

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Алдиба Алаа Шахат Абделаиз Али

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

Специальность 06.01.07 – защита растений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель -
доктор с.-х. наук, профессор
Еськов Иван Дмитриевич

Саратов - 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1.Болезни картофеля	11
1.2.Биологический контроль альтернариоза картофеля.....	15
1.2.1. <i>Trichoderma spp.</i>	18
1.2.2. <i>Bacillus spp.</i>	24
1.2.3. <i>Pseudomonas spp.</i>	29
1.2.4.Химические индукторы.....	34
2.УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	43
2.1. Характеристика места и условий проведения исследований.....	43
2.2. Погодные условия в годы проведения опытов.....	50
2.3.Материалы и методы проведения исследований.....	53
2.3.1. Материалы исследования.....	53
2.3.2. Методы исследования.....	54
2.3.2.1. Лабораторные опыты.....	55
2.3.2.2. Исследования в защищенном грунте (в теплице).....	63
2.3.2.3. Полевые опыты.....	71
3.РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	73
3.1.Лабораторные опыты.....	73
3.1.1. Выделение микробных биоагентов в чистую культуру и их идентификация.....	73
3.1.2. Влияние биоагентов на прорастание спор и мицелиальный рост <i>Alternaria solani</i>	75

3.1.3. Влияние биоагентов на дифференциальное проявление гена защиты картофеля от <i>Alternaria solani</i>	79
3.2. Защищенный грунт. Влияние приемов биологической защиты на интенсивность поражения картофеля альтернариозом.....	98
3.2.1. Биоагенты (вегетативное размножение картофеля).....	98
3.2.2. Химических индукторы (вегетативное размножение картофеля)...	100
3.2.3. Биоагенты (клоновое размножение картофеля).....	102
3.2.4. Химические индукторы (клоновое размножение картофеля)	107
3.3. Полевые опыты	114
3.3.1. Влияние способа применения биоагентов на всхожесть картофеля.....	114
3.3.2. Влияние биоагентов на биометрические показатели растений картофеля.....	116
3.3.3. Влияние способа применения биоагентов на подавление альтернариоза и урожайность картофеля.....	119
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	136
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	138
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	140
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является одной из важнейших продовольственных и товарных культур в России и за рубежом. Картофель восприимчив к широкому кругу болезней, в том числе к альтернариозу, из-за изменчивости симптомов эту болезнь трудно идентифицировать поэтому она имеет разные названия (макроспориоз, ранняя сухая пятнистость, бурая пятнистость паслёновых) (Пересыпкин, 1990; Станчева, 2003). Средние потери урожая картофеля от альтернариоза в мире составляют 5% в год. В отдельные годы пораженность растений альтернариозом достигает 100%, а урожайность снижается в диапазоне от 5 до 78% (Fontemet. al., 1996).

Болезнь распространена повсеместно, степень развития определяется географическим положением, почвенно-климатическими и погодными условиями, а также устойчивостью районированных сортов картофеля. Кроме картофеля это опасная болезнь картофеля может проявляться и на других растениях. В России наиболее высокий процент вредоносности наблюдается в Прибайкалье, на Дальнем Востоке и Ленинградской области (Ганнибал, 1996). Альтернариоз картофеля широко распространен в Поволжье, где поражает практически все возделываемые сорта картофеля, причем его распространенность находится в отрицательной корреляционной зависимости от температуры июня и августа. Развитие болезни меньше зависит от погоды, чем распространение (Шабанова, 2011).

Химическая защита картофеля от фитопатогенного гриба *Alternaria solani* не всегда эффективна, и в настоящее время наблюдается тенденция к снижению использования синтетических пестицидов в растениеводстве. При экологически безопасном подходе к возделыванию сельскохозяйственных культур, биологический контроль болезней картофеля может стать важным компонентом интегрированной системы защиты этой ценной продовольственной и рентабельной культуры.

Механизмы действия, лежащие в основе биоконтроля, включают либо непосредственное уничтожение патогена, либо угнетение патогена путем конкуренции за трофические ресурсы, используя индуцированную неспецифическую устойчивость растения-хозяина (Bellows et al., 1999).

Широкое и неизбирательное применение синтетических фунгицидов стало причиной развития резистентности к патогенам растений, что привело к возникновению устойчивых форм патогенов и как следствие снижению эффективности защитных мероприятий. В связи с этим возрастает интерес к получению альтернативных, экологически чистых методов защиты растений от болезней (агентов биоконтроля) для использования в производстве сельскохозяйственных культур. Биоагенты с признанным антимикробным спектром обычно используются в системах консервации пищевых продуктов в качестве основных антимикробных соединений или в качестве адъюванта, соединений или комплекса веществ, используемых для усиления иммунного ответа при введении одновременно с иммуногеном, а также для улучшения действия других антимикробных соединений. Хотя пестициды являются наиболее эффективным и быстрым решением большинства проблем, связанных с болезнями, они могут ускорить деградацию экосистем и вызвать устойчивость к патогенам.

При изучении механизмов межвидовых отношений при использовании биологических методов защиты растений необходимо устанавливать и оценивать значимость взаимосвязей между распространением, степенью развития болезни и биологическими факторами контролирующими патоген (Borneman and Becker, 2007).

Биологический контроль с использованием микроорганизмов для подавления болезней растений представляет мощную альтернативу использованию синтетических препаратов (Howarth, 1991; Osburnetal., 1995). Очень важно отметить эффективность использования в растениеводстве

экологически и гигиенически безопасных методов защиты растений. Развитие устойчивости к опасным болезням сельскохозяйственных растений и проблемы загрязнения окружающей среды из-за чрезмерного использования пестицидов являются основными причинами усиления роли биологического метода в защите растений.

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 проращивание 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 проявление защитных генов при воздействии различных биоагенов.

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 биоагенов против альтернариоза в зависимости о сорта составлял **80-142%**. 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, 29 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.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Болезни картофеля

В России картофель поражают две основных болезни - альтернариоз и фитофтороз. Ежегодные потери от них в случае проявления эпифитотий могут составлять 40 и 70 % соответственно (Васильченко, Смирнов, 2018). Необходимы защитные мероприятия, направленные на профилактику распространения и подавление всех вредоносных организмов в комплексе. Для оптимизации проведения этих мероприятий необходимо учитывать биологические особенности патогенов (Деревягина и др., 2007).

Сейчас в России практически отсутствуют зоны картофелеводства, свободные от опасных вредителей и патогенов. Это делает картофель весьма уязвимой культурой, требующей больших затрат сил и средств на проведение защитных мероприятий. В системах интегрированной защиты картофеля от вредоносных объектов важная роль должна принадлежать возделыванию устойчивых сортов, что во всех случаях

Следовательно, в картофелеводстве особенно важно применение научно обоснованных зональных систем интегрированной защиты растений, базирующихся на возделывании устойчивых сортов, как основного фактора регуляции и фитосанитарной стабилизации агробиоценозов. Это обеспечивает снижение пестицидной нагрузки на агроэкосистемы, способствует получению незагрязненной продукции и энерго- и ресурсосбережению (Вилкова Н.А. , 1980).

Распространение и развитие болезней определяется взаимоотношениями между патогеном и растением-хозяином, происходящими на фоне определенных условий внешней среды. Одни и те же факторы по-разному влияют на паразита и хозяина. Они могут быть благоприятны для одного и

вредны для другого. Успех заражения зависит от количества и качества инфекционного начала, которое позволяет преодолеть защитный барьер, а также от того, насколько условия среды влияют на повышение агрессивности фитопатогена, способствуют его проникновению в ткани культурного растения и уменьшают устойчивость растительного организма. В свою очередь, агрессивность патогена, как отражение краткосрочной жизнеспособности может служить первым решающим фактором во взаимодействии паразит-хозяин, а вторым будет способность растения противостоять патогену, что обычно обусловлено сортовой устойчивостью. С этими двумя факторами связывают развитие альтернариоза и фитофтороза картофеля.

Сейчас селекция культуры на устойчивость к альтернариозу только начинает развиваться, так как из-за потепления климата в последние годы это заболевание получило широкое распространение (Ганнибал, 2011). Количество исследований по этой болезни значительно меньше, чем по фитофторозу картофеля, хотя встречаемость и вредоносность обеих болезней в настоящее время сопоставима.

Наиболее опасные и распространенные грибы рода *Alternaria*: *A. solani* Sorauer и 3 мелкоспоровых вида *A. alternata* (Fr.) Keissl, *A. infectoria* E.G. Simmous и *A. tenuissima* (Kunze) Wiltshire (Анисимов Б.В., и др., 2009).

Согласно Пересыпкину В.Ф. (1990), возбудители альтернариоза картофеля - грибы *Alternaria solani* Sorauer и *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl относятся к царству Fungi, отдел Ascomycota, класс Ascomycetes, подкласс Deuteromycota, порядок Nyphomycetales.

Объемное исследование возбудителей болезней картофеля произведено в условиях Курганской области, в результате проведенных исследований выявлены заболевания картофеля и их возбудители: ранняя сухая пятнистость картофеля, возбудители - грибы *Macrosporium solani* Ell et Mart и *Altemaria solani* Sor, фитофтороз, возбудитель - гриб *Phytophthora infestans* Mont de Bary,

ризоктониоз (черная парша), возбудитель - гриб *Rhizoctoma solani* Kuhn, мокрая гниль на клубнях картофеля, возбудители - комплекс грибов и бактерий, парша обыкновенная, возбудитель - актиномицет *Streptomyces scabies* Walk, et Henr, а также вирусные инфекции (Полковникова В.В., 2019).

По эпифитотиологической классификации *Macrosporum solani* Ell et Mart, *Altemaria solani* Sor и *Phytophthora infestans* Mont de Bary отнесены к г-стратегам группы листо-стеблевых инфекций, *Rhizoctoma solani* Kuhn и *Streptomyces scabies* Walk et Henr - К-стратегам группы почвенных инфекций, а вирусные - к гК-стратегам группы трансмиссивных инфекций. Отмечено, что возбудители болезней имеют различную органотропную специализацию: *Phytophthora infestans* поражала вегетирующие органы и клубни, *Macrosporum solani* Ell et Mart и *Altemaria solani* Sor - листья и стебли, *Streptomyces scabies* проявлялся только на клубнях (Полковникова В.В., 2019).

В проявлении альтернариоза на картофеле и в его развитии огромную роль играют факторы внешней среды, влияя как на патоген, так и на растение-хозяина. Поэтому выявление биологических особенностей возбудителей болезни необходимо проводить в каждом районе возделывания культуры, так как они изменяются под влиянием абиотических факторов, а главным образом климатических и агротехнических условий.

Доказано, что температура, влажность, свет и реакция среды оказывают существенное влияние на рост и активность патогена (Козловский, Филиппов, 2007). Температура - один из главных факторов, определяющих распространенность и развитие патогенов, которые способны сохранять жизнеспособность и инфекционность при широкой амплитуде температур — от 0,7 до 37,5°C. По этому признаку оба возбудителя болезни относятся к группе мезофиллов. Минимальная температура, при которой возможно развитие обоих возбудителей альтернариоза, составляет 0,7 - 2,0 С; максимальная - 36 - 37,5°C. Оптимальные условия складываются при 18 - 22°C; для *A. alternata* — при 22 -

26°C. Максимальный порог сохранения жизнеспособности у обоих видов составляет +47°C; минимальный - 35°C (Иванюк и др., 2005).

Значение влажности в развитии патогенов превосходит роль температуры, хотя ее влияние сказывается в течение короткого времени (Акимова, Е.Е., Минаева, О.М., 2009).

Для возникновения и развития болезней альтернариоза большое значение имеет количество инфекции, сохраняющееся к началу вегетации растений-хозяев. Вспышка болезни наиболее вероятна в тех случаях, когда патогены вследствие своих биологических особенностей и условий среды в массе перезимовывают, не теряя своей инфекционности к моменту наступления благоприятных для его развития условий (Живых, Говоров, 2010).

Альтернариоз картофеля (*Alternaria alternata* (Fr.)Keissl.) - очень опасная болезнь, способная наносить огромный ущерб. Болезнь проявляется на сортах картофеля с разным уровнем полевой устойчивости (Козловский, Филиппов, 2007).

Конидии *A. alternata* встречаются часто и способны смешиваться как с *P. infestans*, так и с другими патогенами (Смирнов и др., 2015). Они образуют патоконтакты, в пределах которых вступают в различные взаимоотношения (от конкуренции до синергизма), тип которых может определяться интенсивностью (концентрацией) инфекционных нагрузок патогенов (Смирнов, Кузнецов, 2006).

Агрессивность патогенов определяется как проявление краткосрочной жизнеспособности, это критическое свойство, позволяющее преодолевать полевую устойчивость картофеля (Смирнов и Кузнецов, 2006). Такое взаимодействие в современных патосистемах с участием разных растений-хозяев и патогенов носит принципиальный характер, так как другой компонент краткосрочной жизнеспособности - вертикальная устойчивость растений в основном преодолевается, появление новых комплементарных рас патогена ликвидирует ее.

Многолетние исследования показали, что AVR-гены способны аккумулироваться в популяциях возбудителя болезни картофеля и без контакта с растениями, содержащими комплементарные гены. Определение агрессивности этих патогенов позволит оценивать листовую и клубневую устойчивость, а также потенциальную угрозу для разных сортов картофеля и моделировать потери (Смирнов, Кузнецов, 2006).

По мнению Приходько Е.С. (2019) эффективность биологического подхода в борьбе с альтернариозом на фоне эпифитотийного развития листовых патогенов грибного происхождения не известна. Также недостаточно изучено в каких метеоусловиях возможно подобное развитие патогенов из родов *Alternaria* и *Fusarium* (Замалиева Ф. и др., 2015).

В этой связи стали актуальны исследования связанные с изучением действия биологических препаратов (контактных фунгицидов и иммунизаторов), а также их баковых смесей, сравнение их эффективности между собой и с эталонными фунгицидами в половинных нормах. Установлено что, чем меньше интенсивность образования конидий и агрессивность патогена, тем лучше и стабильнее фитосанитарная ситуация в посадках картофеля (Смирнов, Кузнецов, 2006).

1.2. Биологический контроль альтернариоза картофеля

В последнее время особое внимание уделяется замене пестицидов на биологические препараты, главным образом фитопатогенные микроорганизмы – антагонистические грибы и бактерии (Штерншис, 2004).

Существует значительный интерес к превращению некоторых видов *Pseudomonads*, *Bacillus* и *Trichoderma* в биопестициды, которые будут использоваться отдельно или в сочетании с химическими пестицидами.

В исследованиях Гудимы Л.Р. (1999) описаны результаты экспериментов, согласно которым штаммы грибов рода *Trichoderma spp.* образуют 29 соединений, обладающих фунгицидной активностью (пептиды, метаболиты аминокислот, терпеноиды и т.д.), некоторые из них обладают ростостимулирующей активностью.

Ростостимулирующей активностью обладают некоторые штаммы микробов-антагонистов родов *Pseudomonas* и *Penicillium*, синтезирующие вещества типа ауксинов, гиббереллинов, цитокининов.

Представители рода *Bacillus* активно синтезируют циклические олигопептиды, ингибирующие синтез клеточной стенки (бацитрацин), олигопептиды, нарушающие функции мембран (грамицидины, полимиксин), а также аминоклюкозиды, нарушающие функции рибосом. Кроме того, к числу факторов, определяющих антагонистическую активность *Bacillus spp.*, может относиться комплекс разнообразных экзоферментов (протеаз, амилаз и т.д.).

Pseudomonas putida продуцируют флюоресцирующий пигмент пиловердин, проявляющий высокую антигрибную, антибактериальную и биостимулирующую активность. В значительной степени антагонистическая активность *Pseudomonas* связана с синтезом специфических низкомолекулярных соединений, участвующих в усвоении и транспорте сидерофоров, например, аэробактин и псевдобактин. В значительной степени активность *Pseudomonas* обусловлена синтезом антибиотиков ряда феназинов, оомицина А, пилутеорина, пирролнитрина (Гудима, 1999).

В исследованиях Акимовой Е.Е., Минаевой О.М. (2009) рассмотрено влияние бактерий *Pseudomonas sp.* В-6798 на пораженность посадок картофеля *Phytophthora infestans* (фитофтороз), клубней *Rhizoctonia solani* (ризоктониоз) и *Actinomyces sp.* (парша). Отмечено, что бактерии указанного штамма способствуют уменьшению развития ризоктониоза на клубнях картофеля на 40-80%, парши - на 30-70%. Снижение процента развития заболеваний происходит

в большей степени за счет уменьшения количества больных клубней. В вегетационный период на посадках картофеля, бактеризованного *Pseudomonas* sp. В-6798, наблюдалось снижение развития фитофтороза на 40-50%.

Высокий потенциал отмечается у бактерий рода *Bacillus thuringiensis*. Разные виды которой хорошо известны в качестве основы энтомогенных препаратов. Как отмечают Гришечкина, С. Д., Смирнов, О. В. (2010, 2011) штамм данной бактерии способен подавлять некоторых возбудителей болезней растений и вредителей, в частности, колорадского жука как основного фитофага картофеля.

