

Алдиба Алаа Шахат Абделаиз Али

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА
ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

06.01.07 – защита растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель:

Еськов Иван Дмитриевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Смирнов Алексей Николаевич,

доктор биологических наук,

профессор кафедры защиты растений ФГБОУ

ВО «Российский государственный аграрный

университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»

Шутко Анна Петровна,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

кафедры химии и защиты растений ФГБОУ ВО

«Ставропольский государственный аграрный

университет»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное

научное учреждение «Федеральный аграрный

научный центр Юго-Востока».

Защита состоится « » 2021 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная площадь, д.1.

e-mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте www.sgau.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Дубровин Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Альтернариоз широко распространен в большинстве районов, где выращивают картофель (сем. *Solanaceae*), но особенно распространен в тропических и умеренных климатических зонах. Эта болезнь представляет потенциальную угрозу там, где картофель выращивается на фоне неравномерного количества осадков и орошения.

Первичное повреждение альтернариозом приводит к преждевременной дефолиации растения. *Alternaria solani* нейтрализуют действие механизмов устойчивости растений, повреждая клетки ускоряет их старение и формирует благоприятное микроокружения для патогена. Физиологические изменения трудно измерить и уровень развития болезни оценивается потерями урожая (Rotem, 1994).

В литературе предыдущих лет (Neergaard, 1945, Harrison and Venette, 1970) приводятся показатели потери урожая в 5-50 %. Часто существует несоответствие между повреждением листвы и потерей урожая, что связано с увеличением распространения болезни в конце сезона, когда большая часть урожая уже снята. При заражении ботвы и клубней картофеля количество и качество товарной продукции снижается, а количество вторичных патогенов увеличивается (Pscheidt 1985). В России наиболее высокий процент вредоносности альтернариоза наблюдается в Прибайкалье, на Дальнем Востоке и Ленинградской области (Ганнибал, 1996)., а так же болезнь широко распространена в Поволжье, где поражает практически все возделываемые сорта картофеля (Шабанова, 2011).

Степень разработанности проблемы. Анализ литературы по данному вопросу свидетельствует об эффективности *Bacillus thuringiensis* (Foldes et. al., 2000; Yazici et. al., 2011; Plebanetal., 1995; Sholberg et. al., 1995) и *Trichoderma sp* (Eladetal., 1980; Roco and Perez, 2001; De Meyer et. al., 1998; Ahmed et. al., 2010; Gveroska and Ziberoski, 2012; Imtiaj and Lee, 2008) в борьбе с бактериальными болезнями растений и повышении урожайности. В то время как, применение *Bacillus thuringiensis* и *Trichoderma sp.* для защиты картофеля от альтернариоза ранее не изучалось. В настоящее время в литературе имеются сведения о применении биологической защиты пасленовых от альтернариоза, на картофеле этот прием не разработан.

Цель исследований заключалась в теоретическом обоснование и усовершенствование биологической защиты картофеля от альтернариоза в Нижнем Поволжье.

В задачи исследований входило

- получение чистой культуры, отбор биоагентов и определение их влияния на прорастание спор и рост мицелия *Alternaria solani*;
- определение влияния различных биоагентов и химических индукторов на степень поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения в защищенном грунте;
- изучение дифференциальной экспрессии генов защиты картофеля;
- определение влияния различных биоагентов на проявление альтернариоза и урожайность картофеля в полевых условиях;
- расчет экономической эффективности возделывания картофеля при биологической защите растений.

Научная новизна исследований. Впервые определена эффективность влияния различных микроорганизмов на интенсивность поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения. Определена дифференциальная экспрессия генов защиты картофеля, уточнены сигнальные механизмы, лежащие в основе реакции

картофеля на гриб *Alternaria solani*, дана оценка проявления защитных генов при воздействии различных биоагентов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическое значение работы заключается в разработке биологической защиты картофеля от альтернариоза. В результате исследований выделены и отобраны микроорганизмы для биоконтроля *Alternaria solani* в нижнем Поволжье. Дано агробиологическое обоснование применения биоагентов и химических индукторов в системе защиты картофеля от альтернариоза и выявлены наиболее эффективные приемы их использования.

Проведена сравнительная оценка эффективности применения биоагентов для предпосадочной обработки клубней картофеля и в период вегетации. Впервые установлена высокая эффективность предпосадочной обработки клубней активаторами болезнеустойчивости- *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*, и двукратное опрыскивание растений в период вегетации (с интервалом 7 дней) против альтернариоза. При этом в зависимости от сорта, товарная урожайность значительно увеличилась.

Уровень рентабельности выращивания картофеля при использовании биоагентов против альтернариоза в зависимости от сорта составлял **93-95%**. Экспериментально доказана эффективность обработки клубней картофеля хитозаном (0,05 кг/т), хитином (0,04 л/т) против альтернариоза.

Объект и предмет исследования. Объект исследований раннеспелые сорта картофеля (Романо, Лабелла), возбудитель болезни картофеля - альтернариоз (*Alternaria solani*). Предметом исследований являлось изучение видового состава микроорганизмов (*Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas mohnii*, *Pseudomonas jessenii*, *Trichoderma sp.*, *Endospore bacterium*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides*, *Pseudomonas brassicacearum*) и химических индукторов (хитин, хитозан, аскорбиновая и салициловая кислоты) для биологического контроля возбудителя альтернариоза картофеля.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на изучении и анализе научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Методы исследований: теоретические – обработка результатов исследований методами статистического анализа; эмпирические – лабораторные анализы и полевые исследования, графическое и табличное отображение полученных результатов.

Степень достоверности. Подтверждается результатами 3-летнего периода проведения исследований с использованием современных методик закладки и проведения полевых опытов, лабораторных анализов и статистической обработкой полученных экспериментальных данных.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на международных научно-практических конференциях «Вавиловские чтения» (Саратов, 2016-2019), «Устойчивое развитие мирового сельского хозяйства» (Саратов, 2016-2019).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 267 страницах стандартного компьютерного текста, иллюстрирована 12 рисунками, 34 таблицами, включает 53 приложения. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, предложений производству. Список использованной литературы, включает 231 источников, в том числе 197 иностранных.

Основные положения, выносимые на защиту:

- получение и отбор биоагентов для биологического контроля альтернариоза картофеля;
- характер и степень влияния биоагентов на прорастание спор и мицелиальный рост *Alternaria solani* и их защитное действие против альтернариоза картофеля;
- влияние применения микробиотических биоагентов на дифференциальную экспрессию генов защиты картофеля;
- особенности влияния биоагентов и химических индукторов для подавления *Alternaria solani* in vitro и in vivo;
- урожайность картофеля в зависимости от сортовых особенностей и применяемых биологических приемах защиты растений;
- экономическая эффективность биологической защиты картофеля от альтернариоза.

