

На правах рукописи

Михайлова Елена Валерьевна

**ПОВЫШЕНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ПЕРСИКА (*PRUNUS PERSICA* (L.) BATSCH) К ФИТОПАТОГЕНАМ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИММУНОИНДУКТОРОВ**

Специальность 06.01.07 – защита растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»

- Научный руководитель:** **Карпун Наталья Николаевна**
кандидат биологических наук, доцент,
заместитель директора ФГБНУ ВНИИЦиСК
по науке
- Официальные оппоненты:** **Рябчинская Татьяна Алексеевна**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
Метлицкая Клавдия Васильевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»
- Ведущая организация:** ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 220.043.04 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова д. 19, тел./ факс: 8(499)976-21-84.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева и на сайте университета: www.timacad.ru

Автореферат разослан «_____» _____ 201__ года.

Отзывы на автореферат, в двух экземплярах, заверенные печатью организации, с указанием почтового адреса, телефона, электронной почты организации, фамилии, имени, отчества, должности лица, подготовившего отзыв, просим направлять по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова д. 19, тел./ факс: 8(499)976-21-84; e-mail:_____.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Алексей Николаевич
Смирнов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В последние десятилетия разрабатывается наиболее перспективное и экологически безопасное направление в защите растений с использованием препаратов элиситорного действия, повышающих природную устойчивость к фитопатогенам (Андреев, Талиева, 1991; Озерецковская, 1994). Использование иммуноиндукторов в системах защиты растений от болезней показывает многие их преимущества по сравнению с традиционными фунгицидами (Злотников, 2012; Тютерев, 2002). Они не токсичны для человека и окружающей среды и не вызывают резистентности к ним фитопатогенных микроорганизмов (Ильинская и др., 1991). Иммуноиндукторы, действуя опосредованно через растения, обеспечивают разнообразные положительные эффекты: повышение иммунного статуса, усиление ростовых процессов, стимуляция репродуктивных свойств, усиление фотосинтетической активности и др., что в итоге приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур (Рябчинская и др., 2008; Злотников, 2012;). Согласно литературным данным включение иммуноиндукторов в системы защиты растений различных сельскохозяйственных культур может приводить к биологической эффективности сопоставимой с традиционной химической обработкой (Тютерев, 2002; Злотников, 2012; Каширская, Цуканова, 2013; Нагорная, 2013; Леонов, Сокирко, 2015).

Специфика региона влажных субтропиков России заключается в том, что практически вся территория Черноморского побережья Краснодарского края занята организациями санаторно-курортного профиля и густо изрезана речной сетью, поэтому применение традиционных химических пестицидов здесь значительно ограничено или полностью запрещено (Леонов, 2010; Карпун и др., 2016а). Важной проблемой возделывания персика является поражение листьев курчавостью и другими болезнями (Метлицкая и др., 2016), а системы защиты в регионе включают исключительно химический метод (Леонов, 2010). При этом многолетнее использование пестицидов приводит к деградации агроценозов, снижению эффективности применения химических средств защиты и усилению вредоносности фитопатогенов (Карпун и др., 2016д). Установлено, что повышение резистентности *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. к фунгицидам происходит в результате активации гена устойчивости (Ousmane et al., 2013), когда в ответ на попадание пестицидов в организм фитопатогена синтезируются ферменты, обеспечивающие их детоксикацию. Только повышенные дозы фунгицидов, в 2-3 раза превосходящие разрешенные к применению, сдерживают развитие курчавости (Леонов, 2010). Улучшение фитосанитарной ситуации в агроценозах достигается при включении в системы защиты иммуноиндукторов, которые совместно с фунгицидами существенно повышают их биологическую эффективность (Карпун и др., 2016д).

Вследствие этого, во влажных субтропиках России важным вопросом в защите растений является изучение эффективности иммуноиндукторов, стимулирующих природные защитные механизмы культур к воздействию негативных биотических факторов.

Цель исследований – изучить возможность повышения неспецифической устойчивости персика к фитопатогенам при использовании иммуноиндукторов.

Для достижения поставленной цели исследований решались следующие **задачи**:

– выявить степень защитного действия иммуноиндукторов (альбит, иммуноцитифит, экогель и салициловая кислота) от основных грибных патогенов персика (*Taphrina deformans*, *Stigmina carpophila*, *Monilia cinerea*, *Botrytis cinerea*);

– определить влияние иммуноиндукторов на состояние защитных механизмов персика по показателям активности ферментов антиоксидантной системы каталазы и пероксидазы, содержание салициловой кислоты в листьях и интенсивности фотосинтеза;

– установить влияние сортовых особенностей на проявление защитного действия иммуноиндукторов в борьбе с фитопатогенами персика в условиях влажных субтропиков России;

– оценить экономическую эффективность использования иммуноиндукторов в системе защиты персика от болезней.

Научная новизна. Впервые установлено иммуностимулирующее действие альбита, иммуноцитифита, экогеля и салициловой кислоты при применении в чистом виде и совместно с фунгицидами в половинных нормах расхода (делан, скор), обеспечивающее повышение устойчивости персика к фитопатогенам (*Taphrina deformans*, *Stigmina carpophila*, *Monilia cinerea*, *Botrytis cinerea*). Установлено, что в основе развития неспецифической устойчивости при применении иммуноиндукторов лежит активация ферментов антиоксидантной системы защиты каталазы и общей пероксидазы, процесса фотосинтеза и увеличение содержания салициловой кислоты в листьях персика. Установлены различия в проявлении эффективности иммуноиндукторов на отдельных сортах персика.

Теоретическая и практическая значимость. В результате выявления высокой биологической, экономической и хозяйственной эффективности альбита и экогеля по сравнению с другими изучаемыми иммуноиндукторами установлена целесообразность их использования в борьбе с основными болезнями персика в зоне проведения исследований. Рекомендовано включение препаратов-иммуноиндукторов в системы защиты персика от фитопатогенов. Результаты эксперимента могут быть использованы в дальнейших исследованиях и учебно-образовательном процессе при изучении таких дисциплин, как «Защита растений», «Физиология растений».

Методы диссертационного исследования. При проведении всех исследований использовали стандартные и общепринятые агрономические и фитопатологические методики, которые подробно изложены в разделе «Методика исследований» соответствующей главы диссертации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Иммуноиндукторы: альбит, иммуноцитифит, экогель и салициловая кислота повышают устойчивость персика к основным грибным заболеваниям – курчавость (*Taphrina deformans*), кластероспориоз (*Stigmina carpophila*), монилиоз (*Monilia cinerea*), серая гниль (*Botrytis cinerea*), что доказывает целесообразность их использования в системах защиты.

2. Развитие устойчивости персика к фитопатогенам при применении иммуноиндукторов является результатом повышения активности ферментов антиоксидантной системы, увеличения содержания салициловой кислоты в листьях и стимуляции фотосинтетических процессов.

3. Применение иммуноиндукторов позволяет повысить болезнеустойчивость основных сортов персика (Редхавен, Коллинз, Ветеран), возделываемых в условиях региона, снизить вредоносность фитопатогенов и уменьшить расход фунгицидов.

Степень достоверности и апробация результатов работы. Результаты исследований были доложены на ежегодных отчетных сессиях ФГБНУ ВНИИ-ЦиСК (2014-2016), на 11 Всероссийских, международных конференциях, а также на конкурсах и других мероприятиях, в т.ч.: VIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», Краснодар, 2014; The XI international scientific and practical conference «Cutting-edge science – 2015», England; Международный конкурс молодых ученых «Alltech young scientist award 2014-2015 г.» (медаль за третье место в региональном этапе конкурса); Кубанская школа инноваторов, МЦ «Инвентум», Краснодар, 2015; Международная научная конференция молодых учёных и специалистов «Наука молодых – агропромышленному комплексу», Москва, 2016.

Личный вклад автора. Работа является результатом оригинальных исследований. На 90% этапы работы были выполнены лично автором (обзор литературных источников, запланированные опыты и исследования, статистическая обработка данных, обобщение результатов). Разработка программы исследований и выбор необходимых методов исследований выполнены при участии научного руководителя.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 24 научные статьи общим объёмом 5,8 п.л. (в том числе автора – 2,4), в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (1,7 п.л., в т.ч. автора – 0,5), 1 – в журнале, индексируемом БД Scopus (0,8 п.л., в т.ч. автора – 0,27).

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа содержит введение, 4 главы, заключение, включающее выводы и практические рекомендации, библиографический список из 224 наименований, в том числе 73 – иностранных авторов. Работа изложена на 131 странице, содержит 22 рисунка, 18 таблиц, 2 приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность за оказанные содействие и координацию исследований своему научному руководителю – к.б.н., доценту Н.Н. Карпун, коллегам из ФГБНУ ВНИИЦиСК – к.б.н. Э.Б. Янушевской – за методическую поддержку и консультативную помощь на протяжении всего периода исследований, к.с.-х.н. Н.Н. Леонову – за помощь в закладке полевых экспериментов, к.б.н. Л.С. Самариной – за проведение некоторых лабораторных исследований. Автор также признательна к.б.н. А.А. Агумава (ФГБНУ ВНИИ МП) за помощь в диагностике фитопатогенов молекулярными методами.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность и научная новизна исследований, сформулированы их цель, задачи, а также положения, выносимые на защиту.