В исследованиях Храбрых и др. (2007) была выявлена способность штаммов бактерий рода *Pseudomonas* и *Bacillus* подавлять рост и развитие возбудителя серой гнили *Botrytis cinerea* при сосуществовании микроорганизмов на различных средах. Почвенная бактерия *Pseudomonas* на основании своих полезных свойств против фитопатогенов, включающих способность синтезировать вторичные метаболиты (антибиотики), хитиноподобная и целлюлозолитическая активность, а также способность индуцировать системную резистентность растений против многообразия патогенных микроорганизмов завоевала особое внимание. Явление антагонизма ко многим микромицетам свойственнотакже и для бактерий рода *Bacillus*, которое обеспечивается синтезом широкого спектра соединений антибиотической природы (Штерншис, 2016).

1.2.1. *Trichoderma* spp.

Грибы рода *Trichoderma* - очень большая группа микроорганизмов, играющих значительную роль в окружающей среде, они используют различные механизмы для колонизации различных экологических ниш. Несколько видов *Trichoderma* spp. положительно влияют на растения, стимулируя рост растений

и защищая растения от грибковых и бактериальных патогенов. Поэтому используются в биологической защите растений в качестве биофунгицидов, а также в биоремедиации. Грибы рода *Trichoderma* также используются в основном для производства ферментов, антибиотиков и других метаболитов, а также биотоплива, *Trichoderma spp.* - это съедобные и лекарственные грибы, а также патогены человека. В настоящее время *Trichoderma* вступила в геномную эру, и части последовательностей генома являются общедоступными, поэтому открылись возможности для дальнейших исследований повышения эффективности и безопасности применения этих грибов (LidiaV. etal., 2014).

Хотя *Trichoderma spp.* были известны уже давно с 1865 года (Bisby, 1939), таксономия и видовая идентификация были неясны примерно до 1969 года (Rifai, 1969). Druzhinina and Kubicek (2005) подробно рассмотрели видовые концепции и биологическое разнообразие грибов *Trichoderma*. Грибы *Trichoderma* трудно различимы морфологически, однако филогенетическая классификация быстро достигла 100 видов (Druzhinina et al., 2006), и ожидается, что она будет постоянно увеличиваться. В этом контексте достижения, а также ограничения современных методов, таких как генеалогическое конкордантное филогенетическое распознавание видов (GCPSR) и система ДНК-штрих-кодов для безопасной идентификации *Trichoderma spp.*, требуют дальнейших исследований. GCPSR требует анализа форм нескольких несвязанных генов, тогда как система ДНК-штрих-кода основана на определенных различиях нуклеотидных последовательностей различных *Trichoderma spp.* Тем не менее, применение *Trichoderma spp.* в качестве антимикотического биоагента в окружающей среде, а также сообщения об заболеваниях коммерчески выращиваемых грибов (*Agaricus bisporus*) (Samuelset al., 2002, Kredicset al., 2003) являются причинами, которые требуют эффективной и надежной видовой идентификации грибов *Trichoderma*. Широкое применение *Trichoderma spp.* в качестве биоагента было использовано и зарегистрировано только в последнее

время против нескольких почвенных фитопатогенных грибов (Baker and Cook, 1974; Papavizas et.al., 1982). Как и большинство грибных биоагентов, *Trichoderma spp.* может эффективно использоваться в качестве спор (особенно конидий), которые более устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды при составлении продукта и полевом использовании, в отличие от их мицелиальных и хламидоспоровых форм (Amsellem et.al., 1999).

Изучены различные механизмы воздействия микопаразитарных грибов *Trichoderma spp.* на другие организмы, в т.ч. патогенные.

По данным Punja и Utkhede (2003), *Trichoderma spp.* являются наиболее широко изученными микопаразитарными грибами. Однако их микопаразитизм трудно было продемонстрировать до недавнего времени из-за технических трудностей при проведении микроскопических наблюдений (например, флуоресцентной визуализации и дифференциального окрашивания), например на границе почвенно-корневого раздела. Более того, методы, включающие антитела, такие как комбинированный ELISA (иммуноферментный анализ) служащий для обнаружения *Trichoderma spp.* в компостах, безусловно, улучшили бы наше понимание микопаразитарного взаимодействия этих грибов (Thornton et al., 2002).

Cook (1993) классифицировал микопаразитарные взаимодействия как: замещение (односторонний антагонизм), взаимоблокировка (взаимный антагонизм) и смешение (отсутствие антагонизма) с отсутствием объяснения на микроскопическом уровне. Однако в последнее время понимание микопаразитизма значительно расширилось (Yedidia et.al., 1999). Интересно, что исследования проводились на генетическом (Brunner et al., 2003) и микроскопическом (Yedidia et al., 2000) уровнях. Однако более широкая концепция, касающаяся живых растений (за исключением сохранения древесины, где *Trichoderma spp.* только убивает патогенные грибы растений), будет заключаться в том, что после обработки микопаразитами растения сами

индуцируют защитные механизмы. Кроме того, это явление приводит к образованию грибковых ингибиторных соединений растениями в дополнение к *Trichoderma spp.*, тем самым облегчая микопаразитизм. Более того, микопаразитизм, проявляемый *Trichoderma sp.* был специфичен для хозяина, например, *Pythium oligandrum* (Benhamou et al., 1999). В последнее время роль внеклеточных ферментов подробно описана рядом исследователей, например, протеолитические ферменты; β -1,3-глюканолитическая система; хитиназа (Kubicek et al., 2001; Pozo et al., 2004; Kredics et al., 2005). Сообщалось, что сложная группа внеклеточных ферментов является ключевым фактором растворения клеточной стенки патогена при микопаразитизме.

Антибиоз - процесс секреции антимикробных соединений грибами-антагонистами для подавления и / или уничтожения патогенных грибов вблизи зоны их роста (Schirmbock et al., 1994). Menendez и Godeas (1998) сообщили о биоконтрольном исследовании *Trichoderma harzianum* в борьбе с *Sclerotinia sclerotiorum*—почвенного растительного патогена, поражающего многие экономически важные культуры, такие как соя. Как сообщалось в аналогичном исследовании Ghisalberti (2002), при изучении антибиоза *T. harzianum* против растительного патогена, предполагось, что благоприятный эффект был обусловлен одновременным микопаразитизмом и конкуренцией. В другом исследовании указывалось, что несмотря на тесный контакт между гифами *Trichoderma spp.* и *Fusarium moniliforme/Aspergillus flavus* при совместном культивировании, проникновение гифов отсутствовало, что позволяет предположить, что микопаразитизм не был единственной причиной наблюдаемых подавляющих эффектов (Calistru et al., 1997). Поэтому метаболиты, продуцируемые *Trichoderma spp.* (летучие вещества, внеклеточные ферменты и/или антибиотики) считались вероятными элементами, участвующими в антибиотикозе. Род грибов *Trichoderma spp.* был также эффективен в случаях широкого спектра хозяев и в препятствовании живучести

патогенных грибов. По данным Szekeres et al. (2005) антагонистические метаболиты, продуцируемые *Trichoderma spp.* Метаболиты представляют собой линейные амфипатические полипептиды, а именно пептаиболы и пептаибиотики. Они также рассмотрели физико-химические и биологические свойства этих антибиотиков, которые включали разрушение липидных мембран, антимикробную активность и индукцию устойчивости растений.

Celar (2003) провел исследования по изучению форм питательных веществ, обычно доступных фитопатогенным и антагонистическим грибам. Более ранние исследования подтвердили выводы о том, что нехватка легкодоступных питательных веществ для микроорганизмов, особенно тех, которые живут в почве и на поверхности растений, может привести к явной конкуренции из-за этого между микроорганизмами (Sivanand Chet, 1986). Кроме того, *Trichoderma spp.* может конкурировать и поглощать ионы железа (ионы необходимы для растительного патогена *Serpula lacrymans* как часть неферментативного комплекса), высвобождая соединения, известные как сидерофоры (Lewis and Papavizas, 1991). Таким образом, приведенные примеры подтвердили значимость конкуренции за питательные вещества между *Trichoderma* и патогенными грибами. Ряд авторов подчеркивали значение литических ферментов в активности ВСА и изучали изоляты *Trichoderma spp.* с процессами деградации целлюлозы и хитина (Brewer and Larkin, 2005; Hutchinson, 1999). Отмечена значимость вторичных метаболитов (антибактериальной активности) в антагонистическом действии *Trichoderma spp.* против патогенных грибов *Pythium ultimum* и *Rhizoctonia solani*. Существует общее мнение относительно совместного синергического эффекта этих двух факторов (ферментов и антибиотиков) (Liu and Yang, 2005).

Несколько видов *Trichoderma spp.* также использовались для защиты коммерчески важных фруктов и овощей, таких как банан, яблоко, клубника, манго, картофель и помидоры во время послеуборочного хранения. Mortuza и

Paag (1999) использовали 10 изолятов *Trichoderma spp.*, включая *T. harzianum* и *T. viride*, против возбудителя банановой плодовой гнили *Lasiodiplodia theobromae*. Их исследование подтвердило, что микопаразитизм связан с антибиотикозом и конкуренцией за грунт. При сравнении искусственных фильтратов *Trichoderma spp.* с химическим фунгицидом Benomyl ТМ был сделан вывод, что фунгицид на основе *Trichoderma spp.* не может быть полностью таким же эффективным, как их химические аналоги. Однако не была проанализирована роль препаратов на основе *Trichoderma spp.* для полевого применения, которые могли бы существенно расширить спектр применения этого биоагента. Биологический контроль стволовой гнили манго с использованием *T. viride* был изучен Morenoi Paningbatan (1995), где приводится информация о микопаразитизме и антагонизме как основных факторах активности биоагента. Batta (2004) исследовал применение инвертно-эмульсионного состава *T. harzianum* Rifai против заражения яблони синей плесенью для борьбы с послеуборочной гнилью плодов. Автор указывает на биоактивность *Trichoderma spp.* к необходимому периоду конидиального увлажнения для того, чтобы прорасти и проникнуть в растение патогенные грибы. Было также сообщено, что инвертная эмульсия была лучшим средством для практического применения для грибные биоагентов (BCA), таких как *Trichoderma spp.* С другой стороны, Hjeljord et al. (2000) приводят данные о применении *Trichoderma spp.* на тепличной клубнике может контролировать послеуборочную гниль, при этом температура и питательные вещества влияют на антимикотическую активность *T. harzianum*. Результаты Cooney и Lauren (1998) подтвердили антагонистическую продукцию метаболитов *Trichoderma sp.*, индуцированную присутствием патогенных грибов (увеличение продукции метаболитов на 300-700% в присутствии растительных патогенных грибов). *Trichoderma spp.* являются признанными грибковыми антагонистами патогенов сельскохозяйственных культур/семян. Считалось, что биоконтроль бурой

пятнистости вигны, вызванного *Colletotrichum truncatum* предварительной обработкой семян вигны в суспензии спор *T. viride*, обусловлен как микопаразитизмом, так и антибиотикозом (Bankole and Adebajo 1996). Аналогично и применение *Trichoderma spp.* для борьбы с грибковыми заболеваниями пшеницы и подсолнечника (Escande et.al., 2002) было основано на их микопаразитарной и антибактериальной активности. Однако определенные факторы, вызывающие антагонизм (молекулярный сигнал для микопаразитизма, как *Trichoderma spp.* смогли распознать их конкретный носитель) не были учтены. В другом случае сообщалось о благотворном действии *T. virens* для предварительной обработки проростков хлопчатника. Показано, что доминирующими механизмами биоконтроля являются индукция защитной системы растений и подавление прорастания патогена антагонистическими соединениями, продуцируемыми прорастающими проростками хлопчатника (Verma et.al., 2007). Таким образом, очевидно, что процессы микопаразитизма, антибиоза и конкуренции хорошо изучены. Однако конкретные явления, участвующие в общем антагонистическом действии *Trichoderma spp.*, до сих пор недостаточно изучены. Предполагается, что *Trichoderma spp.* в начальной стадии успешно участвует в антагонизме через гифальные взаимодействия, вероятно, на первой ступени антагонистического процесса. Далее антагонистические грибы убивают фитопатогенные грибы с помощью токсинов и потребляют их с помощью комбинации лизоцимов (Whipps and Lumsden, 2001). С другой стороны, фунгицидная активность *Trichoderma spp.* хорошо известна в отношении большинства грибных фитопатогенов. Большинство исследователей согласны с тем, что антагонисты (*Trichoderma spp.*) контролируют патогенные микроорганизмы посредством взаимосвязанных синергических комплексных стратегий микопаразитизма, антибиотикоза и конкуренции. Поэтому для того, чтобы максимально использовать потенциал *Trichoderma spp.* против грибковых патогенов,

необходимо оптимизировать факторы (например, распределение инокулята в зараженных участках, концентрацию инокулята, специфичность по отношению к патогенам, условия окружающей среды и обогащающую среду—если таковые имеются), влияющие на одну или несколько антагонистических стратегий.

1.2.2. Bacillus spp.

Интенсивность развития болезней, вызываемых растительными патогенами, традиционно рассматривалась как функция взаимодействия между факторами в трех вершинах "треугольника болезней" (the disease triangle): восприимчивостью хозяина, ядовитостью патогена и условиями окружающей среды (Franci, L.J., 2001). В случае использования *Bacillus spp.* для борьбы с болезнями растений, можно глубоко влиять на сложную систему "растение-окружающая среда - патоген" через стимулирование роста растений (СРР), конкуренцию за питательные вещества или места колонизации, эффективность растворения клеток и производство антибиотиков. Концептуальная модель показывает, что *Bacillus spp.* может прямо или косвенно влиять на факторы "треугольника болезни". Таким образом, воздействие *Bacillus spp.* на окружающую среду, растение-хозяин и патогены может оказывать влияние как на развитие растений, так и на развитие болезней (Щукин, 2012, Franci, L.J. 2001, Wanget.al., 2018).

Стимулирование роста растений (СРР). В качестве агентов биоконтроля, большинство бактерий *Bacillus spp.* может способствовать росту растений. Они регулируют рост и развитие растений с помощью фитогормонов (ауксинов, цитокининов, гиббереллинов и этилена) и ферментов (например, дезаминазы 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты (АСС)). Кроме того, эти штаммы способствуют минерализации питательных веществ (например, солубилизации фосфатов, калия и цинка), азотфиксации и повышению

способности корней к поглощению. Среди всех признаков СРР фитогормоны и сидерофоры оказались более перспективными у изолятов *B. subtilis*. Фитогормоны, продуцируемые *Bacillus spp.* играют важную роль в регулировании роста. К таким хорошо изученным фитогормонам, производимым штаммом бактерий, относятся ауксины, гиббереллины, цитокинины и этилен (Singhetal., 2008; Juet.al., 2014; Chowdappaet.al., 2013). Индол-3-уксусная кислота (ИУУ), фитогормон, обычно считается наиболее важным естественным ауксином. Он может функционировать как важная сигнальная молекула в регуляции развития растений. Применение смеси штаммов *Bacillus spp.* и *B. amyloliquefaciens* усиливало рост мутантов *Arabidopsis*, в которых было недостаточно ИУУ (Ryuetal., 2007). Ashrafuzzamanet.al. (2009) приводят данные о повышении прорастания семян риса после применения ризобактерий были, вероятно, следствием индукции продукции ИУУ и P.solubilization (YadavandSidhu, 2016; DasandPradhan, 2016).

Конкуренция за питание и места колонизации. Подавление болезней растений микробным агентом обычно происходит в результате конкурентной колонизации и выделения противогрибковых соединений (Zhao et.al., 2013). Успешный биологический контроль требует колонизации дополнительными агентами биоконтроля. Исследования показали, что колонизация корней или листьев растений полезными микробами непосредственно способствует эффективному биоконтролю почвенных патогенов (Li et.al., 2013). Различные виды *Bacillus*, включая *B. thuringiensis*, считались менее эффективными в колонизации ризосферы, чем флуоресцентные псевдомонады (Weller et.al., 2002). Однако в ряде исследований сообщалось, что *Bacillus spp.* может эффективно колонизировать растения и бороться с болезнями (Liu et.al. 2009). Например, *B. thuringiensis* эффективно прикреплялся, колонизировался и выживал на цветках авокадо. Биоагент прикреплялся к конидиям и гифам патогенов стеблевой гнили (*Dothiorellaaromatica* и *Phomopsisperseae*) и вызывал

деградацию клеток, предотвращая прикрепление патогенов к цветкам и их колонизацию (Demoz and Korsten 2006). *Bacillus spp.* эндофитно колонизировал корни и листья проростков пшеницы и эффективно замедлял заражение и колонизацию *Gaeumannomyces graminis var. tritici* (офиоблезная корневая гниль пшеницы) в корневой ткани (Liu et al. 2009). Точно так же *B. subtilis* BN1 продемонстрировал отличную способность к колонизации корней на сеянцах сосны чир (*Pinus goxburghii*, широко известная как длиннолистная индийская сосна).