Личный вклад автора. Автор непосредственно принимал участие в полевых исследованиях. Лично им выполнены все лабораторные анализы, обобщены полученные результаты, на основании которых сформулированы и обоснованы выводы работы. Рукопись диссертации и заключение редактировались руководителем.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено состояние проблемы, обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи, представлены основные положения, выносимые на защиту, охарактеризованы новизна, практическая и теоретическая значимость исследований.

В первой главе анализируются распространенность и вредоносность болезней картофеля; рассматриваются механизм воздействия грибных и бактериальных биоагентов в борьбе с болезнями растений, а так же влияние химических индукторов на физиологию патогенов и продуктивность растений.

Во второй главе приведены схемы опытов и методика исследований. Представлена характеристика сортов картофеля, биоагентов и химических индикаторов, изучаемых в опыте.

Объектами исследований были: 2 сорта картофеля (Романо и Лабелла); патогенный гриб, вызывающий альтернариоз (*Alternaria solani*), 4 органических вещества в качестве химических индукторов (аскорбиновая кислота, салициловая кислота, хитин и хитозан), 8 микроорганизмов - биоагентов бактериальных (*Flavobacterium sp.*, *Pseudomonas mohnii*, *Pseudomonas jessenii*, *Pseudomonas brassicacearum*, *Endospore bacterium*, *Bacillus thuringiensis* и *Bacillus mycoides*) и грибных (*Trichoderma sp.*) для обработки клубней и опрыскивания растений картофеля in vitro и in vivo.

Лабораторные эксперименты: применяли методы выделения возбудителя болезни и различных биоагентов в чистую культуру из почвы и пораженных клубней и др. тканей картофеля (Priest, 1989; Braun-Kiewnick and Sands, 2001; Barnett and Hunter, 1998) и их идентификацию (Chun et.al., 2007). Культуру патогена *Alternaria solani* поддерживали на искусственной картофельно-глюкозной среде (PDA) и пересеивали каждые 3-4 недели. Был использован - двойной культуральный тест по методике (Chun et. al., 2007) и (Nair and Ellingboe, 1962).

Так же проводили изучения влияние биоагентов на экспрессию генов защиты

картофеля: РНК, выделенную из растительных тканей, использовали для синтеза ДНК первой цепи с использованием обратной - ПЦР (по методике Daayf et al., 1998)

Исследования в защищенном грунте. Изучали влияние биоагентов и распространение альтернариоза картофеля (растения высаживали в горшках в 3-х повторностях для каждой обработки в лабораторных условиях). Через 7 недель для выявления активности биоагентов было применено два разных способа обработки (внекорневое внесение/корневое внесение) сортов картофеля до и после инокуляции возбудителем *Alternaria solani* (по методике James, 1973).

Полевые опыты проводили в 2016-2018 г.г. на полях КФХ «Моисеев А.В.» Базарно-Карабулакского района Саратовской области.

Искусственное заражение альтернариозом проводили по методике Novisel et.al. (2014) и Genzel (2017). Опыт был заложен рендомизированным методом. Площадь одной делянки 20,0 м². Схема посадки 70*30 см. В период вегетации учитывали всхожесть, измеряли высоту, подсчитывали количество стеблей. Во время уборки проводили подсчет количества клубней пораженных альтернариозом. Клубни картофеля с делянки взвешивали. Экономическую эффективность определяли по методике А.В. Голубев, Л.В. Трушина (1994).

Статистический анализ. Экспериментальные данные обрабатывались методами дисперсионных анализов при 95%-м уровне достоверности с помощью программы Microsoft Office Excel 2016, по методике Б.А. Доспехова (1985) и пакета программ по статистике «AGROS».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В третьей главе представлены лабораторные и полевые опыты по изучению влияния биоагентов для биологического контроля альтернариоза картофеля:

Выделение микробных биоагентов в чистую культуру и их идентификация: в общей сложности получены 67 образцов микроорганизмов из селективных изолятов, выделенных из проб почвы и тканей растений картофеля (таблица 1).

Таблица 1 – Идентификация биоагентов выделенных из тканей растений картофеля и почвы для контроля *Alternaria solani*

Органы растений для отбора тканей (селективные изоляты)	Биоагенты	Местоположение отбора образцов
Корень	<i>Flavobacterium sp.</i>	Саратовский район
Побеги	<i>Pseudomonas mohnii</i>	
Клубень	<i>Pseudomonas jessenii</i>	
Ризосфера	<i>Trichoderma sp.</i>	Базарно-Карабулакский район
	<i>Endospore bacterium</i>	
Корень	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Энгельский район
Побеги	<i>Bacillus mycoides</i>	
Клубень	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	

Отметим, что самые эффективные микроорганизмы для контроля альтернариоза картофеля определенные нами в ходе исследований как биоагенты (*Trichoderma sp.*, *Bacillus thuringiensis*) были обнаружены именно в Базарно-Карабулакском районе, где всегда были распространены разные болезни картофеля. Именно в этом районе картофелеводство имело самые большие в Саратовском Правобережье масштабы.

Влияние срока применения микроорганизмов (биоагентов) на рост мицелия *Alternaria solani*. Применение микроорганизмов в разное время приводило к значительному снижению роста мицелия по сравнению с необработанными культуральными средами.

Влияние микроорганизмов на прорастание спор *Alternaria solani*: ингибирующий эффект варьировался в зависимости от вида биоагента, а самый сильный эффект на прекращение роста мицелия был у *Bacillus thuringiensis* (76% снижение прорастания мицелия патогена), чуть ниже у *Trichoderma sp.* (74%) и *Pseudomonas jessenii* (61%) и далее в порядке убывания: *Bacillus mycooides* (53%), *Pseudomonas mohnii* (49%) (рисунок 1).