1 ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ПЕРСИКА ОТ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ (обзор литературы). Приведена характеристика культуры персика и сортов, возделываемых на Черноморском побережье Кавказа, рассмотрены основные грибные болезни персика в регионе влажных субтропиков России и методы защиты от них. Проанализированы основные биохимические механизмы формирования индуцированного иммунитета растений в ответ на действие фитопатогенов, а также опыт и перспективы практического использования иммуноиндукторов.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В главе приводится характеристика почвенно-климатических условий региона, а также метеорологические параметры периода проведения исследований.

Объектами исследований являются наиболее распространенные в зоне влажных субтропиков сорта персика и препараты иммуноиндукторного действия. Основным эксперимент был заложен на персике сорта Редхавен (*Red Haven*), возделывание которого имеет приоритетное значение в хозяйствах Черноморского побережья. Влияние сортовых особенностей на эффективность применения иммуноиндукторов изучалось на основных сортах персика – Коллинз, Редхавен и Ветеран.

С целью изучения защитного действия иммуноиндукторов в борьбе с фитопатогенами персика были использованы препараты: альбит, иммуноцитифит и экогель, зарегистрированные в Списке пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ, а также салициловая кислота, которая рассматривается в качестве ключевого компонента салицилатного сигнального пути, ведущего к развитию в растениях системной приобретенной устойчивости (Ryals et al., 1996). Характеристика иммуноиндукторов приведена в разделе 2.2 диссертации.

Исследования проводили в насаждениях персика Федерального Государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур (далее – ФГБНУ ВНИИЦиСК) в г. Сочи в 2014-2016 гг. Агроценоз персикового сада опытного хозяйства ФГБНУ ВНИИЦиСК является типичным для данного региона и характеризуется интенсивным многолетним пестицидным прессингом на фоне сложных почвенно-климатических условий.

Закладка опыта осуществлялась на фоне однократной обработки бордоской смесью, ВРП (3 %) в период набухания почек. Оценка интенсивности развития заболеваний персика проводилась в соответствии с общепринятой методикой (Долженко, 2009). Схема вариантов полевого опыта включала, помимо испытываемых препаратов и контроля, производственную систему обработок (Делан, ВГ и Скор, КЭ), которая является общепринятой в зоне влажных субтропиков (Игнатова и др., 2016; Карпун и др., 2013). Для оценки агрессивности фитопатогенов во все годы исследований определяли на участке без проведения каких-либо защитных мероприятий и фоновой обработки бордоской смесью.

Схема эксперимента включала 10 вариантов в 6-кратной повторности (повторность – 1 растение):

1. Контроль (обработка водой, без фунгицидов и иммуноиндукторов).
2. Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) д.в. дитианон: 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) д.в. дифеноконазол: 2 обработки).
3. Альбит, ТПС (250 мл/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) – 2 обработки).
4. Иммуноцитифит, ТАБ (0,6 г/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) – 2 обработки).
5. Экогель, ВР (15 л/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) – 2 обработки).
6. Салициловая кислота 2%, Р (650 мл/га) с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) – 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) – 2 обработки).
7. Альбит, ТПС (250 мл/га) без фунгицидов (3 обработки).
8. Иммуноцитифит, ТАБ (0,6 г/га) без фунгицидов (3 обработки).
9. Экогель, ВР (15л/га) без фунгицидов (3 обработки).
10. Салициловая кислота 2%, Р (650 мл/га) без фунгицидов (3 обработки).

Все растения, включенные в эксперимент, находились на фоне промышленного сада в одинаковых условиях произрастания, одинакового возраста, сорта и габитуса кроны. Все обработки проводились в аналогичные сроки на одних и тех же деревьях. Обработки иммуноиндукторами во все годы эксперимента проводили в следующие фенологические фазы развития растений: первая обработка – в начальный период листообразования, вторая обработка – в фазу активного роста и развития листьев, третья обработка – в период формирования плодов (фаза «лещина», размер фундука).

Оценку *интенсивности развития курчавости* осуществляли в динамике через 7 суток после каждой обработки (по 4-балльной шкале). Аналогичную оценку *интенсивности развития кластероспориоза* осуществляли через 1-1,5 месяца после прекращения обработок препаратами. В период сбора урожая персика учитывали распространенность и развитие фитопатогенов на плодах (*Monilia cinerea*, *Botrytis cinerea*) по площади пораженной поверхности (по 5-балльной шкале).

Выделение ДНК патогена из растительных тканей. Листья персика (сорт Редхавен) отбирали с трех разных частей кроны. Геномную ДНК выделяли с использованием метода СТАВ-экстракции нуклеиновых кислот. Качество ДНК проверяли методом электрофореза при 150 V в 1% агарозном геле, приготовленном на основе 0.5 M Трис-борат-ЭДТА буфера с добавлением этидиум-бромиды. Для выявления ДНК *Taphrina deformans* использовали видоспецифичный праймер TDITS1 5'-TCTCCGGATGGGTTTCAA-3' (Tavares et al., 2004). ПЦР амплификация осуществлялась в термоциклере Терцик. Фрагменты ДНК визуализировали в UV-излучении после электрофореза в 1% агарозном геле при 150 V. Ам-

плифицированные фрагменты ДНК вырезали из геля и концентрацию их определяли по методике Y. Sun с коллегами (Sun et al., 2012). Концентрацию и чистоту ДНК измеряли спектрофотометрическим методом на приборе IMPLEN N5.

Активность каталазы и общей пероксидазы в листьях персика определяли в 2015-2016 гг. во всех вариантах опыта по общепринятым в физиологии растений методам (Гунар, 1972; Ермаков, 2005; Рябчинская, 2008).

Содержание салициловой кислоты в листьях устанавливали после первой обработки иммуноиндукторами в 2015 и 2016 гг. (апрель) методом ОФ ВЭЖХ (обращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографии) с диодно-матричным детектированием (на высокоэффективном жидкостном хроматографе Assela-600 с детектором на фотодиодной матрице (США)). Пробоподготовку проводили способом экстракционного вымораживания в поле центробежных сил ЭВЦ (Бехтерев, 2015а,б).

Фотосинтетическую активность в листьях персика устанавливали по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла с помощью лазерного анализатора тканей ЛАТ-2К, который работает в режиме пропускания зондирующего пучка (Будаговский, 2007).

Определение сортовых особенностей формирования болезнеустойчивости персика в результате воздействия иммуноиндукторов проводили в 2015-2016 гг. на сортах: Колинз, Редхавен, Ветеран. Схема проведения исследований аналогична вышеописанной для сорта Редхавен.

Урожайность персика определяли весовым методом в период сбора плодов в третьей декаде июня. Полученные данные обрабатывали методами статистического дисперсионного и корреляционного анализа в программе MSExcel.

3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИММУНОИНДУКТОРОВ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПЕРСИКА ОТ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ В ЗОНЕ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ.

3.1 Защитное действие иммуноиндукторов в борьбе с грибными болезнями персика.

3.1.1 Курчавость листьев персика. В настоящее время в субтропической зоне России наиболее вредоносным фитопатогеном персика является *Taphrina deformans*, который вызывает курчавость листьев.

На протяжении периода исследований определялась динамика развития курчавости листьев персика в агроценозе без защитных мероприятий (табл. 1). Погодные условия 2014-2016 гг. способствовали высокой вирулентности *T. deformans* – развитие болезни достигало 80,2 %.

Таблица 1 – Динамика развития (R, %) курчавости листьев персика на участке с исключением фоновых и иных обработок

Годы observations	Апрель (декады)			Май (декады)			Июнь I
	I	II	III	I	II	III	
2014	21,2±2,6	32,4±2,9	51,3±4,2	78,9±5,1	80,2±6,4	70,5±4,6	61,2±3,1
2015	-	31,6±3,2	58,3±4,8	69,4±4,9	70,5±5,2	66,4±3,3	54,6±3,9
2016	-	29,5±3,9	45,6±6,2	74,5±4,9	73,2±5,1	50,3±4,2	45,5±3,7

Возделывание персика без применения средств защиты из-за интенсивного развития инфекционного процесса (эпифитотии) не представляется возможным.

Поэтому однократная обработка персика 3% бордоской смесью перед началом набухания почек во все годы исследований позволяла существенно снижать вредоносность *T. deformans*. За годы исследований в контрольном варианте с фоновой обработкой 3% бордоской смесью наблюдалась умеренная степень развития курчавости листьев персика. В 2014 г. максимальный уровень развития курчавости составлял 24,8 %, в 2015 г. – 31,2 %, в 2016 г. – 23,1 %.

Включение в обработку персика иммуноиндукторов (альбита, иммуноцитифита, экогеля и салициловой кислоты) повлекло за собой положительный эффект, который выразился в сдерживании развития заболевания (рис. 1, 2). Наилучший результат был достигнут в вариантах опыта с использованием баковых смесей иммуноиндукторов с половинными нормами расхода фунгицидов. Установлено существенное защитное действие фунгицидов совместно с альбитом и экогелем, несмотря на половинные нормы расхода пестицидов по сравнению с производственной схемой защиты.