Хемотаксис, как двигательная реакция микроорганизмов на химический раздражитель был предложен в качестве ключевого признака колонизации (Comrants et al., 2010). Исследования показали, что различные штаммы *Bacillus spp.* демонстрируют различные паттерны колонизации на поверхности растений и колонизируют различные участки. *B. thuringiensis* может колонизировать корни и листья, образуя объединения или микроколонии. Одна из первых стадий прикрепления включает в себя производство фибрилоподобных нитей.

При применении *B. mycoides* для лечения авокадо наблюдались такие фибрилоподобные нити. Наличие этих нитей убедительно подтверждает наблюдение о том, что штамм B246 может эффективно прикрепляться к поверхностям цветочных пестиков авокадо (Demoz и Korsten, 2006).

Антибиотические вещества. Была выдвинута гипотеза, что производство антибиотиков играет главную роль в подавлении болезней микробами, включая *Bacillus spp.* В группе микроорганизмов *Bacillus spp.* известно более двух десятков антибиотиков с широким спектром действия и разнообразной структурой. Структуры, производимые *Bacillus spp.*, включают пептиды, белки (ферменты) и непептидные продукты, в которых преобладали пептиды. Пептиды можно классифицировать по механизмам их синтеза (рибосомные или нерибосомные) (Wang et al., 2015).

Нерибосомные пептидные антибиотики. Основным типом нерибосомных пептидных антибиотиков являются липопептиды (ЛП), которые являются одними из наиболее распространенных биосурфактантов.

Структуры липопептидов, полученных из *Bacillus spp.*, обычно похожи друг на друга и отличаются только аминокислотной последовательностью пептидной части, длиной цепи жирных кислот или связью между двумя пептидами. Эти липопептиды из *Bacillus spp.* обычно производят широкий спектр антибактериальных и противогрибковых антибиотиков, которые классифицируются на три группы в зависимости от их структуры: сурфактины, итурины и фенгицины (MnifandGhribi, 2015).

Рибосомные пептидные антибиотики. Бактериоцины, которые являются основным типом рибосомно синтезируемых пептидных антибиотиков из *Bacillus spp.*, продуцируются всеми видами живых организмов и считаются частью врожденного иммунитета растения-хозяина. Бактериоцины из *Bacillus spp.* часто являются мембранопроницаемыми катионными пептидами с менее чем 60 аминокислотными остатками. Бактериоцины подразделяются на четыре класса (I–IV) в зависимости от их биохимических и генетических свойств. Наиболее репрезентативными бактериоцинами являются антибиотики класса I, которые интенсивно изучались на предмет их антибактериальной активности (Josephet.al., 2013).

Непептидные антибиотики. Большинство вторичных метаболитов *Bacillus spp.* являются пептидными антибиотиками, из которых получают другие виды антибиотиков. Эти соединения включают поликетиды, терпены, изокумарины, гормоны роста растений и различные метаболиты; полипептиды составляют большую часть непептидных продуктов. Он проявляет высокую бактериостатическую активность в отношении широкого спектра бактерий, таких как *Serratiamarcescens*, *Klebsiellapneumoniae* и *Staphylococcus aureus*. Диффицидин и оксидиффицидин представляют собой высоко ненасыщенные

22-членные макроциклические полиен-лактонфосфатные эфиры с широким спектром антибактериальной активности. Структуры макролактинов содержат три отдельных диеновых структурных элемента в 24-членном лактонном кольце (Meena et al., 2017).

Bacillus spp. наиболее изученный агент биоконтроля, широко используемый в устойчивом сельском хозяйстве. По имеющимся данным, наиболее антагонистичными *Bacillus spp.* были ризосфера, эндофитные бактерии или ризобактерии. Кроме того, *B. mycooides* продемонстрировал потенциал в качестве биоконтроля для многих послеуборочных заболеваний, включая серую плесень овощей, мягкую гниль фруктов (Tanget al., 2014) и гниль цитрусовых (Arreola et al., 2010).

Wang (2011) показал, что некоторые производные *B. mycooides* могут индуцировать устойчивость к вирусу мозаики огурца в томате путем усиления экспрессии трех генов.

Reddy (2014) отмечает, что более 30 средств, способствующих росту растений, были рекомендованы для коммерческого использования в теплицах и полях в Северной Америке; еще больше средств, стимулирующих рост ризобактерии, доступно в настоящее время.

B. mycooides был первым крупномасштабным фунгицидным биологическим средством контроля, разработанным для промышленного использования в сельском хозяйстве, и он рекомендован для использования на всех видах сельскохозяйственных семян. Свойства биопрепаратов *B. subtilis* позволяют эффективно контролировать фитофтороз риса (Kumaret al., 2013).

Bacillus mycooides был зарегистрирован в Америке и Канаде и используется на различных культурах в качестве контроля, таких заболеваний как фитофтороз, серая гниль, альтернариоз, ложная мучнистая роса, бактериальный ожог, мучнистая роса и белая плесень (Abbasi and Weselowski, 2014). Некоторые важные коммерчески доступные биоконтрольные агенты включают смесь *B.*

thuringiensis и *B. amyloliquefaciens* (PrakashandVerma, 2016). Эти исследования обуславливают дальнейшее изучения по использованию микроорганизмов, включая *Bacillus spp.*, для стимулирования роста растений и борьбы с болезнями растений. Благоприятное воздействие этих организмов, которое может происходить одновременно или последовательно, может включать биологическую борьбу с болезнями, стимулирование роста растений, повышение урожайности и улучшение качества (JhaandSubramanian, 2016).

1.2.3. *Pseudomonas spp.*

Pseudomonas spp. являются не спорообразующими, грамотрицательными, палочковидными бактериями. Наряду с бациллами эти две группы бактерий обычно встречаются в изолятах из различных сред, включая объемную и ризосферную почву (Compantet.al., 2005; HaasandDefago, 2005). Отдельные генетические характеристики помогают им адаптироваться к различным типам почв и колонизировать их, включая так называемые почвы, подавляющие болезни (Welleret.al., 2002). *Pseudomonas*- род естественных бактериальных агентов, живущих в болезнетворных почвах (Weller, 2007). Благодаря своим различным генетическим и фенотипическим характеристикам представители этого рода обладают хорошим потенциалом для использования в качестве агентов биоконтроля. *Pseudomonas spp.* способны к быстрому росту и, следовательно, показывают хорошие результаты колонизации ризосферы. Одна из причин этого заключается в том, что они могут использовать различные субстраты в качестве питательных веществ и выживать в различных условиях, которые были бы сложными для других бактерий. Его способность производить различные соединения, такие как антибиотики, полисахариды и сидерофоры, также имеет решающее значение.

Колонизация и конкуренция. Ризосфера представляет собой высококонкурентную экосистему для своего пространства, пищи и защиты от различных биотических и абиотических стрессов (Raaijmakers et al., 2002). *Pseudomonas* являются хорошими колонизаторами пространства в ризосфере, особенно там, где есть низкая доступность питательных веществ. Синтез липополисахаридов ризобактериями важен для пространственной колонизации ризосферы, а в случае *Pseudomonas* это также является решающим фактором, хотя может зависеть от конкретных видов или штаммов (Lugtenberg et al., 2001).

Другим важным фактором колонизации корней растений, особенно в условиях ограничения железа, является синтез сидерофоров из *Pseudomonas*, которые являются хелатирующими железом соединениями (Cornelis, 2010). Сидерофоры *Pseudomonas* обладают высоким сродством к железу, и когда они хелатируют это микроэлементное вещество, они делают его менее доступным для других микроорганизмов, включая патогены растений (Weller, 2007). Этот механизм считается косвенным стимулированием роста *Pseudomonas* растений. В частности, *Pseudomonas* может синтезировать сидерофоры в условиях, ограничивающих железо, являясь фактором, индуцирующим экспрессию генов в оперонах, участвующих в синтезе сидерофоров.

Железо-хелатирующие соединения. Синтез *Pseudomonas* железохелатирующих соединений, таких как сидерофоры, является характерной особенностью, наблюдаемой у некоторых изолятов из объемных или ризосферных почв. В культуральных средах со следовыми количествами железа можно наблюдать желто-зеленый ореол, который может флуоресцировать под ультрафиолетовым светом (Budzikiewicz, 1993).

Почва является отличным резервуаром большого бактериального разнообразия, в котором можно найти штаммы, характеристики которых представляют большой интерес. Изоляты *Pseudomonas* были отобраны из ризосферы растений картофеля, которые показали хорошую продукцию

сидерофоров псевдобактериального типа. В этом смысле некоторые авторы считают, что роль сидерофоров, особенно в полевых условиях, не будет доминирующим фактором в биоконтроле патогенов. Считается, что абиотические условия почвы, главным образом биодоступность железа и pH, влияют на вариацию результатов (LoperandBuyer, 1991). В то время как некоторые исследования указывают на важную роль сидерофоров в ингибировании роста патогенов, другие исследователи предпочитают выдвигать гипотезу о том, что смесь механизмов оказывает важное влияние на активность антагонистов.

Синтез антибиотиков. Многие бактерии, особенно представители рода *Pseudomonas*, обладают способностью синтезировать антибиотики. Интерес к продуцирующим антибиотики бактериям *Pseudomonas spp.* и их влиянию на подавление патогенов растений возник в работах Howell и Stipanovic (1980). С тех пор были выделены различные штаммы *Pseudomonas*, способные синтезировать широкий спектр антибиотиков и характеризующиеся подавляющей активностью в отношении патогенов растений, что приводит к улучшению сельскохозяйственного производства (Weller, 1988).

Pseudomonas синтезируют ряд соединений, обладающих антимикробной активностью, такие как пиолутеорин (ПЛТ), феназин-1-карбоновой кислоты (ФКК), 2,4- диацетилфлороглюцин (DAPG), пирролнитрин (ПРН), цианистый водород (HCN) и соединения белкового типа (бактериоцины) (Validovet.al., 2005). Некоторые флуоресцентные штаммы *Pseudomonas* способны синтезировать широкий спектр соединений. Штамм СНАО продуцирует более 10 соединений с патогенной биоконтрольной активностью и стимуляцией роста растений, таких как DAPG, Plt, Prn, HCN, индолуксусная кислота, салициловая кислота, пиохелин и сидерофоры (HaasandDefago, 2005).

Индукцированная системная устойчивость. Некоторые исследователи отмечают, что *P. jessenii*, *P. brassicacearum* и *P. mohnii* могут защитить

сахарный тростник, дуб и томаты от патогенов, таких как *Colletotrichum*, *Ceratocystis fagacearum* и *F. oxysporum*, соответственно (Companet et al. 2005). Han et al. (2006) отмечают, что соединение 2R, 3R-бутандиол, синтезируемое *Pseudomonas chlororaphis* Об, отвечает за запуск ISR в табачных растениях. Стоит отметить, что 2R,3R-бутандиол запускает ISR только в присутствии возбудителя *E. carotovorasubsp*, но не с *P. syringaepv. tabaci*. Примечательно, что 2R, 3R-бутандиол способствовал росту табака. Авторы подчеркивают сходство между штаммом *P. chlororaphis* Об и штаммом *B. subtilis* GB03, оба из которых являются PGPR, запускающими системную индуцированную резистентность растений, отмечая, что в обоих случаях 2R, 3R-бутандиол играл важную роль во взаимодействии бактерий и растений. Однако бутандиол продуцируется не только бактериями PGP, поскольку в другой работе Effantin et al. (2011) было установлено, что экспрессия генов почек у различных фитопатогенных бактерий, участвующих в синтезе бутандиола, индуцируется во время инфицирования растений, демонстрируя еще одну важную роль этой молекулы во взаимодействии растительных бактерий.

До настоящего времени коммерческий интерес к штаммам биоконтроля *Pseudomonas* был более ограничен, чем к спорообразующим микробам, таким как *Bacillus* и *Trichoderma*. Эти исследования включают *P. jessenii* для контроля заболеваний, провоцирующих увядание, а также стволовых и корневых гнилей; *P. tohunii* для контроля заболеваний почвы; *P. syringae* для борьбы с грибковыми послеуборочными болезнями; *P. jessenii* для контроля гнили и побурения семечковых плодов; и комбинации и *P. fluorescens* и *P. tohunii* для предотвращения повреждения холодом на нескольких культурах. Кроме того, обширные полевые испытания дополнительных штаммов различными академическими и государственными лабораториями (Cook et al., 2002) указывают на то, что существуют дополнительные возможности для коммерческого развития *Pseudomonas* для биологического контроля различных

болезней сельскохозяйственных культур. Для этого необходимо провести более полную оценку стоимости и выгод экспериментальных штаммов по сравнению с другими стратегиями борьбы с болезнями, для того чтобы должным образом оценить их коммерческий потенциал (Blouin-Bankhead et al., 2004).

Существует множество возможностей для успешного применения и управления *Pseudomonas* для биологического контроля патогенов растений; однако для обеспечения успешного применения биоконтроля потребуются дополнительные исследования микробиологии этого рода. Использование генетических маркеров, связанных с биоконтролем, для идентификации новых, но функционально связанных штаммов может быстро ускорить обнаружение штаммов. Однако в настоящее время только гены, участвующие в биосинтезе антибиотиков, были выявлены в качестве полезных кандидатов для таких направленных процедур отбора. Характеристика генетической основы опосредованной индукции *Pseudomonas* в качестве защиты растений-хозяев должна обеспечить дополнительные полезные маркеры, открывающие возможность дальнейшего расширения коллекций, относящихся к наиболее эффективным штаммам биоконтроля *Pseudomonas*. Маркеры биоконтроля также будут полезны для отображения распределения популяций биоконтроля в производственных средах. Дальнейшее изучение биогеографии различных популяций биоконтроля может быть полезно для выявления новых генетических вариантов, особенно из различных сред, которые затем могут быть использованы для направленных программ скрининга.

Различные генотипы, по-видимому, являются эндемичными для конкретных географических регионов (Cho and Tiedje, 2000), поэтому систематический поиск почв и растений из различных экосистем должен обеспечить разнообразие новых и потенциально полезных штаммов биоконтроля. Более глубокое понимание того, какие популяции биологического контроля и патогенов присутствуют и активны в данной области, также может

быть полезно для выявления мест с наибольшей вероятностью реагирования на прививки, особенно там, где местные популяции *Pseudomonas* малочисленны (Fravel, 2005).

Новые программы скрининга могут быть сосредоточены на оценке полезности основного набора штаммов микробиологических биоагентов для применения на сельхозкультурах и ее наиболее важных патогенах. Это может привести к применению биоагентов на конкретных культурах, где тестирование штаммов адаптировано к характерным особенностям, более всеобъемлющей программы борьбы с болезнями.

1.2.4. Химические индукторы

Одной из важнейших проблем современного сельскохозяйственного производства является защита растений от патогенов и вредителей, которые ежегодно уносят от 20 до 40 % урожая. До сих пор для защиты растений в основном применяются химические методы, среди которых преобладает обработка пестицидами. Пестициды, бесспорно, обладают высокой эффективностью, но вместе с тем имеют ряд серьезных недостатков, к которым относится негативное воздействие на окружающую среду, способность аккумулироваться в тканях растений, а также необходимость многократной обработки для достижения необходимого эффекта (Васюкова, Панина и др., 2006).

Альтернативой применению пестицидов являются биологические методы защиты растений, среди которых в первую очередь следует назвать индуцирование устойчивости (Озерецковская, 2002). Индуцированная устойчивость является временной фенотипической устойчивостью, основанной на экспрессии множества защитных генов и поэтому является неспецифической.

Вещества фитопатогенов, вызывающие такую устойчивость, называются биогенными элиситорами. Обработка растений элиситорами нацелена не на уничтожение патогенов, как это имеет место при использовании пестицидов, а на индуцирование защитных свойств самого растения. Использование элиситоров обещает большие практические перспективы, поэтому наши усилия в первую очередь сосредоточились на познании механизмов индуцированной устойчивости и на интенсификации защитного действия элиситора-хитозана.

Хитин. Хитин второй по распространенности природный полисахарид (первое место занимает целлюлоза), является основой наружного скелета ракообразных, кутикулы насекомых, клеточных стенок грибов и бактерий. В панцирях ракообразных его содержание может составлять до 35 %. В вегетационных исследованиях было показано, что внесение в почву хитина позволяет существенно снизить численность *Meloidogyne incognita* в почве и на корнях растений томатов. Эффективность одновременного внесения хитина с нематофаговым грибом *Paecilomyces lilacinus* оказалась выше в отношении галловой нематоды *M. incognita* на томатах, чем применение хитозана и гриба по отдельности. Оценку проводили на основании развития растений и количеству образовавшихся галлов на грамм корней. На основе хитина создан препарат кландозан, применяемый для снижения численности фитонематод и в том числе таких патогенных, как галловые, паразитирующих на основных овощных культурах (Удалова и др. 2011).

