между устойчивостью к колорадскому жуку и активностью ингибиторов ферментов, расщепляющих основной материал цитоскелета растительной ткани целлюлозы, свидетельствует, что ингибиторы целлюлолитических ферментов в растительных тканях находятся в составе термолабильных комплексов с компонентами клетки и их потенциальная активность может многократно возрастать при их высвобождении. Этот ингибиторный барьер представляет большой потенциал для использования в селекции сортов с утолщенной клеточной оболочкой и реализацией процесса высвобождения ингибиторов целлюлаз и пектиназ из термолабильных комплексов при запуске механизма защитной реакции.

11. При изучении влияния модификации ингибиторной активности в комплексе защитных реакций картофеля от колорадского жука установлено, что как обработка листьев метилжасмоновой кислотой, так и размещение

кладки насекомого способствуют увеличению ингибиторной активности через 6 часов после обработки. Причем, кладка яиц колорадского жука вызывала сначала повышение, а потом снижение активности ингибиторов трипсина по сравнению с контролем. Это подтверждает, что обработка листьев картофеля метилжасмонатом и размещение кладок колорадского жука являются факторами активации механизма ингибиторного барьера и, возможно, в определенной степени взаимосвязаны.

12. В 2014 году по результатам успешного Госиспытания сорт картофеля Бурновский, полученный от скрещивания Пересвет x Аусония, включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 9 (Уральскому) региону. Урожайность нового сорта за годы сортоиспытания был на уровне 24,8 т/га, содержание крахмала - 14,9%, товарность клубней - 94%, устойчивость к фитофторозу по ботве на уровне 5,5 балла, а устойчивость к повреждению ботвы колорадским жуком - на уровне 6,5 балла.

13. По результатам конкурсного сортоиспытания в 2016-2018 гг. гибрид 4281-80 (Пересвет x Аусония) передан в 2019 году на Госиспытание по 9 (Уральскому) региону под названием «Солдатик» и характеризуется наибольшим уровнем устойчивости к повреждению колорадским жуком (7,5 баллов) в сочетании с комплексом хозяйственно-ценных признаков.

14. Для повышения эффективности производства высококачественного семенного материала в условиях ограниченных трудовых и финансовых ресурсов, а также особенностей почвенно-климатических условий усовершенствована технология ускоренного размножения оздоровленного исходного материала устойчивых к колорадскому жуку сортов картофеля на основе получения мини клубней в гидропонной культуре под контролем от повторного вирусного заражения. Технология позволяет получать до 100 мини клубней с одного оздоровленного микрорастения.

15. При выращивании первого полевого поколения в условиях открытого грунта максимальная продуктивность и коэффициент размножения выявлен в варианте с посадкой стандартной фракции семян мини клубней по схеме 75x40 см. Коэффициент размножения в среднем за 3 года исследований составил, при посадке по данной схеме 1:5,9 - 10,5. При этом наблюдаемое снижение уровня продуктивности коэффициента размножения растений картофеля при выращивании из более мелких мини клубней связан с задержкой темпов роста и развития растений в начальный период вегетации.

16. Предпосадочная обработка оздоровленных мини-клубней биопрепаратами D-26 (Фитоспорин), M1, П10, П104 (аналоги Фитоспорина) в рекомендованных дозах способствовала снижению проявления симптомов инфицирования выращиваемого в полевых условиях первого полевого поколения, что вероятно объясняется блокировкой проникновения в оздоровленные мини клубни естественной аборигенной микрофлоры.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ, УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОРИГИНАЛЬНОГО ЗДОРОВОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ

1. Для повышения эффективности селекционного процесса на устойчивость к колорадскому жуку в качестве компонентов гибридизации необходимо использовать родительские формы, имеющие разные типы устойчивости к фитофагу, что обеспечивает увеличение частоты встречаемости в гибридном потомстве генотипов, сочетающие в себе разные гены устойчивости и их защитного потенциала от повреждения фитофагами.