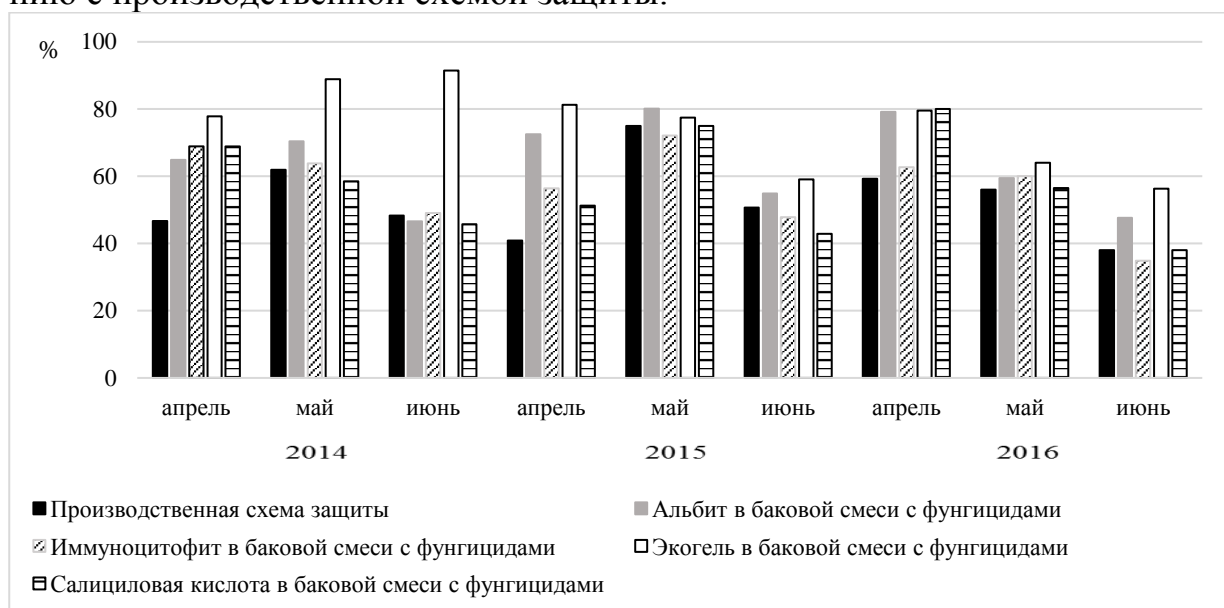


Рисунок 1 – Биологическая эффективность иммуноиндукторов в баковых смесях с фунгицидами в борьбе с *Taphrina deformans* в 2014-2016 гг.

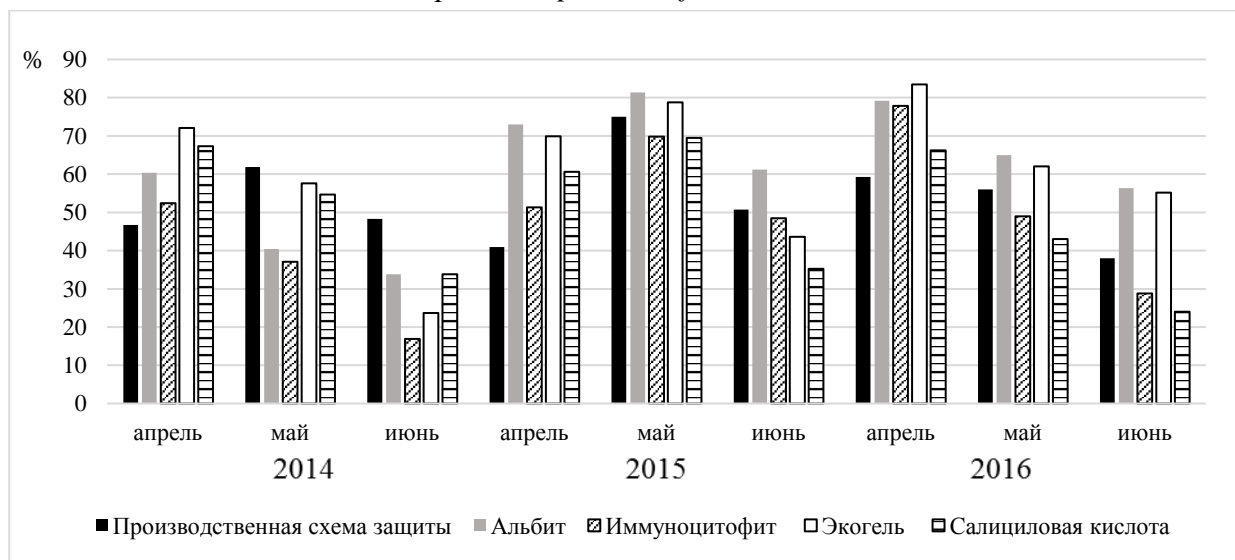


Рисунок 2 – Биологическая эффективность иммуноиндукторов (без фунгицидов) в борьбе с *Taphrina deformans* в 2014-2016 гг.

При использовании экогеля и альбита в чистом виде в первый год исследований защитное действие иммуноиндукторов соответствовало фунгицидам, во второй и третий год – возрастало, что свидетельствует о повышении устойчивости персика. Степень развития курчавости после обработки салициловой кислотой в чистом виде и в смеси с фунгицидами была ниже контрольных значений и соответствовала уровню воздействия фунгицида скор, что свидетельствует о салицилатном пути формирования устойчивости.

Действующее вещество иммуноцитифита является активатором жасмонатного пути индуцирования устойчивости растений к некротрофным фитопатогенам. Несмотря на это, препарат усиливает биоцидные свойства фунгицидов, применяемых в борьбе с *T. deformans*, однако эффект был менее значительным.

Во все исследуемые периоды развития курчавости максимальная биологическая эффективность установлена для баковых смесей альбита и экогеля половинными нормами расхода фунгицидов.

Иммуноиндукторы оказывали влияние на концентрацию ДНК-ампликонов *T. deformans* в листьях персика в период интенсивного развития курчавости. В апреле 2017 г. в период начального развития курчавости были отобраны листья персика для проведения молекулярного анализа присутствия ДНК патогена.

Результаты ПЦР-детекции *T. deformans* в бессимптомных листьях персика показали наличие ДНК возбудителя во всех исследуемых образцах (рис. 3).

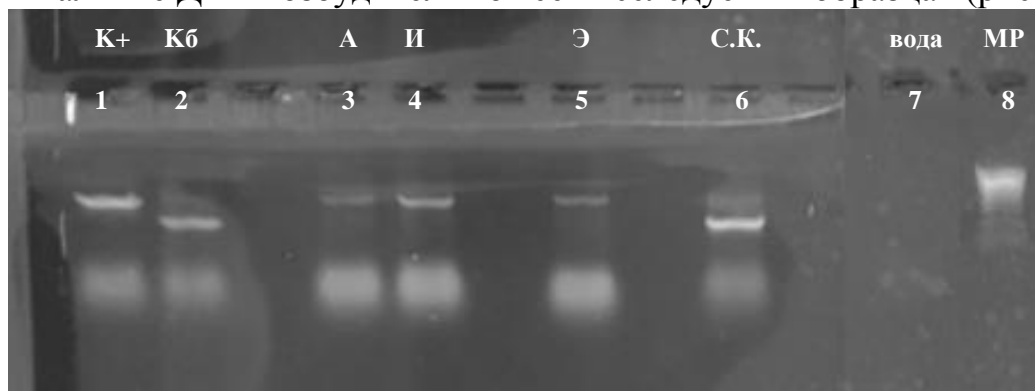


Рисунок 3 – ПЦР-детекция *T. deformans* в бессимптомных листьях персика с использованием видоспецифичных праймеров TDITS1/NL4:

1. Положительный контроль – листья с признаками поражения курчавости; 2. Контроль (без признаков курчавости); 3. Альбит; 4. Иммуноцитифит; 5. Экогель; 6. Салициловая кислота; 7. Отрицательный контроль (вода); 8. МР – маркер размера.

Повышение устойчивости персика к *T. deformans* подтверждается данными по наличию фитопатогена в бессимптомных листьях. При интенсивном поражении (4 балла) установлено высокое количество ДНК *T. deformans* в тканях листьев – 303,5 нг/г ткани. В бессимптомных листьях контроля содержание фитопатогена было ниже и составляло 170,4 нг/г ткани (табл. 2). Полученные данные позволяют предположить, что симптомы курчавости начинают проявляться после достижения определенного уровня концентрации патогена в листьях растения.

Применение иммуноиндукторов не только снижало степень развития курчавости (очевидно, за счет повышения резистентности растений), но и подавляло развитие патогена, что следует из полученных данных по концентрации ДНК-

ампликонов *T. deformans*. После обработки этими препаратами в бессимптомных листьях фиксировалось более низкое содержание фитопатогена по сравнению с контролем (за исключением варианта Салициловая кислота). Наиболее высокий положительный результат наблюдался после обработки альбитом и экогелем.

Таблица 2 – Концентрация ДНК-ампликонов *Taphrina deformans* в бессимптомных листьях персика после обработок иммуноиндукторами, апрель 2017 г.

Варианты опыта	Степень развития курчавости, R, %	Концентрация ДНК-ампликонов <i>T. deformans</i> , нг/г ткани листа
Контроль (листья с симптомами курчавости)	21,0±1,4	303,5
Контроль (бессимптомные листья)		170,4
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	4,8±0,6	86,2
Иммуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	5,1±0,7	120,4
Экогель, ВР (без фунгицидов)	3,8±0,6	84,1
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	7,8±0,8	242,4

Полученные данные позволяют предположить, что применение иммуноиндукторов способствовало активации защитных механизмов, препятствующих непосредственному развитию *T. deformans* в листьях персика.