Одной из главных характеристик полимеров, обуславливающих широту его применения, является растворимость. В отличие от своего предшественника хитина, хитозан, получаемый его дезацетилированием, достаточно хорошо растворим в разбавленных органических кислотах.

Благодаря большому числу функциональных групп хитозана обеспечивается возможность образования между полимером-хитозаном и другими химическими соединениями связей различной прочности, что

позволяет регулировать скорость выхода препарата и его активность. Поэтому хитозан широко используют в качестве биоразлагаемого носителя препаратов различной направленности, что обеспечивает их эффективное и пролонгированное действие. В растворенном виде хитозан - универсальный сорбент, поскольку при набухании способен прочно удерживать в своей структуре растворитель, а также растворенные и взвешенные в нем вещества как органической, так и неорганической природы.

В современном сельском хозяйстве используют препараты на основе хитозана, в частности, для борьбы с галловой нематодой. Хитозан обладает элиситорной активностью и способен индуцировать в растениях как салицилатный, так и жасмонатный пути метаболизма защитных химических реакций (Тютюрев С.Л., Евстигнеева Т.А., 1995). При этом исследования Гамзадзе А.И. (1999) показали, хитозан угнетает развитие патогена: подавляет рост спор мицелия грибов, обладает антивирусной активностью, с другой, стимулирует прорастание семян, а также рост и развитие растений (Гамзадзе и др. 1999).

На системах картофель - фитофтора, томаты - галловая нематода показано, что обработка растений низкомолекулярным хитозаном (5 кД) вызывает накопление фитоалексинов в тканях растения-хозяина, снижает общее содержание и изменяет состав свободных стероидов, приводя к угнетению развития стероидозависимых патогенов, активизирует хитиназы, Р-глюканазы и липоксигеназы, а также стимулирует образование активных форм кислорода. Активация неспецифических защитных механизмов в тканях растения позволяет ингибировать рост и развитие патогенов (Удалова и др. 2011).

Одним из существенных недостатков применения хитина является слишком высокая норма расхода, для того чтобы популяция нематод ощутило сократилась, необходимо внести около 10 тонн данного вещества на гектар посадок (Удалова Ж.В. и др. 2011).

Исследования С.Л. Тютерева (2002) доказали, что применение для защиты растений одного хитозана эффективно только в случае средней степени заражения патогеном, при сильном заражении целесообразно комбинированное внесение хитозана с химическими средствами защиты..

Морозова Е.А. (2011) в своей работе показывает, что на биологическую активность хитозановых препаратов для семян льна -долгунца, картофеля и гороха наиболее существенное влияние оказывает рН раствора и молекулярная масса входящего в состав хитозана (при обработке семян льна-долгунца биопрепаратом энергия прорастания повышается на 17 %, а длина корней в два раза. При обработке семян гороха развиваются корни второго порядка длиной до 4 мм). На фоне недостаточной увлажненности вегетационного периода это объясняется способностью хитозана регулировать использование воды

Влияние хитозановых препаратов на укоренение черенков винограда определяется индивидуальными особенностями сорта. В большинстве случаев хитозановый препарат стимулирует образование корней второго и третьего порядка. Препараты, полученные после ультразвукового облучения и имеющие в своем составе более низкомолекулярный хитозан, проявляют большую биологическую активность (Морозова, 2011).

Хитозан. Подробный анализ применение биопрепаратов на основе хитозана в сельском хозяйстве приводят в своей работе Зими́на Ю.А, и др. (2018). Широкое использование химических удобрений и средств защиты растений вызывает серьезный дисбаланс в окружающей среде и оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. В связи с этим изучение возможности применения безопасных биоудобрений является весьма актуальной задачей. Научные исследования, посвященные изучению свойств хитозана, представляет интерес для использования в сельском хозяйстве.

В последнее время хитозан является одним из наиболее широко изучаемых и используемых биополимеров благодаря его биосовместимости,

антиоксидантным, противораковым, биоразлагаемым, антимикробным и нетоксичным свойствам. Целесообразность его применения также обусловлена тем, что сырьем для его производства является экономичный материал, полученный из отходов - оболочек морских организмов (Зимина и др. 2018).

Хитозан, природное соединение, которое производится из раковин морских организмов. В настоящее время большое количество исследований посвящено изучению свойств хитозана, обеспечивающих защиту сельскохозяйственных культур от болезнетворных микроорганизмов, а также различных абиотических стрессов. Установлено, что хитозан эффективно улучшает физиологические свойства растений, а также увеличивает срок хранения плодов. Хитозан представляет интерес как добавка к почве в качестве питательного вещества, повышающая эффективность химических удобрений и не влияющая на полезную микробиоту почвы. Кроме того, хитозан повышает защитные функции растений на генетическом уровне.

Хитозан является деацетилированным производным хитина (основного структурного полимера, составляющего большую часть насекомых и экзоскелет ракообразных). По своей химической структуре хитозан представляет собой линейный полимер, природный полисахарид, состоящий из двух субъединиц, таких как D-глюкозамин и N ацетил-глюкозамин, связанных между собой 1,4-гликозидными связями. Хитозан получают из хитина в промышленном масштабе. Хитин экстрагируют, следуя классическому кислотнo-щелoчному методу. Далее осуществляют деминерализацию с использованием кислот с последующей депротеинизацией.. Присутствие аминогрупп в составе хитозана делает его склонным к структурным изменениям.

Повышение устойчивости растений по отношению к абиогенным факторам среды. Исследования показывают, что хитозан можно использовать в качестве биостимулятора растительной иммунной системы для борьбы с различными неблагоприятными условиями окружающей среды. Стресс,

вызванный засухой, является одним из наиболее важных многомерных факторов, которые наносят ущерб физиологии, биохимическим и молекулярным свойствам растений (Зими́на и др. 2018). Например, у яблонь молодые проростки опрыскивали препаратом хитозана, который усиливал антиоксидантную активность и восстанавливал содержание влаги при продолжительном стрессе от засухи. Хитозан также индуцировал устойчивость к стрессу, вызванному засухой, у таких растений как, картофель, орхидеи, рис, белый клевер и виноград. Один из выявленных защитных механизмов заключается в повышении активности абсцизовой кислоты, которая играет ключевую роль в регуляции устьичного отверстия и снижает скорость транспирации, когда растение переживает стрессовую фазу. Имеются предположения, что хитозан может быть потенциальным антитранспирантом, который помогает сельскохозяйственным растениям справляться со стрессом, вызванным засухой.

Повышение устойчивости растений на генетическом уровне. Хитозан играет роль в регуляции экспрессии генов и стимулировании систем молекулярной защиты у растений. Экспрессия генов - это биологический процесс, который зависит от изменения окружающей среды и позволяет клеткам реагировать на внешние раздражители. Существует ряд исследований, посвященных участию хитозана в экзогенной регуляции экспрессии генов (Зими́на и др. 2018).

Хитозан ингибирует синтез РНК в грибах путем активации несколько генов и увеличения выработки белков и фенольных соединений через фенилпропаноидный путь, что, в свою очередь, защищает культурные растения от патогенов. PR-гены индуцируются хитозаном. Хитиназа (ЕС 3.2.1.14) и α -1,3-глюканаза (ЕС 3.2.1.39) - белки PR, способствуют защите растений от грибковой инфекции, разрушая клеточную стенку микроорганизмов.

В растениях томата экстракты хитозана использовались для смягчения воздействия двух томатных патогенов, а именно *Alternaria solani* и *Xanthomonas vesicatoria*. Выводы, сделанные на основании исследований предполагают, что хитозан значительно усиливает экспрессию маркера PINII, который отвечает за активацию защитных сигнальных путей. Было также обнаружено, что в растениях перца, малины и клубники хитозан эффективен для стимулирования механизмов защиты растений из-за более высокого уровня экспрессии генов хитиназы и α -1,3-глюканазы. У винограда, предварительно обработанного хитозаном из трех различных коммерчески выпускаемых составов, была обнаружена более высокая активность эндохитиназы, а два из рассмотренных составов хитозана вызвали активность экзохитиназы. Тем не менее, все еще мало изучен вопрос о влиянии хитозана на гены PR при различных стрессах. Гены Mildew-Locus-O (MLO) в овощных культурах способствуют восприимчивости к возбудителю болезни мучнистой росы. Таким образом, необходимы исследования для оценки влияния хитозана на экспрессию генов отвечающих за иммунитет к болезням.

Большой вред сельскохозяйственным растениям наносят вирусы и использование хитозана в качестве вирулицида считается целесообразным способом ограничения вирусной инфекции. Результаты исследований по применению хитозана для защиты картофеля, зараженного вирусом X (PVX), показали повышение устойчивости данного растения к вирусу (Зимина и др. 2018). При изучении защитных свойств хитозана по отношению к растениям томата было выявлено не только проявление устойчивости к вирусу томатной мозаики, но и улучшение их вегетативного роста. Хитозан повышает устойчивость к вирусу скручивания листьев у растений томата и оказывается эффективным против вируса мозаики Сквоша (SMV). При выращивании бобовых растений в условиях теплового стресса, усугубляющего воздействие засухи и представляющий собой особую проблему для сельскохозяйственных

культур, хитозановая обработка является способом избежать гибели поздних всходов растений (Зими́на и др. 2018].

В последнее время хитозан благодаря своей способности биосовместимости, антиоксидантным, противораковым, биоразлагаемым, антимикробным и нетоксичным свойствам является одним из наиболее широко изучаемых и используемых биополимеров (Зими́на и др. 2018)

В настоящее время вследствие загрязнения агроценозов пестицидами и существенного нарушения защитных реакций биосистем актуальны исследования, направленные на повышение неспецифической устойчивости растений с использованием естественных механизмов (Хорошева Т.М. и др., 1996, Шакирова Ф.М., 2001, Карпун Н.Н. и др., 2015).

В последние десятилетия определены информационные механизмы взаимодействия фитопатогенов с клетками растений. Для обозначения химических сигналов, возникающих в местах инфицирования растений патогенными микроорганизмами, был предложен термин элиситор (M. Yoshikawa соавт., 1993; M. Thakur соавт., 2013).

Клеточный неспецифический иммунитет растений основан на узнавании поверхностных молекул фитопатогенов, что служит первичным сигналом, приводящим в действие сложнейшую сеть процессов индукции и регуляции фитоиммунитета (И.А. Тарчевский, 2000). В передаче сигналов существенную роль играют белки и небольшие молекулы-мессенджеры (салициловая и жасмоновая кислоты, перекиси водорода, окиси азота).

Салициловая кислота участвует в процессах усиления и умножения сигналов, поступающих от рецепторов в клетки растения, что гарантирует своевременную активацию защиты. Наиболее ранняя реакция растительного организма на внедрение патогена локальная генерация активных форм кислорода (окислительный взрыв), запускающих цепь последующих защитных реакций (С.Л. Тютюрев, 2002). На эту взаимосвязь указывают работы An and Mou

(2011); Vicente and Plasencia, (2011), которые установили, что салициловая кислота регулирует многие физиологические процессы роста, развития и защитных реакций растений.

Аскорбиновая кислота в растениях образуется из углеводов. Прорастание семян сопровождается интенсивным накоплением (и в темноте, и на свету) аскорбиновой кислоты. Исследовано содержание природного антиоксиданта - аскорбиновой кислоты в сырой массе и в листьях травянистых лекарственных растений, определено содержание микроэлементов железа и меди (Свириденко В. Г., 2002). В настоящее время приводятся данные о биосинтезе, транспорте, распределении, биохимических превращениях и физиологических функциях АК в организме растения, а также рассматривается гипотеза о возможной роли данного вещества в качестве независимого сигнально-регуляторного агента в многоклеточных растительных системах. Однако роль аскорбиновой кислоты (АК) как самостоятельного индуктора сигнальных реакций на плазматической мембране и эндомембранах растительной клетки остается малоизученной (Войтехович М.А., 2018)

Представленные научные материалы служат основой для разработки новой концепции защиты сельскохозяйственных культур с использованием современных препаратов элиситорного действия (салициловой и аскорбиновой кислоты), повышающих иммунный статус растений (Шакирова Ф.М., 2001, Свириденко В. Г., 2002, Войтехович М. А., 2015, Карпун Н.Н. и др., 2015).

2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика места и условий проведения исследований

Саратовская область расположена на Юго-Востоке Европейской части России. С севера на юг территория области вытянута на 240 км, с запада на восток на 575 км. Территория области разделена на две части рекой Волгой, которые носят название Правобережья и Левобережья.

Для лабораторных исследований (отбора и идентификации микробиотических агентов для биологического контроля альтернариоза картофеля) пробы почвы и растительного материала проводили в трех районах области: Базарно-Карабулакского, Саратовского и Энгельсского, которые находятся в разных микроклиматических зонах Саратовской области (2016 г.).

Саратовский район расположен в центральной части области на правом берегу Волгоградского водохранилища. Агроклиматические показатели и биологическая продуктивность района: эрозия водная, степень эродированности 50-75%; термические ресурсы составляют 2747°C, гидротермический коэффициент 0,6-0,8; биоклиматический потенциал 1,8 климатический индекс биологической продуктивности 97. Биологическая продуктивность средняя. Район относится засушливой степи на черноземах южных (глинистых). Почвенные ресурсы относятся к Центральному почвенному району. Почвообразующие породы представлены в основном дочетвертичными коренными породами - опоками, песчаниками, диатомитами, известняками, мергелями и аллювиальными отложениями (суглинки, глины, пески, галечник) рек Волжского бассейна.

К югу от Саратова распространены черноземы на различных коренных породах - опоках, мергелях, песчаниках, песках, разнообразного

гранулометрического состава, часто эродированные и щебенчатые. Имеются в районе аллювиальные дерновые почвы (9%), а также серые и темно-серые лесные почвы (2,9%), занимающие высокие лесистые водоразделы на севере района.

Агрохимическая характеристика почв района: большинство почв района имеют очень низкое (менее 3,5%) и низкое (3,5-4,0%) содержание гумуса. Высокое (более 5%) и повышенное содержание гумуса у 24% почв. Реакция большинства почв района нейтральная или близкая к нейтральной (щелочную реакцию имеет 17% почв). Обеспеченность подвижным фосфором в целом среднее и повышенное. Обеспеченность почв обменным калием от среднего до повышенного и высокого. Обеспеченность микроэлементами низкая

Подтип черноземов южных формировались под типчаково-ковыльной растительностью в южной части степной зоны. Профиль почв имеет следующее морфологическое строение:

А — гумусовый горизонт мощностью 20-30 см, темно-серый с коричневатым оттенком, в целинном состоянии сверху часто обособляется слой в 6-8 см, более светлоокрашенный, слоеватый; структура зернистая, при распашке — комковато-пылеватая. Вскипание начинается на нижней границе горизонта, пахотные почвы часто вскипают с поверхности;

АВ — переходный гумусовый горизонт мощностью 30-40 см, однородно окрашенный, буровато-темно-серый, зернисто-комковатой или ореховато-комковатой структуры, уплотнен.

Общая мощность гумусовых горизонтов колеблется от 25-30 до 60-70 см, в отдельных случаях — до 100 см;

Вк — переходный горизонт, бурый с более темными пятнами и потеками гумуса, ореховато-призматической структуры, уплотнен; выделения карбонатов в виде псевдомицелия, в нижней части в виде белоглазки, могут быть в виде неясных выцветов, мучнистых выделений;

ВСК — иллювиально-карбонатный горизонт, буровато-палевый, призматической структуры, уплотнен, с обильными выделениями карбонатов в форме белоглазки;

Ск — слабо измененная или не измененная почвообразованием материнская порода, карбонатная, палевого цвета, призматической структуры;

Сс — материнская порода, содержащая с глубины 150-200 см выделения гипса в виде мучнисто-кристаллических жилок, скоплений и друз; в этом же горизонте на глубине 200-300 см могут содержаться легкорастворимые соли.

Содержание гумуса может достигать 4-7%, падение его содержания с глубиной постепенное. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, прочно связанные с кальцием, отношение $C_g : C_f > 1,5$. Емкость поглощения высокая (35-45 мг-экв на 100 г почвы). Реакция среды в верхней части гумусового горизонта близка к нейтральной (рН 7,0-8,0), книзу подщелачивается. Распределение ила и валового химического состава по профилю почв характеризуется относительной однородностью (Гришин, П. Н., 2011).

Энгельсский район расположен в центральной части области на левом берегу Волгоградского водохранилища. Агроклиматические показатели и биологическая продуктивность района: эрозия ветровая, степень эродированности 25%; термические ресурсы составляют 2600-2800°C, гидротермический коэффициент 0,4-0,6. Район относится к очень засушливой степи. Биоклиматический потенциал 1,5 климатический индекс биологической продуктивности 85. Биологическая продуктивность пониженная.