2. В селекции сортов картофеля устойчивых колорадскому жуку с комплексом хозяйственно ценных признаков необходимо проводить отбор генотипов с СВЧ-реакцией на кладки колорадского жука. Для унифицирования условий отбора и повышения его результативности предлагается нанесение на листовую пластинку спиртового смыва с яиц насекомого для имитации кладки яиц насекомого. Отбор устойчивых к фитофагу гибридов проводится по степени развития некротического процесса.

3. Вовлечение в селекционный процесс генотипов, содержащих высокий уровень активности ингибиторов гидролитических ферментов желудочно-кишечного тракта колорадского жука необходимо связывать с включением в гибридизацию нескольких других факторов устойчивости к фитофагу.

4. Для ускоренного размножения оригинального оздоровленного материала рекомендуется использовать технологию выращивания мини клубней в условиях водной культуры. Полученный оздоровленный материал перед высадкой в поле необходимо обработать биопрепаратами с эндофитными бактериями.

5. Для выращивания в условиях Предуральской лесостепной зоны товарного картофеля с минимальным уровнем использования инсектицидов или без их применения на приусадебных участках необходимо использовать относительно устойчивые к колорадскому жуку новые сорта картофеля Башкирский, Бурновский и Солдатик. При этом значительно снижаются объёмы использования инсектицидов для контроля численности вредителя и экономия затрат за счёт сокращения применения ядохимикатов составляет 4887, 5 руб. на 1 га.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ
Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендо-
ванных перечнем ВАК Российской Федерации

1. Марданшин И.С. Совершенствование методики отбора при селекции картофеля на устойчивость к колорадскому картофельному жуку/ **Марданшин И.С.** // Картофель и овощи. - 2021.- № 11.- С.25-30.
2. Марданшин И.С. Влияние эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* на урожай, качество клубней и послеуборочные болезни картофеля/ Л.И. Пусенкова, С.Р. Гарипова, О.В. Ласточкина, К.А. Федорова, **Марданшин И.С.** // Агрохимический вестник. – 2021. - № 5. – С. 73-78. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-0013.
3. Марданшин И.С. Влияние бактерий *Bacillus subtilis* и сигнальных молекул на состояние про-антиоксидантной системы и экспрессию генов защитных белков у растений картофеля при инфицировании возбудителем фитофтороза и недостатке влаги/ Л. Г. Яруллина, В. О. Цветков, Г. Ф. Бурханова, Е. А. Черепанова, А. В. Сорокань, Е. А. Заикина, **И. С. Марданшин**, Ж. Н. Калацкая, Н. В. Балюк //Прикладная биохимия и микробиология. – 2021. - том 57.- № 6.- С. 594–604. DOI: 10.31857/S0555109921060131
4. Марданшин, И.С. Совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения / **И.С. Марданшин**, А.Х. Шакирзянов, Р.С. Кираев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4 (60). – С. 130-143.
5. Марданшин, И.С. Влияние пищевого субстрата на активность гидролаз колорадского жука / Р.И. Ибрагимов, В.О. Цветков, И.А. Шпирная, **И.С. Марданшин**, Л.Г. Яруллина //Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. № 3-4. – С. 29-34.
6. Марданшин, И.С. Влияние обработки листьев различных сортов картофеля метилжасмонатом на жизненные показатели личинок колорадского жука/ **И.С. Марданшин**, Ю.М. Никоноров, Г.В. Беньковская //Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – № 3-6. – С. 37-39.
7. Марданшин, И.С. Биологическая эффективность некротического барьера в защите картофеля от колорадского жука/ И.С. Марданшин, Г.В. Беньковская //Вестник защиты растений. 2016. № 3 (89). С. 102-103.
8. Марданшин, И.С. Жасмонат-индуцированная система мобильного раневого сигнала растения картофеля модулирует активность инсектицидов / Г.В. Беньковская, И.С. Марданшин // Вестник защиты растений. 2016. № 3 (89). С. 24-25.
9. Марданшин, И.С. Моделирование генетических процессов формирования резистентности к фипронилу в популяциях колорадского жука (*Leptinotarsa Decemlineata* Say)/ К.А. Китаев, **И.С. Марданшин**, Е.В. Сурина, Т.Л. Леонтьева, М.Б. Удалов, Г.В. Беньковская // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 1. С. 78-86.
10. Марданшин, И.С. Эффективность биологических средств контроля численности колорадского жука на двух сортах картофеля в условиях Южного Урала / И.С. Марданшин, Г.В. Беньковская, Е.В. Сурина, К.А. Китаев, М.Б. Удалов // Мичуринский агрономический вестник. – 2015. – № 1. – С. 48-52.
11. Марданшин, И.С. Сорт башкирский устойчив к колорадскому жуку / И.С. Марданшин, И.А. Умаров //Картофель и овощи. – 2013. – № 7. – С. 30-31.
12. Марданшин, И.С. Сравнительная оценка эффективности различных инсектицидов в экспериментах по защите сортов картофеля от колорадского жука / **И.С. Марданшин**, Г.В. Беньковская, Е.В. Сурина, К.А. Китаев, М.Б. Удалов //Агрохимия. – 2012. – № 9. – С. 58-63.
13. Марданшин, И.С. Как замедлить процесс возникновения резистентности у колорадского жука к препарату регент / **И.С. Марданшин**, Г.В. Беньковская, К.А. Китаев, Е.В.