3.1.2 Кластероспориоз. Второй по значимости болезнью для культуры персика в условиях влажных субтропиков является кластероспориоз, максимальная степень развития которого отмечалась нами в 2014 г. (рис. 4). Этому способствовала высокая влажность и раннее потепление. Наименее выраженное проявление патогенных свойств *S. carpophila* наблюдалось в 2015 г. Интенсивность распространения и развития гриба на листьях персика сдерживала засушливая погода в мае и в первой половине июня. После выпадения обильных осадков в третьей декаде июня поражение листьев кластероспориозом резко возросло. В 2016 г. фиксировалась средняя интенсивность проявления патогенных свойств *S. carpophila*, степень развития болезни возрастала с первой декады мая по июль.

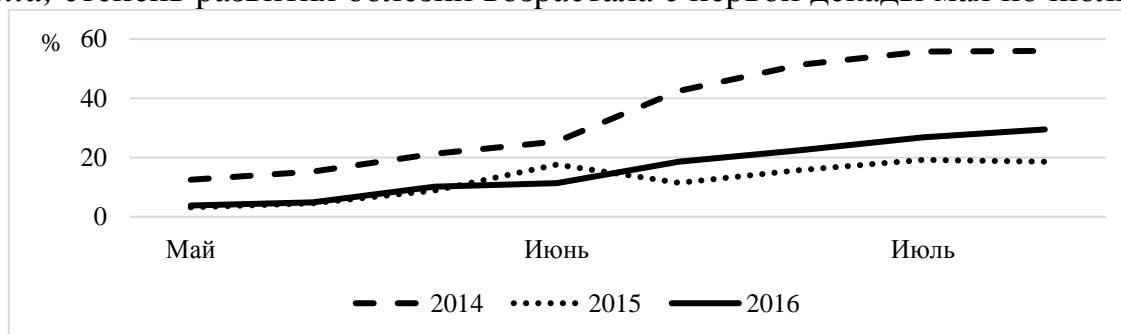


Рисунок 4 – Динамика развития кластероспориоза на листьях персика без обработок фунгицидами и иммуноиндукторами.

Оценка защитного действия применяемых в апреле-мае фунгицидов и иммуноиндукторов проводилась в июле – в период, характеризующийся наиболее интенсивным проявлением болезни. Применение иммуноиндукторов в чистом виде и совместно с фунгицидами приводило к высокой продолжительной резистентности персика к кластероспориозу. Об этом свидетельствует снижение интенсивности развития болезни во всех вариантах через месяц после прекращения обра-

боток. Значения показателей биологической эффективности (рис. 5) подтверждают преобладающую роль высокого иммунного статуса персика в противостоянии кластероспориозу.

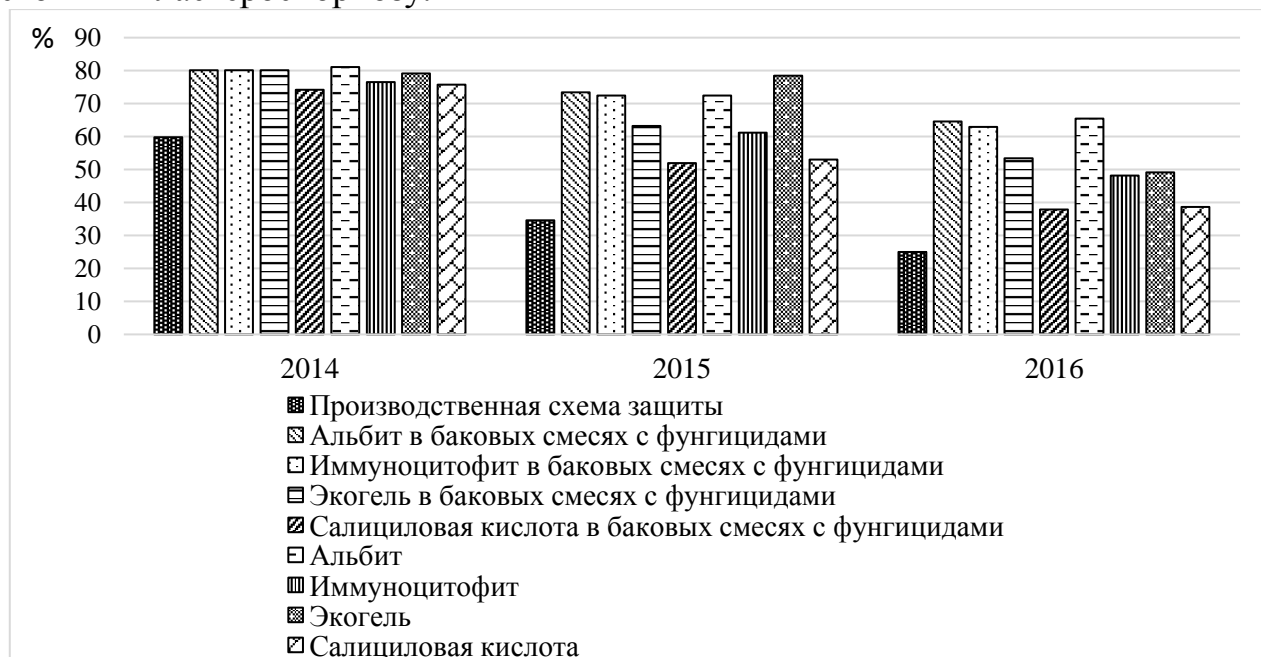


Рисунок 5 – Биологическая эффективность иммуноиндукторов в борьбе с кластероспориозом (*Stigmia carpophila*), июль 2014-2016 гг.

Из изучаемых иммуноиндукторов максимальное защитное действие в отношении кластероспориоза показал альбит, независимо от того, применялся он совместно с фунгицидами или в чистом виде. Иммуноцитифит, экогель и салициловая кислота также повышали биологическую эффективность по сравнению с производственной схемой защиты, при этом эффективность иммуноцитифита и экогеля в чистом виде, в отличие от салициловой кислоты, была несколько ниже, чем в баковой смеси с фунгицидами.

3.1.3 Плодовые гнили. Наиболее распространенными болезнями плодов являются монилиальная (*Monilia cinerea* Bonord.) и серая гниль плодов (*Botrytis cinerea* Pers.) персика. Погодные условия влажных субтропиков в первой и второй декадах июля 2014-2016 гг. способствовали интенсивному поражению плодов персика этими фитопатогенами. В условиях без применения фунгицидов степень развития серой гнили находилась в пределах 15-20 %, монилиоза – 18-25 %.

В контроле, который сопровождался фоновой обработкой бордоской смесью, степень развития *B. cinerea* и *M. cinerea* максимально достигала 16,1 и 13,6 %, соответственно. При этом отмечалась существенная площадь поражения плодов фитопатогенами (3 балла). После трехкратного применения фунгицидов в производственной схеме защиты степень развития гнилей достоверно снизилась по сравнению с контролем. Наилучшие результаты достигнуты в вариантах опыта при совместном использовании фунгицидов с иммуноиндукторами. Подтверждением защитного действия иммуноиндукторов является снижение интенсивности распространенности гнилей плодов персика до двух баллов. В 8 % случаев повреждения плодов восточной плодожоркой не сопровождалось проявлением симптомов болезни, что свидетельствует о повышении устойчивости растений к

возбудителям гнилей. Максимальный защитный эффект был получен при применении альбита в баковой смеси с фунгицидами. Интенсивность защитного действия альбита, иммуноцитифита и экогеля применяемых в чистом виде, выше биоцидного влияния фунгицидов. Эффективность применения салициловой кислоты оказалась ниже по сравнению с другими иммуноиндукторами.

В отношении *B. cinerea* во всех вариантах опыта биологическая эффективность комбинированного действия иммуноиндукторов с фунгицидами была выше результата производственной обработки (рис. 6). Максимальный эффект в борьбе с серой гнилью был достигнут при применении альбита, минимальный – после использования салициловой кислоты.



Рисунок 6 – Биологическая эффективность иммуноиндукторов в борьбе с *Botrytis cinerea* в 2014-2016 гг.

Сохранение высокого иммунного статуса персика при использовании иммуноиндукторов проявлялось в повышенной устойчивости растений и к *M. cinerea* (рис. 7).

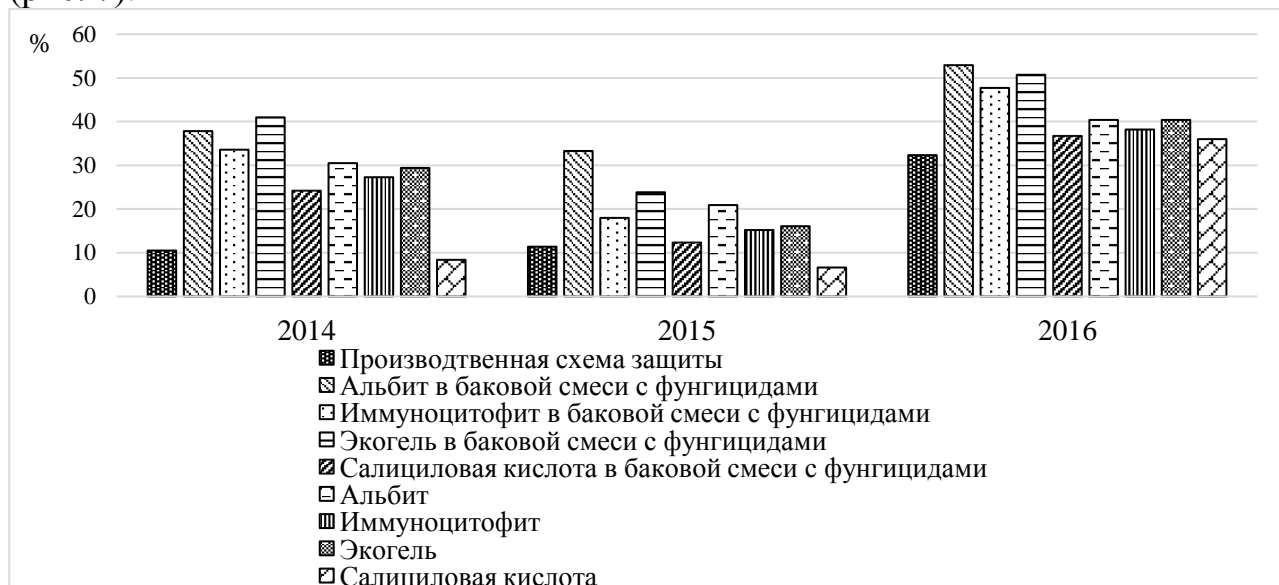


Рисунок 7 – Биологическая эффективность иммуноиндукторов в борьбе с *Monilia cinerea* 2014-2016 гг.