Почвообразующие породы преобладают лиманно-морские отложения - пески суглинки, "шоколадные глины". Преобладающими почвами являются темно-каштановые суглинистые и легкосуглинистые почвы, также есть темно-каштановые солонцовые в комплексе с солонцами.

Агрохимическая характеристика почв района: большинство почв района низкое (2,6-3,0%) и очень низкое (менее 2,5%) содержание гумуса. (среднее 3,1-3,5% и повышенное 3,6-4,0% содержание гумуса менее чем у 40% почв района). Реакция большинства почв района нейтральная или близкая к нейтральной. Щелочную реакцию имеет 10% почв. В общем, обеспеченность подвижным фосфором среднее, повышенное и высокое. Обеспеченность почв обменным калием среднее и повышенное. Обеспеченность микроэлементами низкая, марганцем и медью - средняя. Профиль темно-каштановых почв имеет следующее морфологическое строение:

A — гумусовый горизонт мощностью (20) 25-40 см, буроватый или коричневато-темно-серый, пороховато-мелкозернистой структуры;

B_1 — переходный гумусовый горизонт, общая мощность $A+B_1$ — (35) 40-60 см, более яркого бурого или коричневого цвета, чем предыдущий, уплотненный, комковатой структуры;

B_2 — переходный горизонт, неравномерно окрашенный, с пятнами и потеками гумуса, плотный, призмовидно-комковатой структуры;

BC_K — иллювиально-карбонатный горизонт, желто-бурый или желтый, призматической структуры, плотный, с обильными выделениями карбонатов в виде белоглазки, с окончанием в этом горизонте темных гумусовых затеков;

C_C — материнская порода с выделениями гипса, чаще всего с глубины 150-170 см, иногда 170-200 см.

Вскипают почвы с поверхности или в нижней части горизонта A. Возможны выделения карбонатов в виде псевдомицелия, белоглазки, мучнистых скоплений, пропиточных пятен, натечных корок на щебне (в почвах межгорных котловин).

Темно-каштановые глинистые, тяжелосуглинистые и суглинистые почвы содержат в верхних 15 см до 3,5-5% гумуса, легкосуглинистые и супесчаные разности — 2,5-3%. Реакция почв нейтральная в верхнем горизонте и

слабощелочная и щелочная ниже по профилю, емкость обмена — 25-35 мг-экв на 100 г почвы; в составе обменных оснований преобладают кальций и магний. Валовой химический состав однороден по профилю (Гришин, П. Н., 2011).

Почвы обладают высоким естественным плодородием, широко используются в сельском хозяйстве. Отзывчивы на внесение азотистых, калийных и фосфорных удобрений. Однако для возделывания ряда культур ощущается недостаток влаги, поэтому здесь особо важное значение имеют снегозадержание, влагозарядковые поливы и другие мероприятия, направленные на накопление и сохранение влаги в почве, это объясняется ухудшением условий увлажнения и наличием больших массивов почв на коренных породах, которые маломощны, щебнисты, часто значительно смыты (поэтому в Саратовском и Энгельском районах картофель возделывается на орошение (капельный полив и др.)).

Территория опытного поля, где проводились полевые опыты (2016-2018 гг.) находится в северной части Правобережья, на Приволжской возвышенности, Базарно-Карабулакского района, Саратовской области (КФХ Моисеев А.В.).

Базарно-Карабулакский район расположен в северной части Правобережья. по геоморфологическому районированию территории относится к области Приволжской возвышенности. Агроклиматические показатели и биологическая продуктивность обусловлены тем, район относится к полузасушливой степи. Биоклиматический потенциал 1,9, климатический индекс биологической продуктивности 107. Биологическая продуктивность средняя. Термические ресурсы составляют 2400-2600°с, гидротермический коэффициент 0,8.

Почвообразующие породы третичную и мелового возраста, литологически выраженные глинами, опоками, мергелями и мелкозернистыми песками, опокovidными и глауконитовыми песчаниками. В районе преобладают

черноземы выщелоченные, серые и темно-серые лесные почвы, так же имеют место крупные массивы черноземов с пятнами солонцов и черноземы маломощные, слаборазвитые, часто щебенчатые, на плотных коренных породах. Значительные площади заняты неполноразвитыми почвами на плотных коренных породах. Наиболее распространены черноземы выщелоченные различного гранулометрического состава. Обеспеченность почв гумусом и питательными элементами. большая часть района имеет очень низкое менее 5% и низкое 5,1-6,0% содержание гумуса, почвы в основном слабокислые и близко к нейтральным. Обеспеченность подвижны фосфором различна от низкой до высокой. содержание обменного калия в основном среднее, повышенное и высокое. обеспеченность бором, марганцем, медью, кобальтом низкая, содержание молибдена различно , от низкого до высокого.

Рельеф территории распространения выщелоченных черноземов отличается чередованием сильно расчлененных возвышенностей (где широко развиты эрозионные процессы) и низменных равнин. Преобладающими почвообразующими породами являются лёссы, лёссовидные и покровные тяжелые суглинки.

Профиль почв имеет следующее морфологическое строение:

A — гумусовый горизонт, темно-серый или серовато-черный, хорошо выраженной зернистой или комковато-зернистой структуры, рыхлого или слабоуплотненного сложения; переход постепенный, нижняя граница определяется по заметному общему побурению или появлению бурых пятен между гумусовыми языками;

AB — гумусовый горизонт, неравномерно прокрашенный, темно-серый с буроватым оттенком, с темно-серыми гумусовыми и бурыми пятнами, ореховатой или мелкокомковатой структуры; при полном высыхании по граням структурных отдельностей может проступать белесоватая присыпка.

Общая мощность гумусовых горизонтов А+АВ — 50-80 см, в отдельных почвах достигает 40-120 см;

В — переходный бескарбонатный горизонт мощностью 20-40 см, с отдельными темными узкими гумусовыми языками, комковато-ореховатой структуры, отмечаются более темные пленки по граням структурных отдельностей; постепенно переходит в карбонатный горизонт;

ВС_к — иллювиально-карбонатный горизонт, палево-бурый, ореховатой или ореховато-призматической структуры; наличие прожилок карбонатов определяет более светлую окраску горизонта; выделения карбонатов могут быть в виде псевдомицелия, мергелистых бесформенных пятен, мучнистых скоплений; в нижней части горизонта выделения карбонатов в форме журавчиков;

С_к — карбонатная материнская порода палевого цвета.

Гипс и легкорастворимые соли в профиле почв отсутствуют. Содержание гумусав верхних 10 см — 6-10%, падение его вниз по профилю постепенное. В верхней части гумусового горизонта реакция среды близка к нейтральной или нейтральная, и лишь к нижней границе гумусового горизонта происходит ее слабое подкисление. Почвы имеют высокую емкость поглощения (40-50 мг-экв на 100 г почвы), в подгумусовом горизонте — 25-35 мг-экв на 100 г почвы, поглощающий комплекс практически полностью насыщен основаниями. Почвы характеризуются высоким естественным плодородием. Широко используются в сельском хозяйстве, но нуждаются во внесении фосфорных и калийных удобрений (Гришин П.Н., 2011).

На основании изложенного можно сделать вывод, что в зоне проведения исследований почва по физическим свойствам соответствует биологическим требованиям картофеля. Следовательно, при соблюдении технологии выращивания культуры и выпадении достаточного количества осадков возможно получение высоких урожаев картофеля, при этом эффективная

защита картофеля от поражения грибными болезнями будет способствовать получению стабильных урожаев с хорошими товарными и пищевыми качествами (Нарушев В.Б., и др., 2012).

2.2. Погодные условия в годы проведения опытов

Основные показатели погодных условий основываются на многолетних данных ближайшей к территории исследований метеостанции г. Петровска, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура воздуха, °С и осадки, мм
(по данным метеорологической станции г. Петровск)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм.			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Средне-много-лет.знач.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Средне-много-лет.знач.
Май	1	12,6	14,5	18,8	12,7	19	14	1	12
	2	14,9	16,3	15,8	15,8	17	18	8	16
	3	18,1	18,1	17,2	16,3	19	19	3	8
	среднее	15,2	16,3	17,3	14,9	55	51	12	36
Июнь	1	18,4	19,1	19,1	17,7	24	9	0	18
	2	20,4	20,4	21,4	19,7	19	10	4	16
	3	22,1	21,9	22,8	20,8	22	8	0	16
	среднее	20,3	20,1	21,1	19,4	65	27	4	45
Июль	1	24,1	22,1	23,1	21,0	24	14	22	13
	2	21,8	24,0	22,8	21,7	24	11	23	16
	3	24,0	23,8	23,3	21,4	19	8	23	16
	среднее	23,3	23,3	23,1	21,4	67*	33*	68*	50

Примечание * Сумма осадков за месяц, мм

Район проведения полевых исследований (2016-2018 гг.) относится к зоне степей, которая характеризуется засушливыми весной и летом, ей свойственны наличие высоких температур воздуха, низкая относительная влажность, частые суховеями весной и летом. Климат резко континентальный, характерными особенностями данной зоны является пре-обладание в течении года большого количества ясных безоблачных дней, холодной и малоснежной зимы, непродолжительной засушливой весны, жаркого лета. Среднегодовая сумма осадков изменяется по годам от 360 до 410 мм.

Для комплексной оценки агроклиматических условий периода вегетации картофеля в годы исследований 2016-2018 гг. применялся гидротермический коэффициент (ГТК) – интегральный показатель увлажненности, отражающий соотношение температуры и осадков (по Г.Т.Селянинову, 1937) (рис. 1).

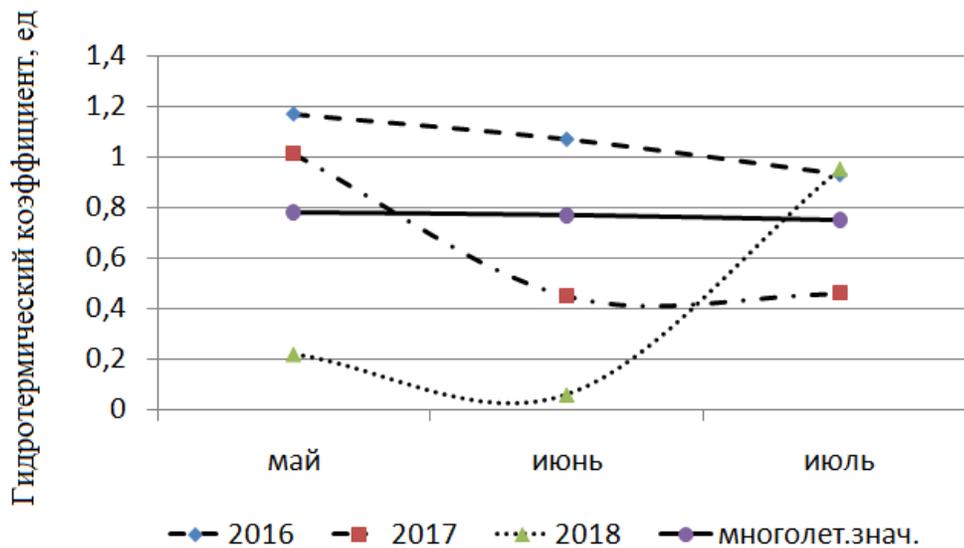


Рисунок 1 -Гидротермический коэффициент в период вегетации картофеля в годы исследований (Базарно-Карабулакский район, 2016-2018 гг.).

Коэффициент применяется в том числе при прогнозировании развития и распространения болезней сельскохозяйственных культур. Увлажнение избыточное, если ГТК более 1,6, оптимальное – ГТК 1,0–1,5, недостаточное – ГТК менее 1,0, слабое – ГТК менее 0,5.

Гидротермический коэффициент в вышеуказанные месяцы 2016 года характеризовал май и июнь как оптимально увлажненный (1,17 и 1,07) и недостаточно увлажненный июль (0,93). В этот период вегетации культуры среднемесячные показатели ГТК превышали среднемноголетние показатели (0,78, 0,77 и 0,75 соответственно). Это объясняется тем, что в 2016 г. количество выпавших осадков превышало среднемноголетние показатели во все фазы развития растений, начиная от всходов и до конца вегетации картофеля. Следует отметить, что в сложившихся погодных условиях поражение растений грибными болезнями было выше, чем в другие годы исследований.

В 2017 году май характеризовал как оптимально увлажненный (1,01) и слабо увлажненный июнь и июль (0,45 и 0,46), т.е. в 2017 г. количество осадков за вегетационный период было несколько меньше чем среднемноголетние показатели. С учетом биологических потребностей картофеля распределение осадков было неблагоприятным. Если от всходов и до полной бутонизации растения не испытывали недостатка во влаге, то цветение и клубнеобразование проходили при недостаточном количестве осадков.

При этом среднесуточные температуры в период от всходов до цветения были выше среднемноголетних показателей, что так же не способствовало нормальному росту картофеля

В 2018 году осадков было заметно ниже среднемноголетних показателей, май и июнь были засушливыми (ГТК 0,22 и 0,06 соответственно, т.е. слабое влагообеспечение), от всходов до начала клубнеобразования растения испытывали недостаток влаги при среднесуточных температурах, превышающих среднемноголетние. В июле увлажнение недостаточное (0,95), в этот период массового клубнеобразования прошли обильные дожди, однако это не исправило неблагоприятные условия для роста растений, урожайность была ниже чем в другие годы исследований (однако, при этом так же было меньше поражений картофеля болезнями).

2.3. Материалы и методы проведения исследований

2.3.1. Материалы исследования

Сорта картофеля, возбудитель болезни. Для исследований были использованы два сорта картофеля: Лабелла и Романо.

Сорт Лабелла (Labella) раннеспелый, столового назначения. Растение средней высоты до высокого, листового типа, полупрямостоячее. Лист крупный, промежуточный, зеленый. Картофель Лабелла устойчив к возбудителю рака картофеля, золотистой картофельной цистообразующей нематодой. По данным оригинатора, высокоустойчив к вирусу скручивания листьев. Характеристики клубней: цвет кожуры - красный, цвет мякоти - желтый, форма клубней удлиненно-овальная, масса товарного клубня 78 - 102 г, структура кожуры - гладкая, глубина глазков - очень мелкая. хозяйственные характеристики: товарная урожайность 176 ц/га- 264 ц/га, максимальная урожайность 342 ц/га, товарность 91- 92%, лежкость - 98%, кулинарный тип b (слабо разваривается), содержание крахмала 15.8 %. Код в реестре РФ 9154942. Год внесения в реестр 2011 год (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений - <https://gossortrf.ru/gosreestr/>). Регион возделывания 3. Центральный регион, 6. Северо-Кавказский регион, 7. Средневолжский регион, 9. Уральский регион. Оригинаторы DenHartighBv, страна Нидерланды.

Картофель Романо (Romano) (DragaxDesiree) - среднеранний сорт столового назначения. Включен в Госреестр по Центральному, Волго-Вятскому, ЦЧО, Уральскому, Дальневосточному регионам. Растение прямостоячее, высокое, окраска цветков красно-фиолетовая. Клубни коротко-овальной формы, кожура розовая, мякоть светло-кремовая, глазки средней глубины, масса товарного клубня 70 - 80 г. Урожайность в госиспытании 110 - 320 ц/га

(максимальная - 347 ц/ га), товарность 90 - 94%, лежкость хорошая, содержание крахмала 10 - 13%, вкус хороший. Устойчив к раку, относительно устойчив к мозаичным вирусам, среднеустойчив к фитофторозу, ризоктониозу, вирусу скручивания листьев, восприимчив к парше обыкновенной. Ценность сорта: хорошая выравненность клубней, хороший вкус. Кулинарный тип АВ (плохо разваривается). Оригинаторы: AgricoU.A.; ЗАО "Октябрьское"; ООО "Элитный Картофель"; ООО "Алчак"; ООО "Агрофирма "Слава Картофелю"; ООО ФХ "Седек"; ИП Колясин Сергей Николаевич; ЗАО "Тепличный"; ООО "Теплично-Парниковый Комбинат "Элита-Картофель"; ООО ЭТК "Меристемные Культуры". Страна - Нидерланды. Код в реестре РФ 9351035. Год внесения в реестр 1994 год. Регион возделывания: 3. Центральный регион, 4. Волго-Вятский регион, 5. Центрально-Черноземный регион, 9. Уральский регион, 12. Дальневосточный регион (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений - <https://gossortrf.ru/gosreestr/>).

Изучалось влияние грибного патогенна относящегося к группе почвенно-клубневых инфекций: альтернариоз - *Alternaria solani* (Fr.) Keissl. на сорта картофеля при контроле болезни микробиологическими организмами грибной и бактериальной природы (биоагенты), а так же при использовании химических индукторов.

2.3.2. Методы исследования

Работу проводили путем постановки полевых и лабораторных опытов, которые осуществлялись в лаборатории биотехнологии Саратовского ГАУ им. Н.И.Вавилова и на полях (КФХ Моисеева А.В.) Базарно-Карабулакского района Саратовской области.