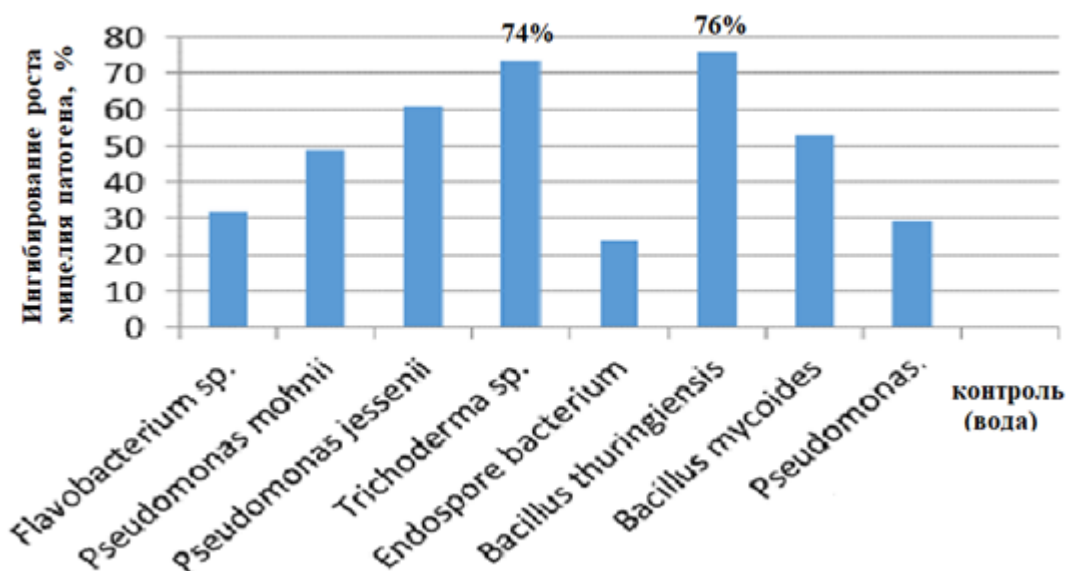


Рисунок 1- Ингибирующее влияние микроорганизмов на рост мицелия *Alternaria solani* in vitro ($F_{\phi} = 92,647 > F_{05} = 2,36$, $HCP_{05} = 7.585$)

Эффект был более выраженным при применении биоагентов за день до инокуляции патогеном и уменьшался при размещении бактериальных и грибных колоний после или одновременно с инокуляцией патогена. Культуральные среды патогена, обработанные *Pseudomonas jessenii* (0.24мм), *Trichoderma sp.* (0.48мм), *Bacillus thuringiensis* (0.64мм), приводили к значительному снижению роста мицелиальных клеток по сравнению с необработанными культуральными средами (таблица 2).

Таблица 2 - Влияние сроков применения микроорганизмов на рост мицелия *Alternaria solani* использованием теста на двойную культуру

Варианты опыта	*Срок применения (дни)			Рост мицелия патогена (мм)	Средний фактор А
<i>Flavobacterium sp.</i>	1			2.13	1.75
	2			1.45	
	3			1.66	
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1			1.24	1.81
	2			2.32	
	3			1.88	
<i>Pseudomonas jessenii</i>	1			0.24	0.47
	2			0.70	
	3			0.48	
<i>Trichoderma sp.</i>	1			0.48	0.91
	2			1.22	
	3			1.04	
<i>Endospore bacterium</i>	1			1.67	1.99
	2			2.22	
	3			2.09	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1			0.64	1.09
	2			1.34	
	3			1.29	
<i>Bacillus mycoides</i>	1			0.98	1.55
	2			2.11	
	3			1.55	
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	1			2.46	1.67
	2			1.07	
	3			1.48	
Контроль (вода)	-			2.80	-
Средний фактор В	1.40	1.69	1.95	-	-

Примечание: * Срок применения: размещение бактериальных и грибных колоний за день до (1), после (2) или одновременно (3) с инокуляцией патогена.

Фактор (А) = вид биоагента; фактор (Б) = срок применения ; фактор (А×Б) = вид биоагента × срок применения.

Для сравнения частных

средних (варианты) $F_{\phi} = 75,15 > F_{05} = 1,63$

$HCP_{05} = 0,241$

Фактор (А): $F_{\phi} = 186,92 > F_{05} = 2,03$

$HCP_{05} = 0,139$

Фактор (Б): $F_{\phi} = 25,96 > F_{05} = 3,09$

$HCP_{05} = 0,080$

Фактор (А×Б): $F_{\phi} = 25,42 > F_{05} = 1,85$

$HCP_{05} = 0,241$

Влияние концентрации инокулята биоагентов на рост мицелия *Alternaria solani*: Эффективность биоагентов в отношении роста мицелия патогена была исследована с использованием различных концентраций в диапазоне 10^4 - 10^6 клеток $мл^{-1}$.

Как правило, биоагенты сильно ингибируют рост мицелия возбудителя по мере увеличения концентрации (таблица 3).

Таблица 3 - Влияние биоагентов на мицелиальный рост *Alternaria solani* в зависимости от различных концентраций (клетки мл⁻¹), примененных за один день до инокуляции

Варианты опыта	Концентрация клетки мл ⁻¹			Рост мицелия патогена (мм)	Средний фактор А
<i>Flavobacterium sp.</i>	10 ⁴			1.23	1.32
	10 ⁵			1.51	
	10 ⁶			1.22	
<i>Pseudomonas mohnii</i>	10 ⁴			1.88	1.29
	10 ⁵			0.97	
	10 ⁶			1.03	
<i>Pseudomonas jessenii</i>	10 ⁴			1.46	1.35
	10 ⁵			1.78	
	10 ⁶			0.81	
<i>Trichoderma sp.</i>	10 ⁴			1.45	0.99
	10 ⁵			0.97	
	10 ⁶			0.55	
<i>Endospore bacterium</i>	10 ⁴			2.06	1.35
	10 ⁵			1.14	
	10 ⁶			0.85	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	10 ⁴			1.19	1.09
	10 ⁵			1.17	
	10 ⁶			0.91	
<i>Bacillus mycoides</i>	10 ⁴			2.14	1.97
	10 ⁵			1.78	
	10 ⁶			1.98	
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	10 ⁴			1.98	1.26
	10 ⁵			1.06	
	10 ⁶			0.74	
Контроль (вода)				2.30	-
Средний фактор В	1.74	1.41	1.15	-	-

Фактор (А) = вид биоагента; фактор (Б) = концентрация (клетки мл⁻¹); фактор (А×Б) = вид биоагента × концентрация (клетки мл⁻¹).

Для сравнения частных

средних (варианты) $F_{\phi} = 64,65 > F_{05} = 1,63$

Фактор (А): $F_{\phi} = 120,09 > F_{05} = 2,03$

Фактор (Б): $F_{\phi} = 176,26 > F_{05} = 3,09$

НСР₀₅ = 0,188

НСР₀₅ = 0,108

НСР₀₅ = 0,063

Фактор (А×Б): $F_{\phi} = 22,97 > F_{05} = 1,85$

НСР₀₅ = 0,188

Влияние биоагентов на рост возбудителя оказалось наиболее высоким у *Trichoderma sp.* (0.55 мм), также хорошие показатели контроля патогена показали *Pseudomonas brassicacearum* (0.74мм) и *Pseudomonas jessenii* (0.81мм).