Альбит, иммуноцитифит и экогель в комбинации с фунгицидами приводили к максимальному повышению биологической эффективности по сравнению с салициловой кислотой. Применение альбита, иммуноцитифита и экогеля в чистом виде также показало биологическую эффективность, которая превышала значения, полученные при производственной схеме защиты.

3.2 Влияние иммуноиндукторов на биохимические показатели и фотосинтетическую активность листьев персика.

3.2.1 Ферменты антиоксидантной системы. Повышение активности ключевых ферментов антиоксидантной защитной системы – каталазы и пероксидазы – обеспечивает болезнестойчивость растений к широкому кругу фитопатогенов. Эти ферменты играют определяющую роль в обезвреживании активных форм кислорода, являющихся неотъемлемой частью биотического стресса (Тюттерев, 2002).

В наших исследованиях установлено стимулирующее действие иммуноиндукторов на состояние ключевых ферментов антиоксидантной системы – каталазы и пероксидазы, а также взаимозависимость развития курчавости и уровня активности каталазы (табл. 4).

Таблица 4 – Уровень каталазной активности (КА, млО₂/г ткани) листьев персика при поражении *T. deformans* (R, %), 2015-2016 гг. (апрель)

Варианты опыта	Показатели			
	2015		2016	
	R	КА	R	КА
Контроль	19,3	116	23,1	277
*Производственная схема защиты	11,4	125	9,4	346
**Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	5,3	173	4,8	384
Иммуноцитифит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	8,4	155	8,6	319
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	3,6	190	4,7	363
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	9,4	148	4,6	402
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	5,2	173	4,8	380
Иммуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	9,4	154	5,1	354
Экогель, ВР (без фунгицидов)	5,8	181	3,8	405
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	7,6	161	7,8	349
<i>Коэффициент корреляции</i>	- 0,9336		- 0,9567	

Примечание: *Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) 2 обработки). **Баковая смесь с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) 2 обработки).

Наименьшее значение каталазной активности в листьях персика зафиксировано в контрольном варианте опыта. Применение фунгицидов и иммуноиндукторов во всех случаях оказывало стимулирующее действие на активность данного фермента. Наивысший эффект по результатам трех обработок получен при применении экогеля в чистом виде. Следует также отметить, что, несмотря на нестабильное влияние салициловой кислоты на уровень активности каталазы, по итогу трех обработок ее применение также отличалось высокой эффективностью в отношении этого показателя.

Коэффициенты корреляции указывают на тесную обратную взаимосвязь показателей активности каталазы и развития курчавости.

Существенное значение в повышении устойчивости персика при применении иммуноиндукторов имеет рост пероксидазной активности в листьях растений. Производственная обработка фунгицидами повышала активность этого фермента (табл. 5). Максимальный рост пероксидазной активности во все сроки исследований наблюдался в вариантах применения альбита и экогеля. Варианты с иммуноцитифитом и салициловой кислотой стабильно повышали активность изучаемого фермента только по сравнению с контрольными значениями, но в большинстве случаев были ниже значений, полученных после производственной обработки.

Таблица 5 – Уровень пероксидазной активности (ПА) листьев персика (ед. активности соответствует 10000 ед.опт.пл./г сырой ткани/сек) при поражении *T. deformans* (R, %) 2015-2016 гг. (апрель)

Варианты опыта	Показатели			
	2015		2016	
	R	ПА	R	ПА
Контроль	19,3	32	23,1	45
*Производственная схема защиты	11,4	54	9,4	111
**Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	5,3	115	4,8	163
Имуноцитифит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	8,4	89	8,6	120
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	3,6	145	4,7	141
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	9,4	82	4,6	163
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	5,2	115	4,8	127
Имуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	9,4	84	5,1	125
Экогель, ВР (без фунгицидов)	5,8	145	3,8	163
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	7,6	105	7,8	123
<i>Коэффициент корреляции</i>	-0,9291		-0,9322	

Примечание: *Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) 2 обработки). **Баковая смесь с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) 2 обработки).

Сравнительная оценка интенсивности поражения персика курчавостью с показателями активности общей пероксидазы свидетельствует о наличии обратной корреляционной связи этих критериев, что подтверждает определяющую роль фермента в развитии резистентности растения к *T. deformans*.

Установлено, что характер ответной реакции пероксидазы на действие иммуноиндукторов не зависел от погодных условий, при которых они применялись. Обработка персика альбитом в засушливый период 2015 г., а также при нормальном уровне осадков в 2016 г. приводила к интенсивной стимуляции пероксидазной активности.

Установлено, что высокий уровень антиокислительного потенциала, вызванный иммунизацией препаратами элиситорного действия, позволяет растениям противостоять некротрофному фитопатогену *Stigmia carpophila*. Полученные результаты показали, что максимальный уровень каталазной и пероксидазной активности соответствовал минимальной степени развития кластероспориоза (табл. 6).

Высокая активность окислительно-восстановительных ферментов в тканях листьев персика при применении альбита, экогеля и иммуноцитифита является

одним из главных условий развития неспецифической устойчивости растений, позволяющей противостоять биотическому стрессу.

Таблица 6 – Уровень каталазной (млО₂/г) и пероксидазной (ед. активности соответствует 10000 ед.опт.пл./г сырой ткани/сек) активности листьев персика при поражении кластероспориозом (R, %) 2015-2016 гг. (июль)

Варианты опыта	2015			2016		
	R, %	КА	ПА	R, %	КА	ПА
Контроль	9,8±1,7	116,0±13,0	25,3±7,0	11,6±1,6	168,0±25,4	47,0±10,6
*Производственная схема защиты	6,4±1,2	118,2±25,8	45,1±8,5	8,7±1,3	261,3±17,4	59,4±23,2
**Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	2,6±0,8	170,2±19,0	92,3±8,9	4,1±1,0	341,3±26,8	71,4±26,9
Иммуноцитопит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	2,7±1,2	156,5±10,1	87,6±15,3	4,3±1,2	266,6±17,4	64,8±8,1
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	3,6±1,1	148,5±14,1	62,8±6,2	5,4±1,1	352,0±27,3	64,2±16,7
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	4,7±1,2	122,2±9,1	44,1±17,9	7,2±0,8	347,3±31,8	46,4±10,1
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	2,7±1,2	151,4±9,0	63,0±6,5	4,0±1,2	313,3±12,8	76,0±31,3
Иммуноцитопит, ТАБ (без фунгицидов)	3,8±1,0	137,7±19,5	51,5±8,7	6,0±0,8	237,3±18,0	60,8±18,4
Экогель, ВР (без фунгицидов)	2,1±0,9	178,8±20,4	99,6±8,8	5,9±0,8	356,6±32,4	54,6±20,3
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	4,6±1,9	122,2±9,1	50,5±10,2	7,1±1,6	268,6±33,0	63,0±20,0
<i>Коэффициент корреляции</i>	-	-0,8025	-0,8377	-	-0,6622	-0,7634

Примечание: *Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) 2 обработки). **Баковая смесь с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) 2 обработки).

3.2.2 Содержание эндогенной салициловой кислоты. Одним из ключевых веществ в защитных системах растений является салициловая кислота. Достоверное повышение содержания салициловой кислоты в листьях растений отмечалось только при применении альбита и экогеля баковых смесей с фунгицидами и в чистом виде (рис. 8).