Сурина, Т.Л. Леонтьева, М.Б. Удалов // Защита и карантин растений. – 2012. – № 5. – С. 14-15.

14. Марданшин, И.С. Эффективность природных регуляторов роста в активации продукционного процесса и устойчивости к болезням растений картофеля / Л.И. Пусенкова, И.В. Максимов, **И.С. Марданшин** // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 31-33.

15. Марданшин, И.С. Внимание: новинка! Эффективный метод ускоренного размножения оздоровленного картофеля / **И.С. Марданшин**, Е.Ю. Лобастова // Картофель и овощи. – 2011. – № 5. – С. 23.

16. Марданшин, И.С. Стимуляция жизнеспособности имаго колорадского жука летальными дозами инсектицидов как проявление эффектов гормезиса / Г.В. Беньковская, Т.Л. Леонтьева, М.Б. Удалов, **И.С. Марданшин**, Ю.М. Никоноров // Агробиология. – 2010. – № 8. – С. 43-48.

17. Марданшин, И.С. Традиционная селекция - экологичный метод решения проблемы защиты картофеля от колорадского жука / И.С. Марданшин, Р.И. Ибрагимов, И.А. Умаров, Г.В. Беньковская, М.Б. Удалов // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 22-23.

18. Марданшин, И.С. Активность ингибиторов целлюлаз, пектиназ в клубнях и листьях картофеля / Н.Д. Шевченко, И.А. Шпирная, А.Ф. Саяхова, В.О. Цветков, **И.С. Марданшин**, Р.И. Ибрагимов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 431-433.

19. Марданшин, И.С. Изменение активности протеиназ, их ингибиторов при взаимодействии картофеля и колорадского жука / И.А. Умаров, А.Ф. Саяхова **И.С. Марданшин**, Р.И. Ибрагимов // Аграрная Россия. 2009. № S1. С. 66.

Публикации в изданиях, входящих в перечень Web of science и Scopus:

20. Mardanshin, I.S. Endophytic bacillus spp. As a prospective biological tool for control of viral diseases and non-vector leptinotarsa decemlineata say. In solanum tuberosum / A.V. Sorokan, E.A.Cherepanova, G.F. Burkhanova, S.V. Veselova, S.D. Rummyantsev, V. Alekseev, **I.S. Mardanshin**, E.R. Sarvarova, R.M. Khairullin, G.V. Benkovskaya, I.V. Maksimov // Frontiers in Microbiology. - 2020. - Т.11. - № oct. С. - 569457. doi: 10.3389/fmicb.2020.569457