2.3.2.1. Лабораторные опыты

Лабораторные исследования проводились для получения чистой культуры и отбор биоагентов для защиты картофеля от альтернариоза (по методике ChUNET. al., 2007 и NairandEllingboe, 1962), так же проводилась дифференциальная экспрессия генов защиты картофеля (по методике Daayf et al., 1998).

Изоляция растительных тканей и выбор микроорганизмов для биологического контроля агроценозов картофеля.

В общем, схема опыта в лабораторных условиях представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Схема опыта в лабораторных условиях

Биоагенты	Концентрация клетки мл ⁻¹	Срок применения	Сорта
<i>Flavobacterium sp.</i>	10 ⁴ / 10 ⁵ / 10 ⁶	1 (день до инокуляции)	Романо Лабелла
<i>Pseudomonas tolnii</i>			
<i>Pseudomonas jessenii</i>		2 (день инокуляции)	
<i>Trichoderma sp.</i>			
<i>Endospore bacterium</i>		3 (день после инокуляции)	
<i>Bacillus thuringiensis</i>			
<i>Bacillus mycoides</i>			
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>			

Пробы почвы были отобраны в августе 2016 года с полей в трех основных районах производителях картофеля в Саратовской области (Базарно-Карабулакский, Энгельсский и Саратовский районы). Почва хранилась при 8 °С в пластиковых бункерах до проведения экспериментов. Клубни картофеля также собирали с тех же участков для последующих исследований. Реакцию (рН) почвы определяли путем суспендирования 10 г высушенной на воздухе почвы в 25 мл воды Nanopure® (10 минут на орбитальном шейкере при 225 об / мин, при

комнатной температуре), а затем оставляли стоять в течение ночи до измерения pH (pHBenchtopMeter 2210, Hanna ® Инструменты).

Отобранные виды микроорганизмов были получены из образцов почвы и растительных тканей, как детализированного изучения. Получение чистой культуры и отбор биоагентов для защиты картофеля от альтернариоза (по методике Chun et. al., 2007 и идентификации микроорганизмов (Nair and Ellingboe, 1962).

Подготовка почвенных образцов. Образцы почвы тщательно перемешивали, затем 10 г подвыборок каждый смешивали с 90 мл стерильного водного агара (0,01% агара) и встряхивали в течение 5 минут в ручную (500 ос / мин), чтобы создать 0,1 г мл⁻¹ почвы подвеска. Для извлечения *Bacillus* аликвоты по 5 мл почвенных суспензий переносили в стерильные универсальные флаконы емкостью 18 мл и помещали в водяную баню с температурой 80 ° С на 20 мин (Priest, 1989). Аликвоты (50 мкл) термообработанных образцов распределяли на питательном агаре и инкубировали (25 ° С, в темноте) до образования отдельных колоний. Колонии очищали путем повторного субкультивирования. Образцы суспендированной почвы также каждый последовательно разбавляли до 1 × 10⁻⁵ г / мл в водном агаре. Аликвоты (200 мкл) разведений 1 × 10⁻⁴ и 1 × 10⁻⁵ распределяли на питательной среде Kings Medium В и Trichoderma в чашках Петри и инкубировали при 25 ° С в темноте до образования отдельных колоний. Колонии на KingsMedium 'В', флуоресцирующие в УФ-свете (366 нм), субкультивировали для очистки флуоресцентных псевдомонад (Braun-KiewnickandSands, 2001). Грибковые колонии на TSM с Trichodermaspp. морфологию (BarnettandHunter, 1998) субкультивировали на чашках Петри, содержащих картофельный агар с декстрозой. Эти пластины были запечатаны пластиковой пленкой (GLAD®) и оставлены на столе при комнатной температуре в условиях освещения для споруляции. Изоляты очищали путем

посева разведенных суспензий спор (из спорулирующих колоний, суспендированных и разбавленных в стерильной водопроводной воде) на КПК и субкультивирования колоний с одной спорой.

Подготовка образцов растительных тканей картофеля. Корни, столоны и клубни растений картофеля были сначала вымыты от избыточной почвы в водопроводной воде. Часть каждой растительной ткани была помещена в 18 мл универсальные бутылочки с 10 мл стерильной водопроводной водой и помещена в 80°C водяную баню на 20 минут. Обе пастеризованных и необработанных ткани были разделены на две части, одна из которых подвергалась поверхностной стерилизации (1 минута в 2%-м растворе хлорноватистокислого натрия, ополоснутом дважды в стерилизованной воде). Все образцы ткани были каждый отдельно размочены в нескольких каплях стерилизованной воды, и части нетермически обработанной размоченной ткани были переданы TSM для выбора *Trichodermaspp.* Стерильная вода использовалась, чтобы распространить размоченную ткань от каждого стерилизованного образца на питательный агар, и от каждого нетермически обработанного образца на KingsMediumB, с формирующими эндоспору бактериями и флуоресцентными Псевдомонадами, отобранными и очищенными.

Идентификация бактерий (Nair and Ellingboe, 1962). ДНК выделяли из каждого бактериального изолята, культивируемого на питательном агаре, и амплифицировали с использованием набора для ПЦР REDExtract-N-Amp™ Plant (Sigma-Aldrich®) в соответствии с инструкциями производителя. Праймеры нацелены на переменную часть гена 16S рРНК (F27 5' 'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3', R1494 5' 'CTACGGTTACCTTGTTACGAC 3'). Параметры ПЦР были следующими: 94 ° C в течение 3 мин с последующими 30 циклами; 94 ° C в течение 1 мин; 57 ° C в течение 1 мин; 72 ° C в течение 2 мин, затем 10 мин при 72 ° C. ПЦР проводили с использованием (Bio-

RadLaboratories, Inc.), и продукты визуализировали с помощью электрофореза в агарозном геле (1%, $1 \times \text{TAE}$). Секвенирование проводили с использованием BigDyeTerminatorv3.1 (AppliedBiosystems™) и очистки ПЦР с помощью CleanSEQ® (AgencourtBioscienceCo.). Генетический анализатор ABIPrism 3130xl (AppliedBiosystems™) использовали для генерации последовательностей. Последовательности анализировали с использованием программного обеспечения Sequencher 4.9 (GeneCodesCo.) и идентификацию проводили с использованием EzTaxon2.1 (Chunet.al., 2007).

Выделение грибов (Nair and Ellingboe, 1962). Грибы, собранные из стеблей (за месяц до уборки картофеля), были выделены в лаборатории. Сегменты стебля, собранные из нижней части растений картофеля (30 образцов на обработку), разрезали на кусочки по 1 см. Образцы дезинфицировали 50% этиленом и 1% гипохлоритом натрия, трижды промывали стерильной водой и переносили в среду с картофельно-декстрозным агаром (PDA) (пять чашек = пять повторностей). После семи дней инкубации при 22 ° C грибковые колонии инокулировали на наклонныеагары для микроскопической идентификации.

Влияние микроорганизмов на прорастание спор и мицелиальный рост *Alternaria solani*. Двойной культуральный тест был использован для изучения влияния восьми микроорганизмов (биоагентов) на ингибирование роста мицелий и прорастания спор возбудителя (*Alternaria solani*). Два цилиндрических образца агара (0,9 мм), колонизированных патогенами, помещали на край чашек Петри. Бактериальные колонии трехдневной культуры были посажены между дисками патогена за один день до, через день после или одновременно с культивированием патогена.

Чтобы оценить эффективную концентрацию микроорганизмов, 250 мкл из 104, 105, 106 и 107 клеток мл^{-1} клеток распределяли по культуральной среде. После одного дня инкубации в темноте при 21 °C один диск с отдельным патогеном помещали в центр чашек.

Влияние микроорганизмов на прорастание спор изучали в соответствии с методом, описанным Nair and Ellingboe (1962). Капли каждого изолята наносили на высушенные чистые предметные стекла в виде пленки. Капля суспензии спор возбудителя была распространена по этой пленке. Контрольную обработку готовили в виде пленки стерилизованной дистиллированной воды. Процент прорастания спор определяли микроскопически, используя увеличение в 400 раз.

Дифференциальная экспрессия генов защиты картофеля. Для этого исследования были выбраны два сорта картофеля: Романо восприимчив к *Alternaria solani*, а Лабелла считается умеренно устойчивым (Anonymous, 2003). Кроме того, семь микроорганизмов были использованы против патогена *Alternaria solani*. Кусочки клубней картофеля высаживали в пластиковые горшки диаметром 10 см, наполненные пастеризованной песчано-почвенной смесью (1: 1, по объему), содержащей гранулированное удобрение NPK (16: 20: 16). Растения выращивали в течение 25 дней в условиях день / ночь 20 ° / 16 ° ± 2 ° C с 16-часовым фотопериодом при интенсивности света 350 лмоль / м² / с. После инокуляции растения пересаживали в новые пластиковые горшки диаметром 10 см, содержащие те же компоненты почвы, и заменяли в тех же условиях выращивания.

Инокуляция (прививка). 4 недельные растения использовали для прививок. Инокулят возбудителя *Alternaria solani* был приготовлен из односпоровых культур, выращенных на картофельно-декстрозном агаре (PDA) в течение 2 недель при 20 ° C (Научный инкубатор Fisher, модель 146E). Конидиальные суспензии готовили до конечной концентрации 1 9 10⁶ конидий / мл. Растения были инокулированы с помощью инокуляции "корневым провалом" (Daayfet. al., 1998).

Для каждого микроорганизма, тестируемого на подавление болезни, перед началом анализа в теплице определяли взаимосвязь между оптической

плотностью (OD) культуры бульона и концентрацией колониеобразующих единиц (КОЕ). Концентрацию КОЕ в повторной суспензии определяли путем посева аликвот серийных разведений на NA с последующим подсчетом колоний после образования колоний после инкубации (25 ° C, темнота).

Культурные бульоны (100 мл) готовили к дню начала анализа. Аликвоту по 2 мл на каждые 100 мл культурального бульона центрифугировали, супернатант удаляли и бактериальный осадок повторно суспендировали в 2 мл PPS и разбавляли в 10 раз в PPS перед считыванием OD. Предварительно определенное уравнение и значение OD затем использовали для расчета концентрации КОЕ в бульонной культуре, и необходимый объем дозировали, центрифугировали, супернатант удаляли и осадок повторно суспендировали в 50 мл выбранного раствора для нанесения. Для скрининговых анализов 1, 3 и 4 бактериальный раствор для нанесения составлял 1: 1 (об. / Об.)LB: PPS. Для экранов 5, 6 и 7 использовался PPS. 10-кратное серийное разведение раствора для внесения бактерий также делали в PPS и наносили аликвоты на NA, так что подсчет колоний после инкубации (25 ° C, темнота) можно было использовать для определения фактических концентраций КОЕ.

Растения выкорчевывали из почвы, осторожно промывали водой, кончики корней обрезали ножницами, а корневые системы погружали в конидиальные суспензии на одну минуту перед пересадкой. Растения для контрольной обработки раненных срезали кончики корней перед погружением в стерильную дистиллированную воду (SDW).

Сбор тканей. Корни и листья растений картофеля собирали и хранили отдельно. Ткани трех растений из каждой обработки собирали через (0, 4, 21 часов, 3, 7 и 14 дней после инокуляции. В течение 0 ч после инокуляции ткани собирали сразу после помещения в конидиальную суспензию (SDW в случае раненого контроля). Ткани от каждого растения хранили отдельно друг от друга и анализировали отдельно для представления трех биологических повторений.

Извлечение РНК. РНК выделяли из ткани листьев с использованием реагента TRIzol (Invitrogen, Burlington, Ontario, Canada). Ткань листа измельчали в жидком азоте и гомогенизировали в 1000 мкл реагента TRIzol. Гомогенизированный образец центрифугировали при 10000 об / мин в течение пяти минут. После центрифугирования 300 л хлороформа добавляли в верхнюю фазу образца и их перемешивали с использованием вихря. Смешанный образец центрифугировали при 16 200 об / мин течение 15 минут для разделения фаз. Водную фазу затем смешивали с 1000 мкл изопропилового спирта и инкубировали при 20 ° С в течение 24 часов. После осаждения РНК образец центрифугировали в течение 15 минут при 13 000 об / мин. Супернатант удаляли и осадок промывали 500 мкл 75% этанола и центрифугировали при 13 800 g в течение 10 минут. Осадок РНК сушили при комнатной температуре и затем растворяли в 55 л воды, не содержащей РНКазы. РНК была извлечена из ткани корня в соответствии с протоколом производителя для набора RNeasy (Qiagen, Торонто, Онтарио, Канада). После измельчения ткани корня в жидком азоте к образцу добавляли 450 мкл буфера RLT. Гомогенат смешивали с вихрем и затем инкубировали при 56 ° С в течение трех минут. Затем смесь переносили в спин-колонку QIAshredder и центрифугировали в течение 2 минут при 13 000 об / мин. К супернатанту потока было добавлено 0,5 объема 100% этанола и смешано с помощью пипетки, а затем перенесено в спин-колонку RNeasy. Колонку центрифугировали в течение 15 с при 9 600 г. Затем образец был промыт в соответствии с протоколом Qiagen; одна промывка с 700 л BufferRW1 и две последовательные промывки с 500 л BufferRPE. Образцы элюировали до конечного объема 40 мл.

Анализ экспрессии генов с использованием полуколичественной ОТ-ПЦР. РНК, выделенную из растительных тканей, была использована для синтеза к ДНК первой цепи с использованием обратной транскрипции-ПЦР. Кратковременно, пять или 5 мкг РНК использовали в 50 мкл раствора,

содержащего 5 нг / л олигода Т, 500 мМ каждого dNTP, 0,4X буфера первой цепи (20 мМ Трис-НСl (рН 8,3), 30 мМ КСl, 1,2 мМ MgCl₂), 4 мМ DTT, 40 URNaseOUT и 200 UMMLV (вирус мышиноного лейкоза Молони) обратной транскриптазы (Invitrogen). РНК смешивали с OligodT, dNTPs и DEPC-водой и нагревали до 65 ° С в течение 5 минут. Оставшиеся компоненты добавляли, и к ДНК первой цепи синтезировали при 37 ° С в течение двух часов; Реакцию инактивировали нагреванием до 70 ° С в течение 15 мин. Прямой и обратный праймеры были сконструированы для каждого из выбранных генов на основе последовательностей генома картофеля (таблица 3).

Таблица 3 - Последовательности праймеров, T_m (° С) и количество циклов, используемых для полимеразной цепной реакции (F-Forward, R-Reverse)

Гены	Последовательности праймеров (5'-3')	Температура (°С)	Циклы
PAL-1	F: TTGCACAAGTTGCATCCATT R: AAGAGCACCACCATTTTGG	55	35
PAL-2	F: GCACCATCAATTGCACAAAA R: TGCAACTTGTGCAACAGTCA	55	35
PR-1	F: TCAGGTGCAGGAGAGAACCT R: AATGAACCACCATCCGTTGT	38.1	35
PR-2	F: ATTTGGTGCCACACAAGACA R: TTGGGGAAAACAATCCAAAA	50	30
PR-5	F: AGCGTTTTTCAGCCAAAGTGT R: ATTGTCCTTCACGGTATGG	60	35
EF-1a	F: GATGGTCAGACCCGTGAACAT R: TGTTACAGCAGCAGATCATTTC	55	-

В качестве внутреннего контроля использовали конститутивно выраженный фактор удлинения-1а (EF-1a).PAL, фенилаланин-аммиак-лиаза; PR, связанный с патогенезом; EF, коэффициент удлинения.

Для амплификации второй цепи 1 л к ДНК первой цепи смешивали с 19 буфером для амплификации (50 мМ КСl, 10 мМ Трис-НСl (рН 8,3), 1,5 мМ

MgCl₂), 1 mM MgCl₂, 0,1 mM каждого dNTP, 0,1 mM каждого праймера для представляющего интерес гена и 2 ед. ДНК-полимеразы Taq. Реакции проводили на термоциклере C100 (Bio-Rad, Hercules, CA, USA) в следующих условиях: 5 минут при 94 ° C с последующим заданным числом циклов, равным 30 с при 94 ° C, 30 с при температуре отжига (T_m) для конкретных праймеров и 60 с при 72 ° C.

Окончательный период продления 10 мин при 72 ° C завершил реакцию. Количество циклов определяли отдельно для каждой комбинации генов / тканей на основе предварительного тестирования различных номеров циклов и определения того, где легко обнаруживаются различия между интенсивностями полос. После того как гены были усилены, продукт ПЦР и ДНК-лестница 1 KbPlus были проведены на 1% агарозном геле, окрашенном бромидом этидия в буфере TAE (0,04 mM трис-основания, 65 мкл / л ледяной уксусной кислоты, 1,0 mM ЭДТА). Изображения геля получали на этих гелях с использованием УФ-трансиллюминатора (AlphaInnotech, Сан-Леандро, Калифорния, США) и использовали для количественного определения с использованием функции SpotDenso в программном обеспечении для визуализации ALPHAEASEFC (AlphaInnotech, Сан-Леандро, Калифорния, США).