Влияние различных штаммов микроорганизмов на дифференциальное проявление гена защиты картофеля. В работе проанализированы уровни экспрессии генов PAL-1, PAL-2, PR-1 PR-2 и PR-5 в листьях и корнях сортов картофеля с различной устойчивостью к альтернариозу при обработках биоагентами во временном диапазоне от 0 часов после прививки до 14 дней после прививки. Отмечены общие тенденции дифференциального проявления генов определяющих иммунитет картофеля.

В листьях инокуляция индуцировала экспрессию генов (на примере гена PR-1) в устойчивом сорте (Лабелла), тогда как у восприимчивого Романо не наблюдается никакой реакции. Результаты характера проявления PR-1 гена в ответ на обработку *Trichoderma sp.*, *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas jessenii*, явились доказательством безопасности этих биоагентов для картофеля.

Анализ экспрессии гена PR-1 показал, что в ответ на обработку *Endospore bacterium* у сорта Лабелла выявлена активная реакция, а у восприимчивого сорта выявлена реакция гена на *Pseudomonas brassicacearum*. Наблюдалось раннее повышение PR-1 с последующим устойчивым снижением в вариантах с *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas brassicacearum*, тогда как у *Endospore bacterium* это увеличение произошло только на 14 день после инокуляции. При применении *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas jessenii* в проявлении гена PR-1 не было выявлено существенных различий между сортами, в отличие от применения *Pseudomonas mohnii* и *Endospore bacterium* (рисунок 2). В корнях раннее увеличение экспрессии гена PR-1 с последующим устойчивым снижением наблюдалось в варианте с *Pseudomonas jessenii*, тогда как у *Bacillus mycooides* это увеличение произошло только на 7 дней после инокуляции.

В результате эксперимента не было выявлено существенных различий между сортами при использовании *Endospore bacterium* и *Pseudomonas brassicacearum*, в то время как при обработках *Trichoderma sp* и *Bacillus mycooides* такие различия наблюдались (рисунок 3). Сравнение реакций генов в листьях и корнях восприимчивого и умеренно устойчивого сортов картофеля на изоляты *Alternaria solani* позволило получить новое представление о взаимоотношении патогена и растения, так восприимчивые сорта имеют замедленную защитную реакцию на вторжение патогенов.

Влияние различных биоагентов на интенсивность поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения. Устойчивый сорт (Лабелла) имел низкую степень интенсивности поражения у необработанных растений (контроль) по сравнению с восприимчивым сортом (Романо). Эффективность антагонистов для подавления альтернариоза варьировала в зависимости от сроков и способа применения (таблица 4).

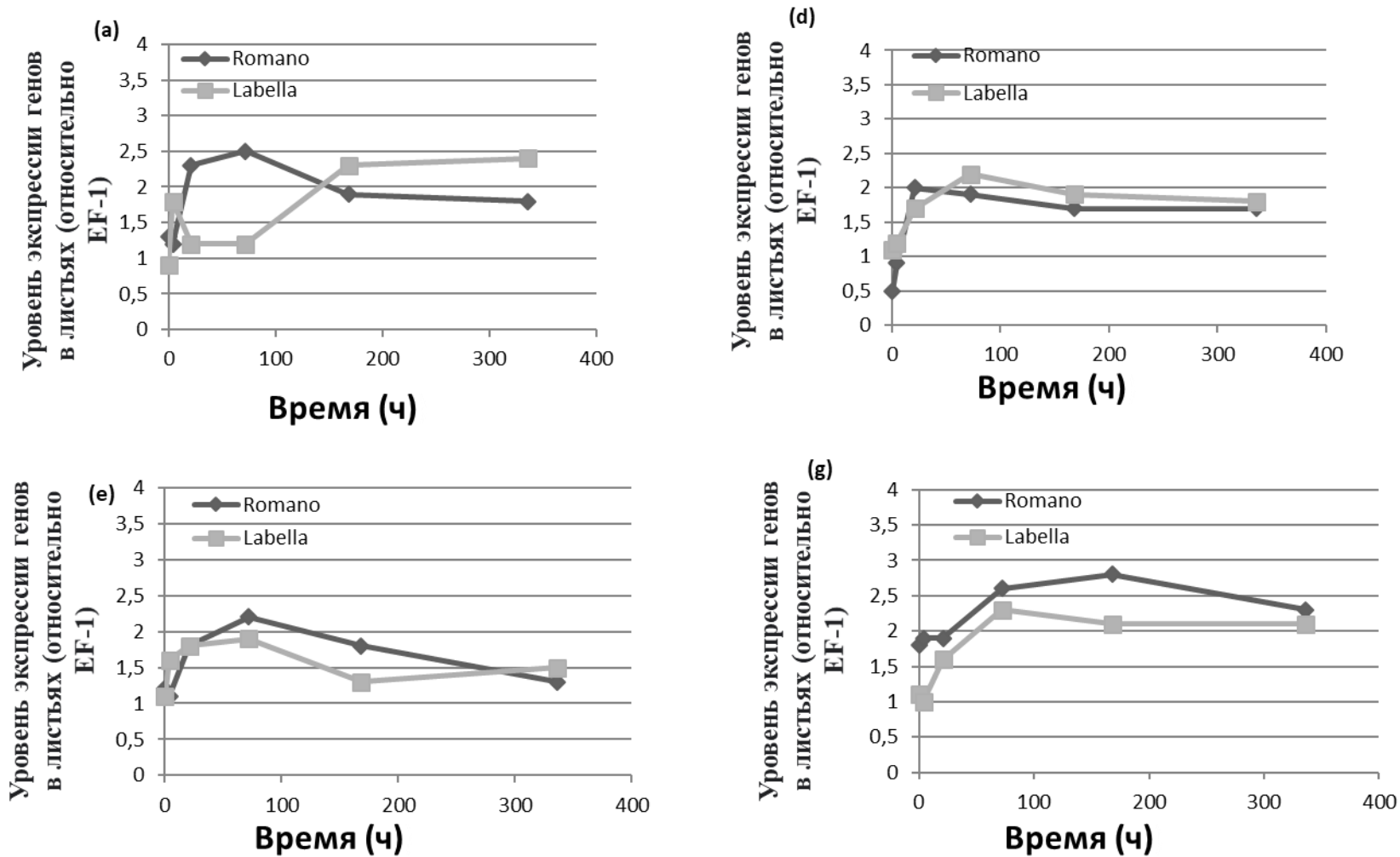


Рисунок 2 - Анализ экспрессии гена PR-1 в листьях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (d) *Pseudomonas jessenii*; (e) *Trichoderma sp.*; (g) *Bacillus thuringiensis*