21. Mardanshin, I. Effects of endophytic bacillus subtilis and salicylic acid on postharvest diseases (phytophthora infestans, fusarium oxysporum) development in stored potato tubers / O. Lastochkina, A. Shayahmetova, D. Garshina, L. Pusenkova, A. Baymiev, I. Koryakov, I. **Mardanshin**, I. Shpirnaya, C. Kasnak, Palamutoglu R. // Plants. - 2020. -Т. 9. - № 1. - С. 76. doi.org/10.3390/plants9010076

22. Mardanshin, I. The effect of endophytic bacteria bacillus subtilis and salicylic acid on some resistance and quality traits of stored solanum tuberosum L. Tubers infected with fusarium dry rot // O.V. Lastochkina, L.I. Pusenkova, D. Garshina, R. Yuldashev, I. Shpirnaya, C. Kasnak, R. Palamutoglu, **I. Mardanshin**, S. Garipova, M. Sobhani, S. Aliniaiefard // Plants. - 2020. Т. 9. - № 6. - С. 738. doi.org/10.3390/plants9060738

23. Mardanshin, I.S. Modeling genetic processes underlying the development of resistance to fipronil in the populations of colorado potato beetle (leptinotarsa decemlineata say) / К.А. Китаев, Е.В. Сурина, М.Б. Удалов, Г.В. Беньковская, **I.S. Mardanshin**, Т.Л. Леонтьева // Russian Journal of Genetics: Applied Research. - 2017. - Т. 7. - № 1. - С. 36-45.

24. Mardanshin I.S. Characterization of proteinases of the colorado potato beetle and their inhibitors from solanaceae plants / R.I. Ibragimov, V.O. Tsvetkov, I.A. Shpirnaya, **I.S. Mardanshin**, K.I. Valiakhmetova, L.G. Yarullina, // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. -2015. - Т. 6. - № 5. - С. 405-411.

25. Mardanshin, I.S. Hydrolytic enzyme inhibitors and necrotic reactions in potato leaves reduce reproductive success of colorado potato beetle / R.I. Ibragimov, **I.S. Mardanshin**, G.V. Benkovskaya, M.B. Udalov, I.A. Shpirnaya, V.O. Tsvetkov // Journal of Agricultural Science and Technology A. - 2014. - № 4. - С. 331-341.

Материалы международных конференций

26. Марданшин И.С. Влияние бактерий *Bacillus subtilis* в сочетании с сигнальными молекулами на содержание пролина и транскрипционную активность генов PR-белков в растениях картофеля при стрессе / Л.Г. Яруллина, Е.А. Заикина, В.О. Цветков, Г.Ф. Бурханова, Е.А. Черепанова, А.В. Сорокань, **И.С. Марданшин**, Ж.Н. Калацкая, Н.В. Балюк // В сборнике: Современные проблемы биохимии, генетики и биотехнологии. Материалы III Всероссийской научной конференции с международным участием. Уфа. - 2021. - С. 251-257.

27. Марданшин, И.С. Влияние эндофитных бактерий на рост и продуктивность растений картофеля в микрополевом и полевом опытах / С.Р. Гарипова, Р.И. Нугуманова, Л.И. Пусенкова, **И.С. Марданшин**, А. Абдыганы, О.В. Ласточкина // В сборнике: Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений. Сборник материалов V Международной научно-методологической конференции. – Российский университет дружбы народов. – Т.2 – 2019. – С. 130-133.

28. Марданшин, И.С. Возможность использования устойчивых к колорадскому жуку сортов картофеля в условиях множественной резистентности к химическим инсектицидам / **И.С. Марданшин**, А. В. Сорокань, Р.Г. Савченко // Тезисы докладов IV Всероссийского съезда по защите растений с международным участием. Санкт Петербург, 2019.