Уровни экспрессии относятся к EF-1a. Все данные по экспрессии генов были статистически проанализированы с использованием Общей линейной модели (GLM) в SIGMAPLOT 11.0 (SystatSoftwareInc., Чикаго, Иллинойс, США).

2.3.2.2. Исследования в защищенном грунте (в теплице)

В этих исследованиях изучалось влияние различных штаммов биоагентов и химических индукторов на развитие альтернариоза картофеля (по методике James, 1973). Схема опыта в защищенном грунте на сортах картофеля представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Схема опыта в защищенном грунте на сортах картофеля

№	Биоагенты (8)	№	Химические индукторы (4)	Срок применения
1	<i>Flavobacterium sp.</i>	10	хитин	1 (день инокуляции)
2	<i>Pseudomonas mohnii</i>	11	хитозан	
3	<i>Pseudomonas jessenii</i>	9	аскорбиновая кислота	
4	<i>Trichoderma sp.</i>	12	салициловая кислота	
5	<i>Endospore bacterium</i>	13	контроль	2 (день после инокуляции)
6	<i>Bacillus thuringiensis</i>	-	-	
7	<i>Bacillus mycoides</i>	-	-	
8	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	-	-	

Опыт 1. (Вегетативное размножение картофеля, наблюдение за растениями 7 недель). Влияние биоагентов на интенсивность поражения картофеля альтернариозом при различных способах применения. Для каждого микроорганизма, тестируемого на подавление болезни, перед началом анализа определяли взаимосвязь между оптической плотностью (OD) культуры на питательной среде и концентрацией колониобразующих единиц. Концентрацию колониобразующих единиц (КОЕ) в суспензии определяли путем посева серийных разведений с последующим подсчетом колоний после образования колоний после инкубации (25 °С, темнота).

Рассчитанную концентрацию (КОЕ) для каждой стадии разбавления и данные зарегистрированного значения оптической плотности (OD) наносили на график, и для получения формулы, описывающей соотношение между концентрацией КОЕ и OD, использовали линейную регрессию: $x = (y+a)/b$,

где x - концентрацию колониобразующих единиц (КОЕ, мл),

y - оптической плотности (OD),

a и b - константы, полученные в результате регрессии.

Питательная среда (100 мл) готовили к дню начала анализа. По 2 мл на каждые 100 мл питательной среды центрифугировали, надосадочную жидкость удаляли и бактериальный осадок повторно суспендировали в 2 мл PPS и разбавляли в 10 раз в PPS перед считыванием оптической плотности (OD).

Предварительно определенное уравнение и значение OD затем использовали для расчета концентрации КОЕ в питательной культуре, после чего необходимый объем распределяли, центрифугировали, супернатант удаляли и осадок повторно суспендировали в 50 мл выбранного раствора для нанесения. Для скрининговых анализов бактериальный раствор для нанесения составлял 1: 1 (об. / об.) LB: PPS. Подсчет колоний после инкубации (25 ° С, темнота) можно было использовать для определения фактических концентраций (КОЕ).

Опыт 2. Клоновое размножение растений картофеля (наблюдение от всходов до клубнеобразования). Оценка эффективности потенциальных агентов биоконтроля.

Бактериальный инокулят. Для каждого бактериального изолята, тестируемого на подавление заболевания, связь между оптической плотностью (OD) культуры бульона и концентрацией колониеобразующих единиц (КОЕ) определяли до начала анализа в теплице. Для каждого изолята универсальные флаконы емкостью 18 мл, каждая из которых содержала 5 мл бульона Лурии Бертани (LB), инокулировали из бактериальных колоний, выращенных на NA, затем закрывали крышкой и инкубировали (25 ° С, в темноте, 180 об / мин при орбитальном встряхивании) в течение 24 часов. Из этих культур образцы по 2 мл распределяли в 98 мл LB в конических колбах емкостью 250 мл. Колбы закупоривали стерильной ватой и закрывали фольгой перед инкубацией при 30 ° С в темноте при 180 об / мин в течение 18 часов. Бульонную культуру (20 мл) помещали в пробирку с завинчивающейся крышкой на 50 мл и затем подвергали 3220 об / мин в течение 10 минут при 18 ° С в центрифуге (5810 R,

Erpendorf). Супернатант удаляли и бактериальный осадок ресуспендировали в 20 мл физиологического раствора пептона путем перемешивания вихревым потоком. Эту повторную суспензию подвергали 2-кратному и 10-кратному серийному разведению в PPS с записью OD при 600 нм (GeneSis 10 uvScanning, ThermoFisherScientific) для каждого этапа разбавления. Концентрацию КОЕ в повторной суспензии определяли путем посева аликвот серийных разведений на NA с последующим подсчетом колоний после образования колоний после инкубации (25 ° C, в темноте).

Культурные бульоны (100 мл) готовили к дню начала анализа. образцы по 2 мл на каждые 100 мл культурального бульона центрифугировали, супернатант удаляли и бактериальный осадок повторно суспендировали в 2 мл PPS и разбавляли в 10 раз в PPS перед считыванием OD. Предварительно определенное уравнение и значение OD затем использовали для расчета концентрации КОЕ в бульонной культуре, и необходимый объем дозировали, центрифугировали, супернатант удаляли и осадок повторно суспендировали в 50 мл выбранного раствора для нанесения. Бактериальный раствор для нанесения составлял 1: 1 (об. / Об.) LB: PPS. Для экранов 5, 6 и 7 использовался PPS. 10-кратное серийное разведение раствора для внесения бактерий также делали в PPS и наносили аликвоты на NA, так что подсчет колоний после инкубации (25 ° C, темнота) можно было использовать для определения фактических концентраций КОЕ.

Грибковый инокулят. Изоляты грибка сначала инокулировали с охлажденных стенок на чашки с КПК и инкубировали (25 ° C, в темноте) в течение 5 дней. Для скринингов от 2 до 5 по десять чашек PDA на изолят каждую инокулировали 1 м 2 агаровым квадратом мицелия из культуры PDA, герметично закрывали липкой пленкой (GLAD®) и инкубировали при комнатной температуре в коробке с синим светом (12/12). h цикл свет / темнота с синим освещением NARVA® LT 18W / 018) в течение 2 недель. Для экрана 6

и далее методом культивирования была инокуляция отрубей: флаконы с торфяными средами с пятью квадратами мицелия PDA, как описано ранее в этом разделе, и инкубировались в коробке с синим светом, как ранее подробно описано. Утром с начала анализа споры собирали со стерильной водопроводной водой; взбалтывали с поверхности культуры PDA или смешивали через среду отрубей: торф со стерильным стеклянным стержнем в 50 мл, затем фильтровали через Miracloth® (Calbiochem, MerckKGaA). Образец суспензии спор разводили в 100 раз водой, а концентрацию спор определяли, выполняя подсчет гемоцитометра на 10 мкл. Требуемый объем суспензии спор затем дозировали и доводили до 50 мл стерильной водой и хранили на льду до тех пор, пока это потребовалось.

Концентрации инокулята. На экранах целевая концентрация инокулята патогена составляла 0,30% мас. / Мас. Средний вес 0,9 л торфяной смеси был определен как 430 г, поэтому для обработки десяти повторностей (4,3 кг. Целевая скорость инокуляции для потенциальных агентов биоконтроля (BCA) для этих анализов составляла 1×10^6 КОЕ / спор на г торфяной смеси), что составляет $4,3 \times 10^9$ общих КОЕ или спор для обработки десяти повторностей. В качестве экрана содержится смесь обработки торфа и смеси почвы, скорость инокуляции для экранов, все три проверки и анализ подавления ранней гнили было изменено на соотношение w / v. Это было связано с разницей в плотности между двумя средами для выращивания, чтобы каждая обработка получала одинаковый вес инокулята или количество КОЕ / спор: для этих анализов была выбрана концентрация инокулята патогена 0,10% мас. / об., так как общая масса инокулята на обработку была близка к массе первых пяти скринингов (9,0 г), но все еще оставалась одной из выбранных использованных концентраций. BCA для этих более поздних экранов как 1×10^6 КОЕ / спор на мл среды для роста растений ($9,0 \times 10^9$ КОЕ / спор на обработку), за некоторыми исключениями (Nair and Ellingboe, 1962)

Биометрические показатели растений и урожайность картофеля.

После 7 недель роста и развития все растения картофеля промывали без среды для роста растений, и для каждого растения регистрировали общее количество столонов и столонов с видимыми повреждениями. Для анализов с использованием мини-клубней для каждого растения также определяли количество появившихся побегов, количество и долю не появившихся побегов с гнилыми или мертвыми вершинами («зазубренными»). Количество и массу клубней, а также сухую массу корней и побегов регистрировали для каждого растения (Nair and Ellingboe, 1962).

Ранняя диагностика и биологический контроль альтернариоза. Каждая обработка в этом эксперименте состояла из десяти повторяющихся высевов (РВ 8; емкость 4,5 л, коммерческая Egmont), каждая из которых содержала субстрат для выращивания растений и одно растение картофеля. Для каждой обработки 40 мл смеси почва-пемза наносили на чистую пластиковую пленку, а затем для обработок, требующих инокуляции патогенами (все, кроме непатогенного контроля), 40 г зараженной среды ячменя + V8® (изолят Rs018- 2, культивируется, как подробно описано в пункте 4.3.1.3), тщательно перемешивали с помощью мастерка в среде для роста растений. При лечении грибом (4×10^{10} спор в 300 мл стерильной водопроводной воды) или бактериальным инокулятом (4×10^{10} КОЕ в 300 мл PPS) или пенцикуроном (90 мг, доведенное до 300 мл водопроводной водой) растворы для нанесения равномерно распределялись по средам для выращивания растений, которую затем также тщательно перемешивали. Среду для выращивания на обработанном растении затем поровну распределяли между десятью пакетами сеялок РВ 8 и одним маленьким семенным картофелем (сорта Романо и Лабелла, средний вес 16,7 г) без инокулята и стерилизовали поверхность (2 мин в 2%-ном растворе гипохлорита натрия, затем дважды промывали в водопроводной воде), сажали в мешок на глубину 50 мм. Пакеты были собраны

в рендомизированную блочную конструкцию, по десять блоков в каждом с одним повторением обработки на блок, в затемненном помещении и поливались по мере необходимости. Растения выращивали в течение 18 недель, после чего их срезали на уровне почвы. Еще через 3 недели дочерние клубни вынимали, промывали от почвы и регистрировали количество и общую массу, а также товарный урожай клубней (исключая уродливые клубни и клубни длиной <45 мм или > 85 мм (NIAB, 2009)). Степень наличия черного налета на каждом клубне оценивали с использованием стандартных диаграмм, описанных James (1973).

Химические индукторы (ХИ) для подавления альтернариоза картофеля. Ячменное зерно + соковую среду V8® инокулировали агаровыми пробками с края растущей колонии альтернариоза изолята Rs043-2 и прививали патогеном в течение 2 недель при температуре 25°C в темноте. Скорость инокуляции составляла 0,10% (Вт/в).

В этих экспериментах использовались следующие химические индукторы:

1. Аскорбиновая кислота — биологически активное органическое соединение ($C_6H_8O_6$), участвует в биохимических процессах. По физическим свойствам аскорбиновая кислота представляет собой белый кристаллический порошок кислого вкуса. Легко растворима в воде, в спирте. Температура плавления L-аскорбиновой кислоты — 190—192 °C (с разложением).

2. Салициловая кислота - 2-гидроксibenзойная или фенольная кислота, $C_6H_4(OH)COOH$; бесцветные кристаллы, хорошо растворима в этаноле, диэтиловом эфире и других неполярных органических растворителях, плохо растворима в воде (1,8 г/л при 20 °C).

3. Хитин: Поли-[1→4]-β-N-ацетил-D-глюкозамин, полученный из панцирей крабов (Sigma® , Сент-Луис, MO).

4. Хитозан: Катионный полисахарид основного характера, аминсахар, производное линейного полисахарида, макромолекулы состоят из случайно связанных β -(1-4) D-глюкозаминовых звеньев и N-ацетил-D-глюкозамин (хитозан получают из хитина, в природе встречается в клеточных стенках клеток грибов отдела Zygomycota (в комплексе с хитином) и панцирях ракообразных).

Необходимые массы индукторов предварительно взвешивали в пластиковых ведрах (58 г, 115 г и 230 г для хитина, хитозана), и ведрах, изготовленных по 10 л, с почвой. Эти концентрации были рассчитаны как эквивалентные 0,25, 0,5, 1,0 и 2,0 т/га соответственно. Содержимое каждого ведра выливали на чистую пластиковую пленку и вручную перемешивали с предварительно взвешенным патогенным ячменем (10,0 г). Затем десять пластиковых горшков объемом 0,9 л с отдельными блюдцами были заполнены инокулированной средой и помещены в рандомизированную блочную конструкцию (десять блоков, по одному экземпляру на блок) в терморегулируемую тепличную ячейку компании Plant and Food Research Ltd. (Lincoln). Через 2 недели предварительно проросшие клубни (Романо и Лабелла) высаживали по одному на горшок на глубину около 30 мм. Горшки поливали для поддержания влажности по мере необходимости. 20 см в высоту они получали по 30 мл 0,01% раствора жидкого удобрения High NK™ (N8:P6:K13,5) дважды в неделю для предотвращения дефицита питательных веществ. Растения картофеля (вегетативное размножение) собирали для анализа через 7 недель после высадки в грунт, а другие растения (клоновое размножение) доводили до клубнеобразования для определения урожайности.

Определение биометрических характеристик и урожайности картофеля. Корни растений отмывали от питательной среды и регистрировали для каждого растения следующие параметры: количество побегов (общее и

количество с поражениями), количество клубней (общее и количество деформированных или поврежденных поражениями), общую массу клубней и сухую массу корней и побегов. Затем растение картофеля извлекали из горшка и брали еще один образец из питательной среды внутри горшка (James, 1973).

2.3.2.3. Полевые опыты

Трехлетний полевой эксперимент был проведен в Базарно-Карабулакском районе Саратовской области в 2016–2018 годах в рендомизированных блоках в четырех повторностях. Опыты в полевых условиях проводились на искусственном инфекционном фоне. Заражение альтернариозом проводили по методике Novisel et.al. (2014) и Genzel (2017).

В полевых опытах изучалось влияние биоагентов на биометрические показатели растений, развитие альтернариоза и урожайность картофеля. Перед посадкой клубни были обработаны биоагентами.

В последствии растения (через 35 дней после посадки) были инокулированы суспензией мицелия. Обработка была проведена рано утром, суспензия содержала 2×10^5 мицелия фрагментов на миллилитр с добавлением 1% желатина. В течение вегетации растения опрыскивали биоагентами трижды с интервалом 7 дней.

Опыт был заложен рендомизированным методом. Площадь одной делянки $20,0 \text{ м}^2$. 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. Схемы опыта представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Схема опыта в полевых условиях на сортах картофеля Романо и Лабелла (ИП Глава КФХ Моисеев А.В., Базарно Карабулакский район, 2016-2018 гг.)

Варианты опыта	Обработка клубней (норма расхода)	Обработка в период вегетации (норма расхода)
<i>Flavobacterium sp.</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Pseudomonas mohnii</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Pseudomonas jessenii</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Trichoderma sp.</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Endospore bacterium</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Bacillus thuringiensis</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Bacillus mycoides</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	0,4 л/т	1,2 л/т
Контроль	вода	вода

Экономическую эффективность определяли по методике А.В. Голубева, Л.В. Трушиной (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».

3.РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1.Лабораторные опыты

3.1.1.Выделение микробных биоагентов в чистую культуру и их идентификация

В ходе исследований в трех районах Саратовской области из селективных изолятов были получены 67 изолятов микроорганизмов (биоагентов), выделенных из образцов почвы или тканей растений картофеля. Общее количество изолятов, полученных в результате трех селективных процедур: флуоресцентный на среде Kings 'B' (KB) и селективной среде Trichoderma (TSM) из почвенных разведений, нестерильных (N.S.) и поверхностно-стерилизованных (S.S.) тканей растений картофеля представлено в таблице 6.

Таблица 6- Изоляты микроорганизмов полученные в почве и на растениях картофеля

Место-положение	Процедура отбора	Растительная ткань картофеля						Почва	Всего
		Корень		Стебель		Клубень			
		N.S.	S.S.	N.S.	S.S.	N.S.	S.S.		
Саратовский район	KB	2	1	0	2	0	1	2	8
	TSM	3	1	0	1	1	0	1	7
Энгельсский район	KB	3	1	2	1	2	1	4	14
	TSM	1	1	2	0	3	1	3	11
Базарно карабулакский район	KB	3	2	0	1	5	2	4	17
	TSM	1	0	2	1	3	1	2	10
Всего		13	6	6	6	14	6	16	67

Отбор изолятов для анализов invitro. Изоляты для скрининга **invitro** для подавления болезни картофеля были отобраны по (потенциальному) наличию двух признаков: сильной конкуренции с *A. solani* и колонизации внутренних тканей растения или стимуляции роста.