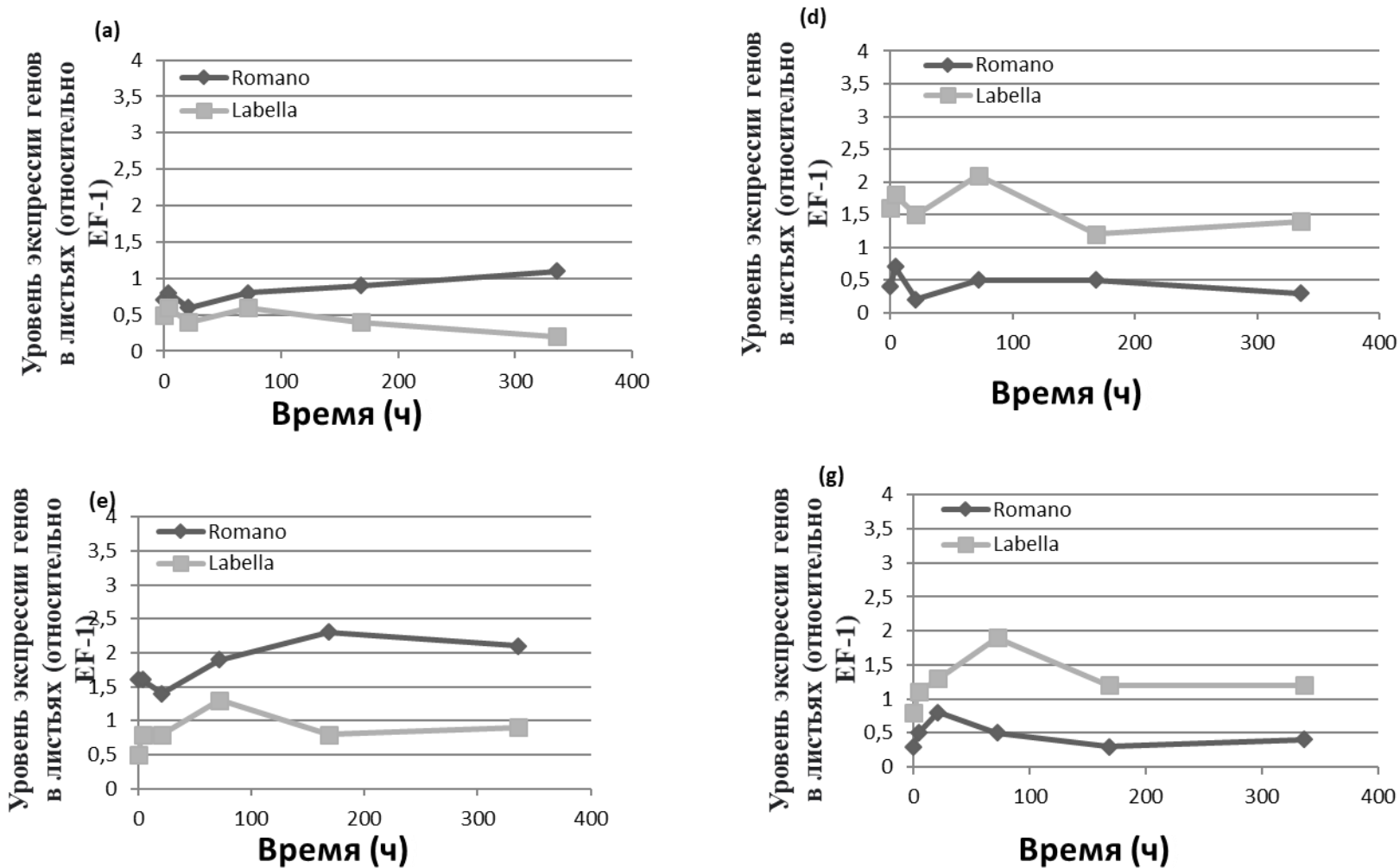


Рисунок 3 - Анализ экспрессии гена PR-1 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (а) контроль; (д) *Pseudomonas jessonii*; (е) *Trichoderma sp.*; (г) *Bacillus thuringiensis*

Таблица 4 - Влияние разных способов применения (внекорневая/корневая) биоагентов на интенсивность поражения альтернариозом

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ / г)	Срок применения (день) *	Интенсивность развития болезни (%)					
			Внекорневое внесение			Корневое внесение		
			Романо	Лабелла	Средний фактор А	Романо	Лабелла	Средний фактор А
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	1	22	22	25.75	16	15	17.75
		2	38	21		24	16	
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	1	19	11	13.50	22	8	17.25
		2	15	9		27	12	
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	1	9	16	14.75	12	15	15.25
		2	17	17		17	17	
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	1	9	2	7.25	2	3	4.25
		2	13	5		6	6	
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	1	31	17	22.25	19	16	20.00
		2	16	25		24	21	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	1	3	3	4.50	10	2	7.50
		2	9	3		16	2	
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	1	5	8	7.00	6	6	6.25
		2	12	3		11	2	
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	1	11	9	13.25	6	9	11.25
		2	18	15		14	16	
Контроль (вода)	-	-	46	16	-	46	16	-
Средний фактор В	-	-	14.39	16.56	-	12.72	16.28	-
Средний фактор С	-	Внекорневое	18.83	12.11	Корневое	18.00	11.00	-

Примечание: Фактор (А) = вид биоагента; фактор (Б) = срок применения; фактор (С) = сорт;

Внекорневое внесение

Для сравнения частных

средних (варианты)

Фактор А

Фактор В

Фактор С

Взаимодействия АВ

» АС

» ВС

» АВС

Корневое внесение

Для сравнения частных

средних (варианты)

Фактор А

$$F_{\phi} = 115,008 > F_{05} = 1,63$$

$$F_{\phi} = 317,67 > F_{05} = 2,03$$

$$F_{\phi} = 40,56 > F_{05} = 3,94$$

$$F_{\phi} = 390,43 > F_{05} = 3,94$$

$$F_{\phi} = 14,40 > F_{05} = 2,03$$

$$F_{\phi} = 85,63 > F_{05} = 2,03$$

$$F_{\phi} = 9,63 > F_{05} = 3,94$$

$$F_{\phi} = 30,39 > F_{05} = 2,03$$

$$HCP_{05} = 2,852$$

$$HCP_{05} = 1,426$$

$$HCP_{05} = 0,672$$

$$HCP_{05} = 0,672$$

$$HCP_{05} = 2,017$$

$$HCP_{05} = 2,017$$

$$HCP_{05} = 0,951$$

$$HCP_{05} = 2,852$$

$$F_{\phi} = 76,618 > F_{05} = 1,63$$

$$F_{\phi} = 200,44 > F_{05} = 2,03$$

$$HCP_{05} = 3,285$$

$$HCP_{05} = 1,642$$

Фактор В	$F_{\phi} = 82,35 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,774$
Фактор С	$F_{\phi} = 319,19 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,774$
Взаимодействия АВ	$F_{\phi} = 3,77 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 2,323$
» АС	$F_{\phi} = 76,77 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 2,323$
» ВС	$F_{\phi} = 15,76 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 1,095$
» АВС	$F_{\phi} = 2,06 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 3,285$

Результаты показали значительное снижение интенсивности заболевания, при применении биоагентов до инокуляции (защитный эффект). Самый лучший результат в опыте: на сорте Романо корневая обработка *Trichoderma sp.* (2%), которая была более эффективной, чем обработка этим биоагентом листьев (9%). Тогда как, на сорте Лабелла внекорневое внесение *Bacillus thuringiensis* (2%) и на сорте Романо *Bacillus mycoides* (5%) было более эффективным, чем внесение в почву.