29. **Mardanshin, I.** Endophytic bacteria *Bacillus subtilis* and salicylic acid: biotic strategy to control postharvest diseases of *Solanum tuberosum* L. / О. Lastochkina, R. Yuldashev, **I. Mardanshin**, L. Pusenkova, S. Garipova, A. Shayahmetova, An. Baymiev, M. Seifikalhor, S. Aliniaefard // Book of abstracts: 3rd Global Congress on Plant Biology and Biotechnology (GPB-2019).

30. Марданшин, И.С. Активация сигнальных систем растений картофеля и выбор средств контроля колорадского жука / Г.В. Беньковская, **И.С. Марданшин**, А.В. Сорокань, Л.З. Ахмадишина, Ю.М. Никоноров // В сборнике: Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ответственный редактор М.В. Ефимова. – 2018. – С. 197-201.

31. Марданшин, И.С. Фенотипическое проявление реакции сверхчувствительности в ответ на отложение яиц колорадского жука у растений картофеля сорта башкирский в потомстве от самоопыления / **И.С. Марданшин**, К.А. Китаев // В сборнике: Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ответственный редактор М.В. Ефимова. – 2018. – С. 63-66.

32. Марданшин, И.С. Влияние обработки корневой системы картофеля кинетином на урожайность миниклубней в водной культуре / **И.С. Марданшин** // В сборнике: Картофелеводство. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 241-247.

33. Марданшин, И.С. Влияние обработки листьев картофеля раствором метилжасмоната на жизнеспособность личинок колорадского жука / **И.С. Марданшин**, Ю.М. Никоноров, Г.В. Беньковская // В сборнике: Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции "Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля". Под ред. С.В. Жеворы. – 2018. – С. 253-262.

34. Марданшин, И.С. Корнеобразование у зеленых черенков, полученных на разных этапах онтогенеза растений картофеля / **И.С. Марданшин** // В сборнике: Картофелеводство: история развития и результаты научных исследований по культуре картофеля. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИКХ. 2015. С. 161-165.

35. Марданшин, И.С. Технология выращивания миниклубней картофеля сорта "башкирский" в условиях водной культуры / **И.С. Марданшин** // В сборнике: Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля. Материалы международной научно-

практической конференции. – Сборник научных трудов. Сер. "Картофелеводство" 2014. – С. 180-187.

36. Марданшин, И.С. Протеиназы и их ингибиторы - биохимические факторы взаимодействия колорадского жука и картофеля / Р.И. Ибрагимов, И.А. Шпирная, **И.С. Марданшин**, В.О. Цветков, К.И. Валиахметова //В книге: Протеолитические ферменты: структура, функции, эволюция. VII Всероссийская конференция. – 2014. С. 46.

37. Марданшин, И.С. Протеиназы колорадского жука и их ингибиторы из листьев пасленовых растений / В.О. Цветков, Р.И. Ибрагимов, И.А. Шпирная, **И.С. Марданшин**, К.И. Валиахметова, Л.Г. Яруллина //В сборнике: Биотехнология - от науки к практике. Материалы научных докладов участников Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны. – 2014. – С. 195-199.

38. Марданшин, И.С. Влияние экзогенного метилжасмоната на активность ингибиторов трипсина в листьях картофеля / К.И. Валиахметова, **И.С. Марданшин**, В.О. Цветков, И.А. Шпирная, Р.И. Ибрагимов //В сборнике: Биотехнология - от науки к практике. Материалы научных докладов участников Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны. – 2014. – С. 86-89.

39. Марданшин, И.С. Режим минерального питания и освещения при выращивании мини клубней картофеля сорта "башкирский" в водной культуре / **И.С. Марданшин** //В сборнике: Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля. Сборник научных трудов. ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», составители: Т.В. Лебедева, О.В. Гордеев, А.А. Васильев. – 2014. – С. 141-153.

40. Марданшин И.С. Использование реакции сверхчувствительности в селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку _ **И.С. Марданшин** // Тезисы докладов «VI съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров и ассоциированные генетические симпозиумы г. Ростов-на – Дону, 2014, С168.