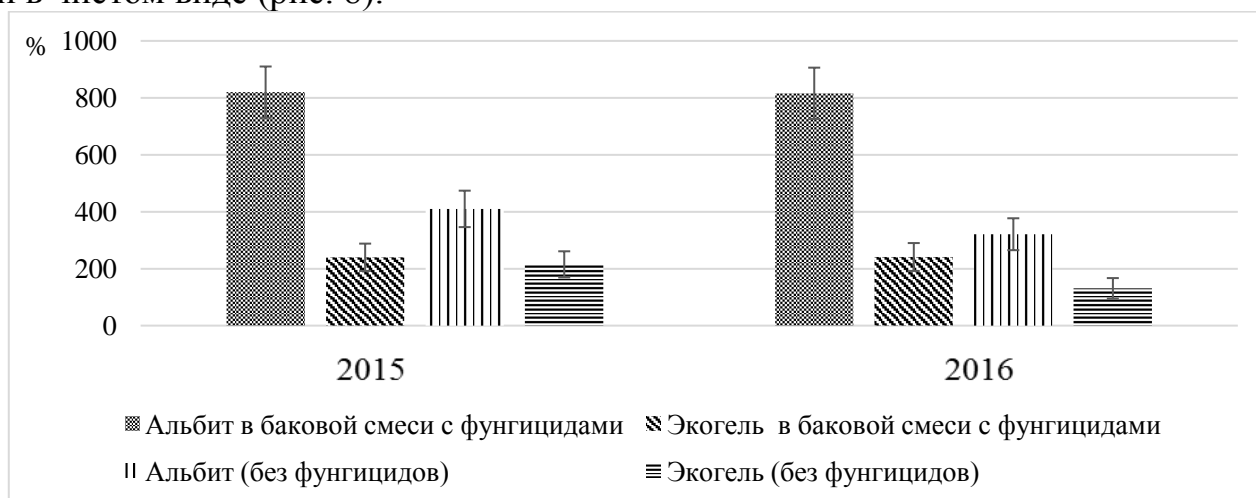


Рисунок 8 – Содержание салициловой кислоты в листьях персика, в % относительно контроля

Максимальный рост этого показателя отмечен в вариантах опыта с альбитом, что соответствует полученным нами данным, подтверждающим высокое иммунизирующее действие этого препарата (Карпун и др., 2016; Karpun et al., 2015). Экогель оказал менее существенное влияние на содержание салициловой кислоты в листьях. Однако ее уровень достоверно превосходил контрольные значения, что подтверждает участие сигнальной салицилатной системы в повышении устойчивости персика к фитопатогенам.

3.2.3 Фотосинтетическая активность листьев персика. Активация фотосинтетических процессов является одним из факторов, обеспечивающих усиление защитной функции организма растений и повышение их устойчивости к внешним негативным воздействиям.

В результате наших исследований установлено угнетающее влияние фитопатогенов *T. deformans* и *S. carpophila* на активность фотосинтеза в очагах поражения листовой пластинки (рис. 9).

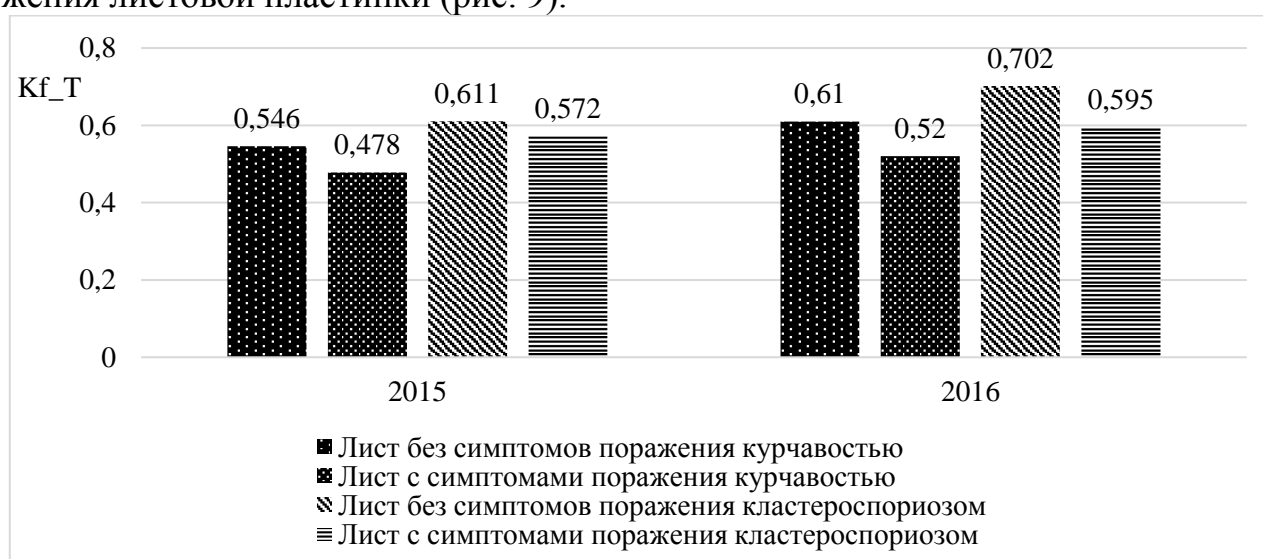


Рисунок 9 – Влияние поражения листьев персика фитопатогенами на показатель фотосинтетической активности «Kf_T»

В 2015 г. показатель фотосинтетической активности «Kf_T» на участках листьев, пораженных курчавостью, снизился на 12,5 %, в 2016 г. – на 14,8 % по сравнению с листьями без признаков болезни. При поражении кластероспориозом угнетение фотосинтетической активности наблюдалось в 2015 г. на 6,4 %, в 2016 г. – на 15,2 %. Обработка персика иммуноиндукторами оказывала активирующее действие на фотосинтез в листьях.

Максимальное стимулирующее влияние на уровень фотосинтетической активности установлено в вариантах с применением альбита и экогеля. Интенсивность показателя фотосинтетической активности «Kf_T» листьев персика после обработки альбитом без фунгицидов увеличилась на 19,0-29,0 %, экогелем без фунгицидов – на 21,0-28,6 % по сравнению с контролем. Менее существенный рост активности фотосинтеза фиксировался после применения салициловой кислоты и иммуноцитофита.

Высокий уровень фотосинтеза сохранялся продолжительное время после прекращения обработок иммуноиндукторами. В начале июля, через месяц после

последней обработки, интенсивность фотосинтеза в 2015 г. во всех опытных вариантах превышала контрольные значения, а в 2016 г. отличия от контроля в вариантах Салициловая кислота + фунгициды, Иммуноцитифит, Салициловая кислота были недостоверными. Наиболее высокий уровень фотосинтетической активности сохранялся в вариантах применения альбита и экогеля.

3.3 Защитное действие иммуноиндукторов в борьбе с фитопатогенами на отдельных сортах персика. Комплекс биохимических процессов, обеспечивающих резистентность персика к абиотическим способствует повышению сопротивляемости растений к фитопатогенам.

В наших исследованиях также отмечены различия сортовых особенностей в устойчивости персика к фитопатогенам *T. deformans* и *S. carpophila* (рис. 10).

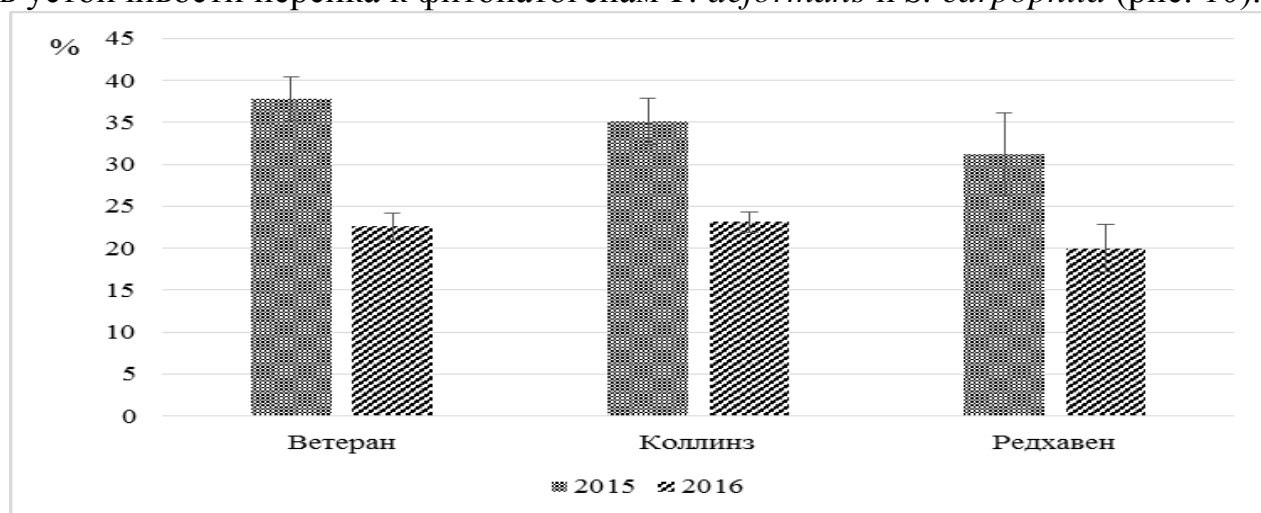


Рисунок 10 – Степень развития (R, %) *T. deformans* и *S. carpophila* на разных сортах персика в контроле в 2015-2016 гг.

В период максимального развития курчавости и кластероспориоза в наименьшей степени этими заболеваниями поражается сорт Редхавен. Более подвержены воздействию фитопатогенов Ветеран и Коллинз. Указанная закономерность фиксировалась независимо от года проведения исследований.

Производственная обработка персика деланом и скором существенно снижала патогенное влияние *Taphrina deformans* (табл. 7). Степень развития болезни в 2015 г. у сорта Ветеран уменьшилась на 69,6 %, Коллинз – на 71,5 %, Редхавен – на 75,0 %. В 2016 г. снижение этого показателя в результате действия фунгицидов было менее значительным.

Относительно курчавости листьев уровень биологической эффективности фунгицидов при обработке разных сортов персика отличался незначительно. Влияния сортовых особенностей на эффективность применения иммуноиндукторов против курчавости листьев персика не выявлено. Максимальный индуцирующий эффект оказывали варианты с использованием альбита и экогеля.

Аналогичные результаты получены при изучении влияния иммуноиндукторов на степень сопротивляемости отдельных сортов персика к некротрофному фитопатогену *Stigmina carpophila*. Наиболее высокой устойчивостью к кластероспориозу отличается сорт Редхавен (табл. 7).