Влияние различных химических индукторов на интенсивность поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения. Как установлено, устойчивый сорт (Лабелла) имеет более низкую интенсивность заражения по сравнению с восприимчивым сортом (Романо). Эффективность химических индукторов так же как и биоагентов для подавления альтернариоза варьировалась в зависимости от времени и способа применения (таблица 5).

Таблица 5 - Влияние различных способов применения (внекорневое/корневое) химических индукторов на поражение растений картофеля альтернариозом

Варианты опыта	Срок применения (день) *	Интенсивность развития болезни(%)					
		Внекорневое внесение			Корневое внесение		
		Романо	Лабелла	Средний фактор А	Романо	Лабелла	Средний фактор А
Аскорбиновая кислота	1	22	22	25.75	16	15	17.75
	2	38	21		24	16	
Хитин	1	38	17	18.25	3	8	7.81
	2	24	9		15	6	
Хитозан	1	18	3	9.75	5	3	7.00
	2	13	5		14	6	
Салициловая кислота	1	38	17	23	19	16	20.00
	2	16	21		24	21	
Контроль (вода)	-	46	16	-	46	16	-
Средний фактор В	-	23.70	19.40	-	14.62	18.80	-
Средний фактор С	Внекорневое	28.40	14.70	Корневое	21.12	12.30	-

Примечание: фактор (А) = вид индуктора; фактор (Б) = срок применения; фактор (С) = сорт;

Внекорневое внесение

Для сравнения частных

средних (варианты)

Фактор А	$F_{\phi} = 146,284 > F_{05} = 1,74$	НСР ₀₅ = 3,016
Фактор В	$F_{\phi} = 227,89 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 1,508
Фактор С	$F_{\phi} = 81,29 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 0,954
Взаимодействия АВ	$F_{\phi} = 825,17 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 0,954
» АС	$F_{\phi} = 85,57 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 2,133
» ВС	$F_{\phi} = 74,81 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 2,133
» АВС	$F_{\phi} = 60,19 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 1,349
	$F_{\phi} = 64,91 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 3,016

Корневое внесение

Для сравнения частных

средних (варианты)

Фактор А	$F_{\phi} = 148,461 > F_{05} = 1,74$	НСР ₀₅ = 2,768
Фактор В	$F_{\phi} = 406,84 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 1,384
Фактор С	$F_{\phi} = 91,02 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 0,875
Взаимодействия АВ	$F_{\phi} = 406,68 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 0,875
» АС	$F_{\phi} = 6,002 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 1,957
» ВС	$F_{\phi} = 148,17 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 1,957
» АВС	$F_{\phi} = 40,21 > F_{05} = 4,03$	НСР ₀₅ = 1,238
	$F_{\phi} = 9,69 > F_{05} = 2,56$	НСР ₀₅ = 2,768

Для идентификации активности химических индукторов в условиях защищенного грунта на двух сортах картофеля (Романо, Лабелла) до и после инокуляции патогеном сравнивались два разных способа применения (внекорневое / корневое внесение). Результаты показали значительное снижение распространения болезни, когда химические индукторы применялись до инокуляции (защитный эффект). На сорте Романо почвенное применение было более эффективным, чем применение по листьям с использованием хитина, тогда как применение хитозана по листьям было более значительным, чем применение в почву.

Подавление было более выраженным при использовании хитина и хитозана по сравнению с применением аскорбиновой и салициловой кислот.

Полевые исследования. В 2016 -2018 годах в результате изучения влияния обработки картофеля различными биоагентами на всхожесть растений зараженных альтернариозом было установлено, что все варианты оказывали влияние на прорастание растений.

Наибольшая всхожесть растений наблюдалась при обработке клубней *Trichoderma sp.* (99.4% и 100%) на обоих сортах (Романо и Лабелла) по сравнению с контролем и другими вариантами. Обработка *Pseudomonas mohnii* (99.7%) увеличивала всхожесть только на растениях сорта Лабелла, в то время как обработка *Bacillus thuringiensis* (99.5%) увеличивала всхожесть только на растениях сорта Романо.

При уборке урожая распространение болезни у сорта Лабелла меньше, чем у сорта Романо. Обработки картофеля *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* уменьшили распространение альтернариоза на обоих сортах: на сорте Романо 23.0 % и 24,6%, а на сорте Лабелла 17,4% и 20,3% соответственно. Применение *Pseudomonas mohnii* (24.6%) снижает распространение альтернариоза только на растениях сорта Лабелла,

а применение бактерий *Pseudomonas jessenii* (24.0%) и *Bacillus mycoides* (20,1%) сокращает распространение альтернариоза только на растениях сорта Романо (табл. 6).

При изучении влияния применяемых биоагентов на биометрические показатели (высоту растений и количество стеблей) результаты двухфакторного эксперимента показывают, что обработки картофеля *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* показали высокие значения по увеличению размера растений на обоих сортах (на сорте Романо 44,6 и 43,1 см; на сорте Лабелла 47,6 и 42.7 см соответственно).

Обработки *Pseudomonas jessenii* (42.0 см) и *Pseudomonas brassicacearum* (41.5 см) увеличивали высоту растений только на растениях сорта Лабелла, в то время как обработка *Pseudomonas mohnii* (45.0 см) увеличивала высоту растений только на растениях сорта Романо.

Таблица 6 – Влияние различных биоагентов на всхожесть картофеля и проявление альтернариоза при искусственном заражении (в среднем за 2016-2018гг.)

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ / г)	Распространение альтернариоза %		Всхожесть (%)	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	33.5	36.4	92.7	92.3
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	34.5	24.6	93.4	99.7
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	24.0	36.6	94.8	94.0
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	23.0	17.4	99.4	100.0
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	34.1	34.2	95.8	94.4
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	24.6	20.3	99.5	94.5
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	20.1	34.1	95.6	91.9
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	38.4	36.3	92.7	96.2
Контроль	-	57.0	41.9	91.4	92.6

Обработки *Bacillus mycoides* и *Trichoderma sp.* увеличивали количество стеблей только на растениях сорта Лабелла (4.0 шт. и 4.5 шт. соответственно), в то время как обработка *Bacillus thuringiensis* увеличивала количество стеблей только на растениях сорта Романо (3.9 шт.). Количество стеблей у растений, обработанных *Pseudomonas jessenii* (4.0 и 4.4 шт.), было больше, чем в контроле на обоих сортах. (табл. 7).