41. Марданшин, И.С. Выращивание исходного оздоровленного материала картофеля на аэропонной установке с применением растворимых удобрений "NOVALON®" / **И.С. Марданшин**, Е.Ю. Ильясова // В сборнике: Картофелеводство. Сборник научных трудов. Материалы научной конференции «Мировые генетические ресурсы картофеля и их использование в современных направлениях селекции» (к 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова). Уфа. – 2012. – С. 121-124.

42. Марданшин, И.С. Получение зеленых черенков и рассады картофеля для высадки в аэропонную установку / Е.Ю. Лобастова, **И.С. Марданшин** //В сборнике: Картофелеводство. Сборник научных трудов конференции «Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» (к 80-летию ВНИИКХ) п. Коренево, Московской области, 11–13 июля 2011 года. – 2011. – С. 203-206.

43. Марданшин, И.С. Экологичный метод снижения вредоносности колорадского жука на основе традиционной селекции картофеля / **И.С. Марданшин** // Сборник научных трудов конференции «Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» (к 80-летию ВНИИКХ) п. Коренево, Московской области, 11–13 июля 2011 года. – 2011. – С. 284-288.

44. Марданшин, И.С. Молекулярно-биохимические механизмы индуцированной устойчивости растений // Л.Г. Яруллина, Р.И. Ибрагимов, И.А., **И.С. Марданшин**, Г.Ф. Бурханова, Е.А. Заикина, И.А. Шпирная // Материалы Международной научно-практической конференции Интегрированная система защиты растений: стратегия и тактика: Минск., 2011. С. 822-825.

45. Марданшин, И.С. Пищевая избирательность колорадского жука к различным сортам картофеля / Р.И. Ибрагимов, И.А. Умаров, И.А. Шпирная, **И.С. Марданшин**, А.М. Басырова // Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий. Материалы докладов. Нижний Новгород, 2011, с. 275-276.

46. Марданшин, И.С. Новое направление селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку / Марданшин И.С. // В сборнике: Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля. Сборник научных трудов. Челябинск. – 2010. – С. 112-116.

47. Марданшин, И.С. Мониторинг лета тлей на посевах картофеля в условиях северной лесостепной зоны Республики Башкортостан и выбор сроков удаления ботвы / И.С. Марданшин // Сборник научных трудов: «Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля» Южно-Уральский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства и картофелеводства. – Челябинск. – 2009. – С. 136-141.

48. Марданшин, И.С. Совершенствование способов ускоренного размножения картофеля - основа повышения рентабельности семеноводства культуры / И.С. Марданшин, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Научное обеспечение картофелеводства Сибири и дальнего востока: состояние, проблемы и перспективные направления. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2006. – С. 155-159.

49. Марданшин, И.С. Новые способы ускоренного размножения - основа повышения рентабельности семеноводства картофеля / И.С. Марданшин, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля. Сборник научных трудов, посвященный 75-летию со дня основания института. ГНУ ЮУНИИПОК. – Челябинск. – 2006. – С. 185-188.

50. Марданшин, И.С. Эффективность фитоспорина - м в процессе хранения клубней картофеля и корнеплодов сахарной свеклы / Л.И. Пусенкова, И.С. Марданшин, Р.А. Кудрярова // В сборнике: Повышение эффективности и устойчивости развития агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XV международной специализированной выставки "агрокомплекс-2005": в 4-х частях. Под редакцией Л.П. Десяткиной. – 2005. – С. 293-295.

51. Марданшин, И.С. Биопрепараты и регуляторы роста в защите картофеля от болезней в Республике Башкортостан / Л.И. Пусенкова, И.С. Марданшин // В сборнике: Резервы повышения эффективности агропромышленного производства. Материалы региональной научно-практической конференции, проходившей в рамках Международной специализированной выставки "агрокомплекс-2004". – 2004. – С. 280-282.