Таблица 7 – Биологическая эффективность и влияние иммуноиндукторов на степень развития (R, %) курчавости листьев и кластероспориоза на разных сортах персика в 2015-2016 гг. (II декада мая)

Варианты опыта	*R, %/БЭ, % 2015 г.			*R, %/БЭ, % 2016 г.		
	Ветеран	Коллинз	Редхавен	Ветеран	Коллинз	Редхавен
Курчавость листьев						
Контроль	37,8 / -	35,1 / -	31,2 / -	22,6 / -	23,1 / -	20,0 / -
**Производственная схема защиты	11,5 / 69,5	10,0 / 71,5	7,8 / 75,0	10,5 / 53,5	11,3 / 51,0	8,8 / 56,0
***Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	8,7 / 76,9	6,5 / 81,4	6,2 / 80,1	8,4 / 62,8	10,4 / 54,9	8,1 / 59,5
Иммуноцитифит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	9,7 / 74,3	9,6 / 72,6	8,7 / 72,1	9,3 / 58,8	11,0 / 52,3	8,0 / 60,0
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	8,0 / 78,8	8,4 / 76,0	7,0 / 77,5	7,5 / 66,8	7,8 / 66,2	7,2 / 64,0
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	8,7 / 76,9	8,7 / 75,2	7,8 / 75,0	9,6 / 57,5	9,3 / 59,7	8,7 / 56,5
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	9,8 / 74,0	7,5 / 78,6	5,8 / 81,4	8,1 / 64,1	9,4 / 59,3	7,0 / 65,0
Иммуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	11,8 / 68,7	13,2 / 62,3	10,4 / 69,8	11,0 / 51,3	10,5 / 54,5	10,2 / 49,0
Экогель, ВР (без фунгицидов)	6,9 / 81,7	8,9 / 74,6	6,6 / 78,8	8,1 / 64,1	8,0 / 65,3	7,6 / 62,1
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	10,1 / 73,2	9,5 / 72,9	9,5 / 69,5	10,2 / 54,8	12,0 / 48,0	11,4 / 43,4
<i>HCP₀₅</i>	1,8	1,7	1,7	1,0	1,1	0,8
Кластероспориоз						
Контроль	14,0 / -	13,8 / -	9,8 / -	19,5 / -	18,9 / -	11,0 / -
*Производственная схема защиты	8,6 / 40,6	7,6 / 44,9	6,4 / 34,6	12,5 / 35,8	9,3 / 50,7	8,6 / 21,8
**Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	4,2 / 71,0	3,0 / 78,2	2,6 / 73,4	6,3 / 67,6	6,5 / 65,6	4,0 / 63,6
Иммуноцитифит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	4,0 / 72,4	3,2 / 76,8	2,7 / 72,4	7,3 / 62,5	5,5 / 70,8	4,2 / 61,8
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	3,7 / 74,4	3,2 / 76,8	2,6 / 73,4	7,0 / 64,1	6,2 / 67,1	4,2 / 61,8
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	5,3 / 63,4	4,8 / 65,2	4,7 / 52,0	7,6 / 61,0	7,3 / 61,3	6,4 / 41,8
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	4,6 / 68,2	3,6 / 73,9	2,7 / 72,4	5,3 / 72,8	6,5 / 65,6	4,6 / 58,1
Иммуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	6,3 / 56,5	5,3 / 61,5	5,8 / 40,8	5,2 / 73,3	6,7 / 64,5	6,3 / 42,7
Экогель, ВР (без фунгицидов)	4,6 / 68,2	3,2 / 76,8	3,1 / 68,3	6,2 / 68,2	7,2 / 61,9	6,2 / 43,6
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	6,4 / 55,8	5,5 / 60,1	4,6 / 53,0	7,5 / 61,3	7,0 / 62,9	6,4 / 41,8
<i>HCP₀₅</i>	0,5	0,6	0,5	0,9	0,8	0,4

Примечание: *R, %/БЭ, % развитие курчавости и биологическая эффективность препаратов с учетом развития болезни. *Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) 2 обработки). **Баковая смесь с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) 2 обработки).

В борьбе с кластероспориозом установлены сортовые особенности формирования устойчивости под действием иммуноиндукторов. Более высокие значения

биологической эффективности отмечаются на сортах персика, менее устойчивых не только к болезням, но и к абиотическим факторам среды (Коллинз и Ветеран).

Серая гниль наиболее интенсивно развивалась в контрольном варианте на сорте Ветеран, который характеризуется поздним сроком созревания и, как следствие, большей восприимчивостью к фитопатогенам. Наименьшая интенсивность болезни фиксировалась на плодах сорта раннего срока созревания – Коллинз. Наиболее устойчивыми к серой гнили являются плоды сорта Редхавен несмотря на то, что они созревают на две недели позже сорта Коллинз (III декада июля). Характер проявления биологической эффективности борьбе с серой гнилью был однотипным на всех сортах персика. Наиболее высокий уровень биологической эффективности применения иммуноиндукторов отмечен на более устойчивом в регионе сорте - Редхавен.

Включение в системы защиты персика иммуноиндукторов повышало устойчивость плодов к монилиозу во всех вариантах опыта. Независимо от сорта наименьшая степень поражения плодов наблюдалась после применения альбита и экогеля в чистом виде и в баковых смесях с фунгицидами. Стабильный положительный эффект достигнут после использования альбита и экогеля в чистом виде и совместно с фунгицидами. Их высокое активирующее действие на повышение иммунитета персика наблюдалось после обработки не только устойчивого к фитопатогенам сорта Редхавен, но и более восприимчивых сортов – Ветеран и Коллинз. При этом наибольшие значения биологической эффективности к монилиозу по вариантам опыта отмечались на сорте Ветеран.

4 ХОЗЯЙСТВЕННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОИНДУКТОРОВ.

Использование иммуноиндукторов в системе защиты персика позволяет снизить нормы расхода фунгицидов в два раза, а также, в годы умеренного развития болезней, применять иммуноиндукторы без фунгицидов.

Для расчета экономической эффективности новой системы защиты персика от болезней были использованы следующие показатели: урожайность; прямые затраты; стоимость препаратов (на 1 га) в ценах 2016 г.; условно чистый доход; рентабельность. Прямые затраты взяты из Технологической карты возделывания культуры персика в зоне влажных субтропиков Краснодарского края за 2016 г. (данные предоставлены отделом экономики, планирования и закупок ФГБНУ ВНИИЦиСК). Результаты расчета представлены в таблице 8.

Рентабельность принятой в хозяйствах региона системы защиты персика составила 73,3 %.

Таким образом, наиболее эффективные варианты систем защиты персика (Альбит в баковой смеси с фунгицидами, Экогель в баковой смеси с фунгицидами, Альбит без фунгицидов) оказались также наиболее рентабельными – 133,9, 87,0 и 90,8 %, соответственно. Повышение рентабельности отмечается за счет повышения урожайности и снижения затрат на препараты, используемые в предложенных системах защиты. Рентабельность вариантов с использованием Иммуноцитифита оказалась на уровне производственной обработки. Остальные варианты показали более низкую рентабельность.

Таблица 8 – Экономическая эффективность новой системы защиты персика от болезней (Сочи, сорт Редхавен, среднее за 2014-2016 гг.)

Вариант системы защиты	Урожайность, ц/га	Прямые затраты, тыс. руб./га		Условно чистый доход тыс. руб./га	Прибыль	Рентабельность, %
		всего	в т.ч. на препараты			
Контроль	40	143995	4200	160000	16005	11,1
*Производственная схема защиты	70	161565	10837	280000	118435	73,3
**Альбит, ТПС в баковой смеси с фунгицидами	99	169316	8018	396000	226684	133,9
Иммуноцитифит, ТАБ в баковой смеси с фунгицидами	72	160132	8674	288000	127868	80,0
Экогель, ВР в баковой смеси с фунгицидами	75	160801	8250	300000	139199	87,0
Салициловая кислота, Р в баковой смеси с фунгицидами	64	156300	7758	256000	99700	63,8
Альбит, ТПС (без фунгицидов)	75	157251	4700	300000	142749	90,8
Иммуноцитифит, ТАБ (без фунгицидов)	66	154627	5356	264000	109373	70,7
Экогель, ВР (без фунгицидов)	54	149829	4932	216000	66171	44,2
Салициловая кислота, Р (без фунгицидов)	47	146787	4440	188000	41213	28,1

Примечание: *Производственная обработка (делан, ВГ (0,7 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,2 л/га) 2 обработки). **Баковая смесь с фунгицидами в половинных нормах расхода: делан, ВГ (0,35 кг/га) 1 обработка, скор, КЭ (0,1 л/га) 2 обработки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

1. Наиболее высокая биологическая эффективность в защите персика от курчавости листьев установлена для баковых смесей альбита (47,6-80,1 %) и экогеля (56,3-91,5 %) с фунгицидами в половинных дозировках. Степень защитного действия альбита и экогеля в чистом виде сопоставима с фунгицидами. На третий год применения биологическая эффективность этих препаратов возростала. Установлено снижение количества ДНК *T. deformans* в бессимптомных листьях персика после обработки иммуноиндукторами.

2. Максимальное противодействие развитию кластероспориоза оказал альбит в чистом виде и с фунгицидами (80,1-81,1 %). Биологическая эффективность иммуноцитифита, экогеля и салициловой кислоты также превосходила результаты производственной схемы защиты. После трех обработок персика иммуноиндукторами неспецифическая устойчивость к патогенам разного типа питания (биотрофам и некротрофам) сохраняется продолжительное время до 1,5-2 месяца.