При изучении влияния биоагентов на урожайность картофеля против болезни, вызванной *Alternaria*, отмечено значительное увеличение общего и товарного урожая (табл. 8).

Таблица 7 – Влияние различных биоагентов на количество стеблей и высоту растений картофеля при искусственном заражении альтернариозом, (в среднем за 2016-2018 гг.)

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ / г)	Высота растений, см		Количество стеблей, шт./ куст	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	32.6	36.6	3.1	3.3
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	45.0	36.4	3.1	3.5
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	33.6	42.0	4.0	4.4
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	44.6	47.6	3.4	4.5
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	31.8	37.5	3.1	3.5
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	43.1	42.7	3.9	3.1
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	34.9	40.0	3.2	4.0
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	34.3	41.5	2.7	3.7
Контроль	-	32.5	34.8	2.6	2.8

Таблица 8 – Влияние различных штаммов микроорганизмов на урожайность картофеля при искусственном заражении альтернариозом, (в среднем за 2016-2018 гг.)

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ / г)	Общая урожайность, т/г		Товарная урожайность, т/г	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	17.1	17.0	15.1	15.5
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	18.0	18.3	16.0	16.3
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	19.4	19.3	17.4	17.4
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	19.8	22.1	18.1	19.8
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	17.0	17.8	15.0	15.9
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	19.6	21.2	17.1	19.2
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	16.4	21.3	14.8	19.0
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	16.8	18.7	14.7	16.4
Контроль	-	15.6	16.9	14.0	15.1

Товарная урожайность у сорта Лабелла была больше, чем у сорта Романо. Применение *Bacillus mycoides* увеличили урожайность общей и товарной продукции только растений сорта Лабелла (21,2 и 19,0 т/га), а применение *Pseudomonas jessenii* значительно увеличило по сравнению с контролем урожайность только на сорте Романо (19,4 т/га и 17,4 т/га).

Обработки картофеля *Trichoderma sp.* увеличили общую (19,8 т/га и 22,1 т/га) и товарную урожайность (18,1 т/га и 19,8 т/га) на обоих сортах по сравнению с другими вариантами опыта. Так же на варианте с *Bacillus thuringiensis* были высокие показатели общей (19,6 и 21,2 т/га) и товарного урожая на обоих сортах (17,1 и 19,2 т/га).

В четвертой главе приведен анализ экономической эффективности (в среднем 2016 - 2018 гг.) возделывания картофеля с использованием биологического приема защиты (применения биоагентов) от альтернариоза (таблицы 9 и 10). В полевых опытах урожайность контрольных вариантов сорта Романо в среднем составила 14,0 т/га, а сорта Лабелла 15,1 т/га.

Таблица 9 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза на сорта Романо (в среднем за 2016-2018 гг.)

Варианты Опыта	Концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основ- ной про- дукции, т/га	Прибав- ка уро- жая с 1 га, т	Затраты, тыс.руб. /га	Чи- стый доход тыс. руб./га	Уро- вень рента- бель- ности, %	Окупае- мость затрат на био- защиту картофе- ля, руб.
Контроль (без обработки)	-	14,0	-	80,0	60,0	75	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	15,1	1,1	81,8	69,2	85	6,1
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	16,0	2,0	81,6	78,4	96	12,5
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	17,4	3,4	81,7	92,3	130	20,0
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	18,1	4,1	81,9	99,1	121	22,8
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	15,0	1,0	81,8	68,2	83	8,3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	17,1	3,1	81,6	89,4	110	19,4
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	14,8	0,8	81,8	66,2	81	4,4
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	14,7	0,7	81,4	65,6	80	5,0

Средняя цена реализации с 1 т., 10 тыс. руб.

Таблица 10 – Экономическая эффективность возделывания картофеля в зависимости от приемов защиты растений от альтернариоза на сорта Лабелла (в среднем за 2016-2018 гг.)

Варианты Опыта	Концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс.руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (без обработки)	-	15.1	-	80,0	71,0	89	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	15.5	0.4	81.8	73,2	90	2,2
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	16.3	1.2	81.6	81,4	100	7,5
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	17.4	2.3	81.7	92,3	113	13,5
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	19.8	4.7	81.9	116,1	142	24,7
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	15.9	0.8	81.8	77,2	94	4,4
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	19.2	4.1	81.6	110,4	135	25,6
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	19.0	3.9	81.8	108,2	132	21,6
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	16.4	1.3	81.4	82,6	101	9,3

Средняя цена реализации с 1 т., 10 тыс. руб.

На вариантах (сорта Романо) с применением защитных обработок (*Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*) против альтернариоза была получена прибавка урожая на 4,1 и 3,1 т/га соответственно, также, при обработке *Pseudomonas jessenii* за счет сохранения урожая дополнительно получено 3,4 т/га.

В опыте на сортах картофеля Романо и Лабелла затраты на обработку картофеля биоагентами варьировали от 1,4 до 1,9 тыс. руб./га.

При использовании *Trichoderma sp.* в защите картофеля от альтернариоза затраты на обработку составили 1.9 тыс. руб./га, а при использовании *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas jessenii* 1.6 тыс. руб./га и 1,7 тыс. руб./га соответственно. Сравнивая затраты при использовании предложенного способа с применением указанных биоагентов для защиты картофеля от альтернариоза с полученными прибавками урожайности, очевидно, что затраты на дополнительное производство в полной мере окупаются.

Чистый доход на вариантах сорта Романо варьировал от 65,6 тыс.руб./га (*Pseudomonas brassicacearum*) до 99,1 тыс.руб./га при использовании *Trichoderma sp.*

На устойчивом к альтернариозу сорте Лабелла варианты с применением бакте-

риальных биоагентов *Bacillus mycoides* и *Bacillus thuringiensis* показали высокую прибавку урожая картофеля (в среднем за три года 3,9 и 4,1 т/га соответственно). В варианте с грибным биоагентом *Trichoderma sp.* получена наибольшая прибавка урожайности на сорте Лабелла (4,7 т/га).

На сорте Лабелла при использовании биоагента *Trichoderma sp.* был получен наибольший чистый доход в опыте 116,1 тыс.руб./га, в то время как чистый доход других вариантов в среднем варьировал от 73,2 до 110,4 тыс.руб./га.