52. Марданшин, И.С. Использование биопрепарата фитоспорин в защите семенного картофеля / Л.И. Пусенкова, И.С. Марданшин // В сборнике: Картофель: селекция, семеноводство, технология. Сборник научных трудов по итогам работы Координационного совета (2000-2003 гг.). Координационный совет НИУ Урала, Западной Сибири, Поволжья и Северного Казахстана, ГУ ЮУНИИПОК. Челябинск. – 2003. – С. 80-84.

53. Марданшин, И.С. Сравнительная эффективность средств защиты картофеля от болезней в Башкортостане / Л.И. Пусенкова, И.С. Марданшин // В сборнике: Вопросы картофелеводства. Материалы научно-практической конференции "Научное обеспечение картофелеводства России: состояние, проблемы" (к 70-летию ВНИИКХ): научные труды. РАСХН, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха. – 2001. – С. 324-328.

54. Марданшин, И.С. Эффективность применения биопрепаратов в семеноводстве картофеля / И.С. Марданшин, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Достижения и перспективы развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Российская академия естественных наук; НПФ "Российские семена"; Пензенская государственная сельскохозяйственная академия; Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства; Приволжский Дом знаний. – 1999. – С. 155-157.

55. Марданшин, И.С. Сорта картофеля для промышленной переработки в Республике Башкортостан / И.С. Марданшин, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Качество продукции растениеводства и приемы его повышения. АН РБ, Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа. – 1998. – С. 236-239.

56. Марданшин, И.С. Перспективы биологической иммунизации растений к болезням / **И.С. Марданшин**, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Проблемы агропромышленного комплекса на Южном Урале и Поволжье. Материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 1997. – С. 16-18.

57. Марданшин, И.С. Селекция картофеля в Башкортостане / Л.П. Акатьева, **И.С. Марданшин**, Л.И. Пусенкова // В сборнике: Проблемы селекции и интенсификации земледелия в Башкортостане. Материалы научной конференции, посвященной 90 летию со дня рождения доктора с.-х. наук, почетного академика АН РБ, профессора В.Х. Хангильдина. 1997. С. 35-36.

Статьи в других научных изданиях

58. Марданшин, И.С. Сорта сельскохозяйственных культур Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН / Р.Т. Багманов, А.З. Басырова, **И.С. Марданшин** [и др.] // Уфа. – 2019. – 104с.

59. Марданшин, И.С. Агротехнологический паспорт сорта картофеля башкирский центрального региона российской федерации / А.Э. Шабанов, А.И. Киселев, Е.А. Симаков, **И.С. Марданшин** // Агро-инновации. – 2019. – № 2 (2). – С. 4-9.

60. Марданшин, И.С. Различия в фенотипическом проявлении гиперчувствительного ответа на отложение яиц колорадского жука у растений картофеля и перспектива его использования в селекции культуры / **И.С. Марданшин**, А.В. Сорокань // Защита картофеля. – 2018. – № 2. С. 14-17.

1. Марданшин, И.С. Особенности технологии выращивания мини клубней картофеля в водной культуре / **И.С. Марданшин** // Защита картофеля. 2016. № 1. С. 23-25.

61. Марданшин, И.С. Использование некрогенетического барьера в селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку/ **И.С. Марданшин** // Защита картофеля. 2016. № 1. С. 20-22.

62. Марданшин, И.С. Современная технология возделывания картофеля в Республике Башкортостан / **Марданшин И.С.** // Методические рекомендации. – Уфа. – 2015. – 72с.

63. Марданшин, И.С. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Республике Башкортостан / Н.А. Коваленко, А.С. Зиганшин, **И.С. Марданшин** [и др.]// Уфа. – 2014. – 70с.

64. Марданшин, И.С. Технология производства клубней картофеля / Д.А. Андрианов, А.Д. Андрианов, **И.С. Марданшин** [и др.] // В книге «Система ведения агропромышленного производства в республике Башкортостан». Издательство «Гелем». – Уфа. – 2012. – С. 201-212.