3. В борьбе с серой гнилью плодов наиболее высокая биологическая эффективность наблюдалась при применении альбита (66,4 %), с монилиозом – эффективны альбит и экогель (48,7-52,9 %). Минимальное значение биологической эффективности в борьбе с плодовыми гнилями фиксировалось при использовании салициловой кислоты.

4. Установлена обратная корреляционная связь между степенью развития фитопатогенов (*Taphrina deformans* и *Stigmina carpophila*) и активностью ферментов антиоксидантной системы – каталазы и пероксидазы (-0,9). Выявлен стабильный индуцирующий эффект исследуемых препаратов в отношении уровня каталазы и пероксидазы вне зависимости от гидротермических условий года.

5. Достоверное повышение содержания салициловой кислоты в листьях растений установлено только в вариантах с альбитом и экогелем, что подтверждает участие сигнальной салицилатной системы в индукции иммунитета.

6. Уровень фотосинтетической активности в листьях персика увеличился во всех вариантах опыта, максимальные значения получены в вариантах с применением альбита и экогеля. Установлено, что наблюдаемый эффект сохраняется на протяжении как минимум месяц после последней обработки.

7. Установлены различия в эффективности применения иммуноиндукторов в баковых смесях с фунгицидами и в чистом виде на сортах персика разного срока созревания. Влияния сортовых особенностей на эффективность применения иммуноиндукторов против курчавости листьев персика не выявлено, против кластероспориоза наибольшая эффективность отмечена на сортах персика, менее устойчивых к негативным факторам среды (Коллинз и Ветеран) – до 72 %, против серой гнили – на сорте, более устойчивом (Редхавен) – до 62 %, против монилиоза – на сорте позднего срока созревания (Ветеран) – до 45 %.

8. Наиболее эффективные варианты систем защиты персика (Альбит в баковой смеси с фунгицидами, Экогель в баковой смеси с фунгицидами, Альбит без фунгицидов) показали также наиболее высокую рентабельность – 133,9, 87,0 и 90,8 %, соответственно. Увеличение рентабельности отмечается за счет повышения урожайности и снижения затрат на препараты, используемые в предложенных системах защиты.

Рекомендации производству

В условиях влажных субтропиков России для сокращения пестицидной нагрузки на агроценозы персика рекомендуется включать в системы защиты препараты иммуноиндукторного действия. Как наиболее эффективные в борьбе с болезнями персика следующие системы защиты:

Фоновая обработка 3 % бордоской смесью по спящим почкам (февраль), после этого обработки по одной из нижеприведенных схем:

– Альбит, ТПС (250 мл/га) с половинными нормами расхода фунгицида: делан 0,35 кг/га – одна обработка, скор 0,1 л/га – две обработки);

– Экогель, ВР (15 л/га) с половинными нормами расхода фунгицида: делан 0,35 кг/га – одна обработка, скор 0,1 л/га – две обработки).

– Альбит, ТПС (250 мл/га) без фунгицидов (три обработки).

Предложенные системы можно применять на сортах персика разного срока созревания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах базы данных Scopus

1. Карпун Н.Н. Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета растений при биогенном стрессе (обзор) / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // С.-х. биология. Сер. Биология растений. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 540-549.

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ

2. Карпун Н.Н. Роль неспецифического индуцированного иммунитета персика в формировании устойчивости к *Tafrina deformans* (Berk.) Tul. / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Плодоводство и ягодоводство России. – 2015. – Т. 43. – С. 146-153.

3. Карпун Н.Н. Влияние альбита и экогеля на развитие системного неспецифического иммунитета персика / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. - №2 (22). - С. 199-202.

4. Карпун Н.Н. Экологическая роль применения экогеля в насаждениях персика / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. – Т. 47. – С. 216-224.

5. Карпун Н.Н. Эффективность применения индукторов устойчивости персика в борьбе с курчавостью / Н.Н. Карпун, **Е.В. Михайлова**, Э.Б. Янушевская, Г.Г. Пантия // Садоводство и виноградарство. – 2016. - № 3. - С. 41-47.

6. Карпун Н.Н. Анализ комплекса вредных организмов в агроценозах южных плодовых культур во влажных субтропиках России / Н.Н. Карпун, **Е.В. Михайлова** // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №06(130). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/24.pdf>. – IDA [article ID]: 1301706024. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-130-024>.

7. Карпун Н.Н. Эффективность применения альбита в борьбе *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. в насаждениях персика на территории Черноморского побережья Кавказа / Н.Н. Карпун, **Е.В. Михайлова**, Г.Г. Пантия, Э.Б. Янушевская // Защита и карантин растений. 2017. - № 8. – С. 18-20.

Публикации в других журналах, сборниках и материалах конференций

8. Янушевская Э.Б. Анализ Современных научных исследований по проблеме иммунитета / Э.Б. Янушевская, Н.Н. Карпун, **Е.В. Михайлова** // Научные исследования в субтропиках России: сб. тр. мол. ученых, аспирантов и соискателей. – Сочи, 2013. – С. 209-216.

9. Карпун Н.Н. Роль препаратов элиситорного действия в системе защиты персика / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. - Вып. 51. - С. 272-276.

10. **Михайлова Е.В.** Применение индукторов устойчивости в системе защиты персика / Е.В. Михайлова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф., 2-4 декабря 2014. – Краснодар, 2014. – С. 321-322.

11. **Михайлова Е.В.** Влияние препаратов элиситорного действия на динамику развития *Taphrina deformans* в насаждениях персика / Е.В. Михайлова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: матер. IX Всерос. конф. мол. ученых. – Краснодар, 2016. – С. 215-217.

12. Карпун Н.Н. Защитные механизмы персика и их роль в повышении устойчивости к курчавости // Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2015. - Вып. 53. - С. 141-143.

13. **Михайлова Е.В.** Эффективность использования иммуноцитифита в системах защиты персика / Е.В. Михайлова // Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства: матер. междунар. науч.-практ. конф., ВНИИСПК, 2-5 июня 2015, - Орел. С. 139-142.

14. **Михайлова Е.В.** Эффективность использования фитоактиваторов в повышении неспецифического индуцированного иммунитета персика / Е.В. Михайлова // Казань. Молодой ученый. – 2015. – № 9.2 (89.2). – С. 41-43.

15. **Михайлова Е.В.** Значение иммунного статуса персика в повышении устойчивости к *Monilia fructigena* Pers. / Е.В. Михайлова, Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: матер. VII междунар. конф. – Краснодар, 2015. – С. 169-171.

16. Карпун Н.Н. Значение иммуностимуляторов в борьбе с курчавостью персика субтропической зоне черноморского побережья / Н.Н. Карпун, Г.Г. Пантия, **Е.В. Михайлова**, Э.Б. Янушевская // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2015. – Т.55. – С. 152-158.

17. Карпун Н.Н. Эффективность иммуноиндукторов в борьбе с фитопатогенами персика / Н.Н. Карпун, Г.Г. Пантия, **Е.В. Михайлова**, Э.Б. Янушевская // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2016. – Вып. 56. – С.132-136.

18. **Михайлова Е.В.** Перспективы использования иммуноиндукторов в системе защиты персика / Е.В. Михайлова // Наука молодых агропромышленному комплексу: матер. конф. – М.: РГАУ-МСХА, 2016. – С. 38-40.

19. **Михайлова Е.В.** Влияние экогеля на повышение устойчивости персика к курчавости / Е.В. Михайлова // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: матер. всеросс. конф. с междунар. участием, Москва, 18-22 апреля 2016 г. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. – С.149-150.

20. Карпун Н.Н. Применение иммуноиндукторов в насаждениях персика с целью повышения устойчивости к фитопатогенам / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Проблемы научного обеспечения садоводства и картофелеводства: сб. тр. науч.-практ. конф., посв. 85-летию ФГБНУ ЮУНИИСК. – Челябинск: ФГБНУ ЮУНИИСК, 2016. – С. 95-106.

21. **Михайлова Е.В.** Действие экзогенной салициловой кислоты на болезнеустойчивость персика / Е.В. Михайлова, Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: проблемы, тенденции и перспективы: междунар. дистанц. науч. конф., 15-31 марта 2017 г. – Челябинск: ЮУНИИСК, 2017. – С. 127-136.

В зарубежных изданиях

22. Karpun N.N. The effectiveness of applying biological preparation Albit® of eliciting effect in peach cultivation technologies / N.N. Karpun, E.V. Yanushevskaya, **Ye.V. Mikhailova** // Cutting-Edge Science - 2015: Materials of the XI Int. sci. and pract. conf., April 30 - May 7, 2015. – Sheffield: Science and Education Ltd, 2015. – Vol. 26 Agriculture. – P. 48-52.

23. Карпун Н.Н. Экологическая целесообразность применения альбита в агроценозах персика / Н.Н. Карпун, Э.Б. Янушевская, **Е.В. Михайлова** // Состояние и перспективы защиты растений: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений» (Минск – Прилуки, 17–19 мая 2016 г.). – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2016. – С. 91-93.

Атласы

24. Игнатова Е.А. Атлас вредителей и болезней косточковых и семечковых культур на Черноморском побережье Кавказа / Е.А. Игнатова, Л.Я. Айба, Н.Н. Карпун, М.Ш. Шинкуба, Ю.Г. Акаба, **Е.В. Михайлова**. – Сочи-Сухум, 2016. – 142 с.