Вне зависимости от сорта картофеля наибольший уровень рентабельности был получен на вариантах с применением биоагентов *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*: на сорте Романо 121% и 110 %, и на сорте Лабелла 142% и 135% соответственно.

Соответственно, можно сделать вывод, что по всем экономическим показателям применение биоагентов *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* по схеме: предпосадочная обработка клубней, а затем опрыскивание растений дважды с интервалом в 7 дней, является наиболее оптимальным и более экономически эффективным по сравнению с контролем и другими вариантами при защите картофеля от альтернариоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в трех основных районах выращивания картофеля в Саратовской области (Саратовский, Энгельсский и Базарно-Карабулакский районы) были выделены и идентифицированы представители родов бактерий *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* и грибов *Trichoderma sp.* из проб почвы и тканей растений картофеля, что позволило получить образцы биоагентов способных контролировать альтернариоз картофеля. Проведён сравнительный анализ эффективности подавления патогена *A. solani* полученными биоагентами в лабораторных (in vitro) и полевых условиях (in vivo).

Показаны существующие различия между антагонизмом к фитопатогену *A. solani* биоагентов *Trichoderma sp.*, *Pseudomonas jessenii* и *Bacillus thuringiensis*, выделенных из почвы и растительных тканей картофеля in vitro. *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* в разных концентрациях заметно ингибировали рост мицелия *Alternaria solani*. Степень подавления роста мицелия, обработанного *Trichoderma sp.* при концентрации 10^6 (КОЕ/мл⁻¹) составила 74%, самый сильный эффект на прекращение роста мицелия был у *Bacillus thuringiensis* (76%).

В варианте с *Trichoderma sp.* также значительно подавлялось прорастание *Alternaria solani*. при различных концентрациях, а при использовании 10^6 (КОЕ/мл⁻¹) почти полностью ингибировал прорастание спор патогена.

В процессе отбора проб в листьях и корнях все пять генов иммунитета картофеля (PAL-1, PAL-2, PR-1, PR-2 и PR-5) показали гораздо более высокое проявление экспрессии на устойчивом к альтернариозу сорте Лабелла, чем на восприимчивым сорте Романо. На примере гена устойчивости PR-1 показано, что в листьях и корнях инокуляция индуцировала экспрессию генов (в т.ч. ген PR-1) в устойчивом сорте

(Лабелла), тогда как у восприимчивого Романо не наблюдалось никакой реакции. Восприимчивые сорта имеют замедленную защитную реакцию на вторжение патогенов.

Эффективность антагонистов для подавления альтернариоза варьировала в зависимости от сроков и способа применения. Значительное снижение интенсивности заболевания проявлялось при применении биоагентов до инокуляции (защитный эффект). При корневом внесении биоагентов самый лучший результат получен в варианте с *Trichoderma sp.* на сорте Романо (интенсивность развития болезни составила 2%); при внекорневом внесении аналогичную эффективность показал вариант *Bacillus thuringiensis* на сорте Лабелла (2%).

При изучении влияние различных химических индукторов на интенсивность поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения установлено, что химические индукторы, как и биоагенты значительно снижают уровень болезни при применении до инокуляции патогеном. Самым эффективным было почвенное применение хитина, тогда как применение хитозана было более эффективным при внекорневом внесении. Подавление инфекции было более выраженным при использовании хитина и хитозана по сравнению с применением аскорбиновой и салициловой кислот.

В полевых условиях распространение альтернариоза на сорте Лабелла было меньше, чем на сорте Романо. Обработки картофеля *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* уменьшили распространение болезни на обоих сортах: на сорте Романо 23,0 % и 24,6%, а на сорте Лабелла 17,4% и 20,3% соответственно. Так же на варианте с *Trichoderma sp.* была наибольшая всхожесть растений (Романо - 99,4% и Лабелла - 100%) по сравнению с контролем и другими вариантами.

Обработки *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas jessenii* оказали наибольшее положительное влияние на увеличение высоты растений (на 36,8% и 28,5%) и количество стеблей (на 46,3% и 55,5%) соответственно по сравнению с контролем.

Общая и товарная урожайности сорта Лабелла была больше, чем у сорта Романо. Применение лучшего варианта в опыте *Trichoderma sp.* увеличило урожайность общей продукции (Романо 19,8 и Лабелла 22,1 т/га), и товарной продукции (Романо 18,1 и Лабелла 19,8 т/га) на обоих сортах.

Проведённый за три года исследований анализ экономической эффективности биоагентов в защите картофеля от альтернариоза показал, что, наиболее высокий уровень рентабельности был отмечен в вариантах *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*: на сорте Романо 121% и 110 %, и на сорте Лабелла 142% и 135% соответственно.

На варианте с *Trichoderma sp.* (на сорте Романо 22,8 руб.) и *Bacillus thuringiensis* (на сорте Лабелла 25,6 руб.) были самые высокие показатели окупаемости биозащитных приёмов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При биологической защите картофеля от альтернариоза следует применять биоагенты *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* по схеме: предпосадочная обработка клубней, опрыскивание растений (начало бутонизации) дважды, с интервалом 7 дней, что позволит увеличить урожайность восприимчивых к болезни сортов на 29%, а устойчивых сортов на 26%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.

1- Необходимо изучить влияние обработки картофеля комбинацией грибного и бактериального биоагентов (*Trichoderma sp.* + *Bacillus thuringiensis*) на развитие альтернариоза и биометрические показатели картофеля в период вегетации.

2- Изучить влияние обработки картофеля комбинацией биоагентов (*Trichoderma sp.* + *Bacillus thuringiensis*) на развитие альтернариоза и на качество клубней картофеля во время хранения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Алдиба А.Ш., Еськов И.Д., Мельников А.В. Биологический контроль альтернариоза картофеля (*Alternaria solani*) микробными антагонистами // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 9. – С. 4–10.
2. Алдиба А.Ш., Еськов И.Д. Влияние обработки различными микроорганизмами на развитие альтернариоза (*Alternaria solani*) и урожайность картофеля // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 3. – С. 4–8.

В прочих изданиях:

3. Алдиба А.Ш. и Еськов И.Д. (2017) влияние некоторых микроорганизмов на возбудителя (*Alternaria solani*) на картофеле. Вавиловские чтения – Саратов, Саратовский ГАУ, ООО (Амирит), 2017, С. 289-291.
4. Алдиба А.Ш. и Еськов И.Д. (2019) выделения характеристика и отбор микроорганизмов для орошения и биоконтроля. Вавиловские чтения – Саратов, Саратовский ГАУ, ООО (Амирит), 2019, С. 188-190.
5. Aldiba, Alaa & Escov, Ivan. (2019). Biological control of early blight on potato caused by *Alternaria solani* by some bioagents. 10.2991/isils-19.2019.1.