65. Марданшин, И.С. Технология производства картофеля в Республике Башкортостан / **И.С. Марданшин**, Л.И. Пусенкова // Методические рекомендации. – Уфа. – 2011. – 68 с.

66. Марданшин, И.С. Традиционная селекция -экологичный метод решения проблемы за щиты картофеля от колорадского жука / **И.С. Марданшин**, Р.И. Ибрагимов, И.А. Умаров, Г.В. Беньковская, М.Б. Удалов // Аграрное решение. 2010. № 4. С. 32.

67. Марданшин, И.С. Технология возделывания картофеля / **И.С. Марданшин**, Н.У. Вахитов, Р.Ф. Исаев [и др.] // В сборнике: Аграрная наука - производству. Уфа, 2001. С. 57.

68. Марданшин, И.С. Болезни и вредители на посадках картофеля / А. Нугуманов, Л. Пусенкова, **И. Марданшин** // Сельские узоры. 2000. № 3. С. 9-10.

69. Марданшин, И.С. О механизме действия экологически безопасных препаратов, применяемых в растениеводстве / Р.И. Ибрагимов, **И.С. Марданшин**, Р.Р. Ахметов, Г.Ф. Зайнутдинова, Л.И. Пусенкова // Башкирский экологический вестник. 1999. № 4. С. 26-28.

70. Марданшин, И.С. Картофель / Л.П. Акатьева, **И.С. Марданшин**, Х.Х. Идрисов [и др.] // В сборнике: Система ведения агропромышленного производства в Республике Башкортостан. Уфа, 1997. С. 209-213.

71. Марданшин, И.С. Исследование эффективности биопрепарата "симбионт" и его аналогов в повышении урожая и устойчивости к болезням сельскохозяйственных культур

/ Ш.Я. Гилязетдинов, Н.Р. Бахтизин, **И.С. Марданшин** //В сборнике: Эффективные приемы воспроизводства плодородия почв, совершенствование технологий возделывания, создание и внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур. 1995. С. 337-347.

72. Марданшин, И.С. Агротехнические рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур в Башкортостане. Б.И. Петров, Н.Р. Бахтизин, **И.С. Марданшин** [и др.]. Методические указания. – Уфа, 1994. 118с.

Патенты и авторские свидетельства на селекционные достижения

73. Патент РФ на изобретение RU 2719515 С2, 20.04.2020. N, N'-тетраметилметилендиамин щавелевокислый - эффективное водорастворимое средство с ростостимулирующей и фунгицидной активностью/ **И.С. Марданшин**, У.М. Джемилев, В.А. Дьяконов, Р.И. Хуснутдинов, А.Г. Ибрагимов, Р.Р. Хайруллина, Н.Н. Махмудиярова, А.А. Сахибгареев, Г.Н. Гарипова, А.З. Байметов. Выдан по заявке № 2018129407 с датой приоритета 10.08.2018.

74. Патент РФ на изобретение RU 2072779 С1, 10.02.1997. Индуктор устойчивости пасленовых к возбудителям вирусных болезней/ **И.С. Марданшин**, Л.Н.Трофимец, О.Л. Озерецковская, Ш.Я. Гилязетдинов, Е.Н. Балахонцев, Л.В. Янишевский. Выдан по заявке № 93019503/04 от 14.04.1993.

75. Авторское свидетельство № 34958 на сорт картофеля Башкирский / И.С. Марданшин, Л.П. Акатьева, Л.И. Пусенкова, Е.А. Симаков, И.М. Яшина // ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений» по заявке №9908411 с датой приоритета 22.11.2000.

76. Патент RU2751116 С1, 02.07.2020 Способ выявления реакции сверхчувствительности у листьев растений картофеля на кладки яиц колорадского жука для отбора перспективных гибридов и сортов по признаку устойчивости к данным насекомым/ **Марданшин И.С.**, Савченко Р.Г., Сорокань А.В., Беньковская Г.В. Выдан по заявке № 2020122572 от 02.07.2020.