Параллельное исследование стимуляции роста картофеля с помощью биоинокулянтов скринировало многие изоляты из этого исследования, и эти результаты определили выбор потенциальных стимуляторов роста.

Подавление биоагентами *Alternaria solani* in vitro. Тест на антибиоз *invitro* показал, что тестируемый биоагентов проявлял прямую активность против *A. solani*, ингибируя их рост (таблица 7).

Таблица 7- Микробные изоляты из тканей растений картофеля почвы, отобранные для скрининга биоагентов для контроля *Alternaria solani* in vivo

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>	
Побеги	<i>Bacillus mycoides</i>	Энгельсский район
Клубень	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	

Проведенные в наших исследованиях (2016-2018 гг.) выделение и отбор биоагентов для биоконтроля альтернариоза картофеля из трех районов Саратовской области (Базарно-карабулакский, Саратовский и Энгельсский), обусловлен тем, что с давних пор Базарно- Карабулакский картофель славился в области и за ее пределами. Именно в этом районе картофелеводство имело самые

большие в Саратовском Правобережье масштабы. Саратовский и Энгельсский районы выбраны так же из-за объемов выращиваемого картофеля. Кроме того, в этих районах имеется давняя историю выращивания картофеля и овощных культур (в основном на орошении), что делает эти локации перспективными для изучения инфекционного фона и полезной почвенной биоты на посевах картофеля. 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.

3.1.2. Влияние биоагентов на прораствание спор и мицелиальный рост

Alternaria solani

Влияние срока применения биоагентов на рост мицелия *Alternaria solani*. Чтобы оценить эффективность микроорганизмов против *A. solani* *in vitro*, использовали тест на двойную культуру.

Колонии микроорганизмов были разделены между двумя частями агара, колонизированными патогеном за день до или через день после или одновременно с присутствием патогена. Результаты по влиянию сроков применения штаммов микроорганизмов для роста патогена представлены в таблице 8.

Эффект был более выраженным при применении штаммов микроорганизмов перед культивированием патогена и уменьшался после выращивания мицелия патогена на среде без существенной разницы между двумя штаммами в ингибировании роста мицелия. Применение микроорганизмов в разное время приводило к значительному снижению роста мицелия по сравнению с необработанными культуральными средами.

Таблица 8 - 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 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): $F_{\phi} = 25,42 > F_{05} = 1,85$

$HCP_{05} = 0,241$

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.

Влияние концентрации инокулята биоагентов на рост мицелия *Alternaria solani*. Эффективность штаммов микроорганизмов в отношении роста мицелия патогена была исследована с использованием различных концентраций в диапазоне 10^4 - 10^6 клеток мл⁻¹. Как правило, штаммы микроорганизмов сильно ингибируют рост мицелия возбудителя (таблица 9).

Таблица 9 - Влияние микроорганизмов на мицелиальный рост *Alternaria solani* в зависимости от различных концентраций биоагента (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	1	1
		-	-

	.74	.41	.15		
--	-----	-----	-----	--	--

Примечание (продолжение таблицы 9):

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

Для сравнения частных

средних (варианты)	$F_{\phi} = 64,65 > F_{05} = 1,63$	$HCP_{05} = 0,188$
Фактор (А):	$F_{\phi} = 120,09 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 0,108$
Фактор (Б):	$F_{\phi} = 176,26 > F_{05} = 3,09$	$HCP_{05} = 0,063$
Фактор (А×Б):	$F_{\phi} = 22,97 > F_{05} = 1,85$	$HCP_{05} = 0,188$

Увеличение концентраций штаммов микроорганизмов усилило это торможение. Влияние штаммов микроорганизмов на рост возбудителя оказалось наиболее высоким у *Trichoderma sp.* (0.554мм), также хорошие показатели контроля патогена показали *Pseudomonas brassicacearum* (0.74мм) и *Pseudomonas jessenii* (0.81мм). С другой стороны, *Bacillus mycoides* оказывали наиболее длительный эффект, подавляя рост патогена в мицелии.

Влияние биоагентов на прорастание спор *Alternaria solani*.

Эффективность микроорганизмов против прорастания спор *Alternaria solani* *in vitro* изучали в соответствии с методом, описанным Nair и Ellingboe (1962).

При воздействии на патоген биоагентов *Endosporebacterium* и *Pseudomonas brassicacearum*, *Flavobacterium sp.* снижение мицелиального роста было незначительным (24, 29 и 32% соответственно), по сравнению с другими антагонистическими микроорганизмами. В контрольном варианте примерно 30% спор не проросло (рисунок 2).

Тест на антибиоз *in vitro* показал, что штаммы микроорганизмов проявляют прямую активность патогена *A. solani*, подавляя их рост. Эти результаты подтвердили, что антагонисты продуцируют токсические вещества, обладающие антимикробным действием в отношении патогена. Возможно, эти вещества являются биологически активными соединениями, полученными из липопептидов типа сурфактина, итурина и фенгицина, которые часто считаются

токсичными для патогенов (Magnet-Dana et.al., 1992; Ongena et.al., 2005; Реурoux et.al., 1999).

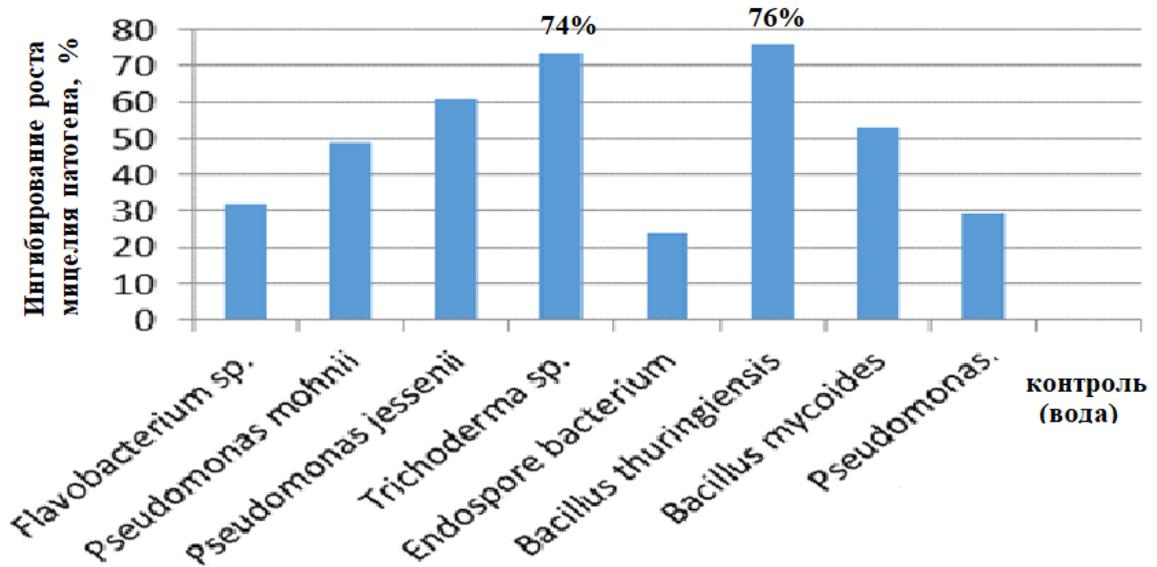


Рисунок 2 - Ингибирующее влияние микроорганизмов на рост мицелия *Alternaria solani* in vitro ($F_{\phi} = 92,647 > F_{05} = 2,36$, НСР₀₅ = 7.585)

Результаты показали, что ингибирующий эффект варьировался в зависимости от вида микроорганизма, а самый сильный эффект на прекращение прорастания спор был у *Bacillus thuringiensis* (76% снижение прорастания спор патогена), чуть ниже у *Trichoderma sp.* (74%) и *Pseudomonas jessenii* (61%) и далее в порядке убывания: *Bacillus mycoides* (53%), *Pseudomonas mohnii* (49%).

3.1.3. Влияние биоагентов на дифференциальное проявление гена защиты картофеля от *Alternaria solani*

Проявление генов в листьях картофеля. Анализированы уровни экспрессии генов PAL-1, PAL-2, PR-1 PR-2 и PR-5 в листьях двух сортов во временном диапазоне 0 часов после прививки (hpi) до 14 дни после прививки

(dpi), при обработках биоагентами :а - контроль; б – *Flavobacterium sp*; с – *Pseudomonas mohnii*; d - *P. jessenii*; е - *Trichoderma sp.*; f - *Endospore bacterium*; g - *Bacillus thuringiensis*; h - *B. mycoides*; i - *P. brassicacearum*(рисунки 3-7).

В контрольном варианте(безобработке биоагентами)генPAL-1 сильнее выявлялся в листьях относительно умеренно устойчивый тип (MR - moderately resistant) сорта Лабелла, чем в листьях восприимчивого типа (S - susceptible) сорта Романо. В ответ на обработку *Flavobacterium sp.* гена PAL-1 не обнаружил реакцию (уровень экспрессии генов (относительно EF-1) был на уровне контроля).

Наивысший уровень экспрессии гена PAL-1 выявлялось в ответ на обработку *Trichoderma sp.* у сорта Лабелла и *Bacillus thuringiensis* у восприимчивого сорта Романо. Отметим, что в результате эксперимента проявления PAL-1 при прививании *Bacillus thuringiensis* у обоих сортов картофеля как у устойчивого к патогену (Лабелла) так и восприимчивого (Романо) динамика изменения экспрессии гена была практически идентичны. В то же время наблюдалась разные уровни экспрессии гена PAL-1 значительно различались между этими двумя сортами при прививании *Trichoderma sp.*

В варианте с *Endospore bacterium* наблюдалось раннее увеличение PAL-1 с последующим устойчивым снижением, тогда как с *Trichoderma sp.* увеличение произошло только на 14-й дней после инокуляции (14 dpi) (рисунок 3).

PAL-2, так же как и PAL-1, сильнее выявлялся в листьях сорта Лабелла, чем в листьях сорта Романо.

У сорта Лабелла проявление PAL-2 выявлялось в ответ на обработку *Bacillus thuringiensis*, у восприимчивого сорта Романо проявление PAL-2 выявлялось в ответ на обработку *Trichoderma sp.*, *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas jessenii*.

На воздействие препаратами *Flavobacterium sp* и *Bacillus mycoides* в сортах картофеля не наблюдалось никакой реакции гена.

В варианте *Endospore bacterium* наблюдалось раннее увеличение PAL-2 с последующим устойчивым снижением, тогда как с *Trichoderma sp.* увеличение произошло только на 14 дней после прививки (350 hpi). В общем, при обработках всеми биоагентами в экспрессии PAL - 2 не было выявлено достоверных различий между двумя сортами (рисунок 4).

PR-белки (pathogenesis-related proteins) – экстраклеточные белки, синтезируемые в растительной клетке при атаке патогеном. Иннокуляция индуцировала экспрессию гена PR-1 в устойчивом сорте (Лабелла), тогда как в листьях у восприимчивого Романо не наблюдалось никакой реакции.

Анализ экспрессии гена PR-1 показал, что в ответ на обработку *Endospore bacterium* у сорта Лабелла выявлена активная реакция, а у восприимчивого сорта реакция гена на *Pseudomonas brassicacearum*. На воздействие биоагентами *Trichoderma sp* и *Pseudomonas jessenii* не наблюдалось никакой реакции.

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 dpi.

В результате эксперимента не было выявлено существенных различий в проявлении PR-1 между двумя сортами при прививании *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas jessenii*. Значимые различия наблюдались в проявлении PR-1 между двумя сортами при прививании *Pseudomonas mohnii* и *Endospore bacterium* (рисунок 5).

Анализ индукции экспрессии гена PR-2 в устойчивом сорте (Лабелла), и в восприимчивом сорте Романо продемонстрировал закономерность аналогичную с экспрессии гена PR-1.

Проявление гена PR-2 выявлялось в ответ на обработку *Trichoderma sp.* у сорта Лабелла, а *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas jessenii* у Романо. В то время как на другие виды обработки реакции не наблюдалось.

Ген PR-2 имел более заметную базальную экспрессию в листьях восприимчивого сорта (Романо), чем у устойчивого к альтернариозу сорта Лабелла.

Раннего увеличения PR-2 не было, так у *B. thuringiensis* это увеличение произошло на 3 день после инокуляции (72 hpi). В результате эксперимента не было выявлено существенных различий в проявлении PR-2 между двумя сортами при прививании *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas jessenii*, в то время как значимые различия наблюдались в проявлении PR-2 между двумя сортами в процессе остальных обработок (рисунок 6).

Ген PR-5 имел более высокую базальную экспрессию в листьях сорта Лабелла, чем у Романо (восприимчивого сорта).

Проявление гена PR-5 выявлялось в ответ на обработку *Endosporebacterium* у сорта Лабелла, а у восприимчивого сорта Романо - на обработку *Pseudomonas brassicacearum*. При воздействии биоагентами *Trichoderma sp.* и *Flavobacterium sp.* не наблюдалось никакой реакции.

У *Pseudomonas brassicacearum* наблюдалось раннее повышение гена PR-5 с последующим устойчивым снижением, тогда как у *Endosporebacterium* это увеличение произошло только на 14-й день (336 hpi). В результате эксперимента не было выявлено существенных различий в проявлении PR-5 между двумя сортами при прививании *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas jessenii*, в то время как значимые различия наблюдались в проявлении PR-5 между двумя сортами при прививании *Pseudomonas tohnii* и *Endospore bacterium* (рисунок 7).

Проявление генов в корнях картофеля. Анализированы уровни экспрессии генов PAL-1, PAL-2, PR-1 PR-2 и PR-5 в корнях двух сортов картофеля во временном диапазоне 0 часов после прививки (hpi) до 14 дни после прививки (dpi), при обработках биоагентами: а - контроль; б – *Flavobacterium sp.*; с – *Pseudomonas tohnii*; d - *P. jessenii*; е - *Trichoderma sp.*; f -

Endospore bacterium; g - *Bacillus thuringiensis*; h - *B. mycooides*; i - *P. brassicacearum* (рисунки 8-12).

Проявление гена PAL-1 выявлялось в ответ на обработку *Pseudomonas jessenii* и *Pseudomonas brassicacearum* у сорта Лабелла, в то время как у восприимчивого сорта не наблюдалось никакого ответа на все виды обработки. Ген PAL 1 сильнее выражен в корнях сорта Лабелла, чем в корнях сорта Романо. При использовании штаммов *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas brassicacearum* наблюдалось раннее увеличение PAL-1 с последующим устойчивым снижением (рисунок 8).

Проявление PAL-2 выявлялось в ответ на обработку *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas tohunii* у сорта Лабелла, а у восприимчивого сорта Романо - *Trichoderma sp.* На воздействие микроорганизмов *Flavobacterium sp* и *Pseudomonas brassicacearum* никакой реакции не наблюдалось. PAL-2 сильнее выявлялся в корнях сорта Лабелла, чем в корнях сорта Романо.

Раннее увеличение PAL-2 с последующим устойчивым снижением наблюдалось в варианте с *Bacillus thuringiensis* (рисунок 9).

Проявление PR-1 выявлялось в ответ на обработку *Pseudomonas jessenii* и *Bacillus mycooides* у сорта Лабелла, а *Trichoderma sp.* у восприимчивого сорта Романо. На воздействие прививками биоагентами *Pseudomonas tohunii* и *Endosporebacterium* не наблюдалось никакой реакции.

Раннее увеличение 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 (168 hpi). В результате эксперимента не было выявлено существенных различий между двумя сортами при прививании *Endospore bacterium* и *Pseudomonas brassicacearum*, в то время как значимые различия наблюдались в проявлении PR-1 между двумя сортами при прививании *Trichoderma sp* и *Bacillus mycooides* (рисунок 10).

Проявление PR-2 выявлялось в ответ на обработку *Trichoderma sp.* и *Pseudomonas tohnii* у сорта Лабелла, а *Pseudomonas tohnii* - у сорта Романо, в то время как на обработку *Flavobacterium sp.* и *Pseudomonas brassicacearum* реакции не наблюдалось. Ген PR-2 имел более высокую базальную экспрессию в листьях Лабелла, чем у восприимчивого сорта (Романо). При использовании *Pseudomonas jessenii* и *Trichoderma sp.* наблюдалось раннее увеличение PR-2 с последующим устойчивым снижением, тогда как у *Pseudomonas jessenii* это увеличение произошло только на 7 dpi (рисунок 11).

Проявление PR-5 выявлялось в ответ на обработку *Bacillus thuringiensis* и *Trichoderma sp.* у сорта Лабелла, в то время как у восприимчивого сорта не наблюдалось никакого ответа на все виды обработки. На воздействие препаратами *Flavobacterium sp.* и *Pseudomonas brassicacearum* не наблюдалось никакой реакции. Ген PR-5 имел более высокую базальную экспрессию в корнях сорта Лабелла, чем у сорта Романо. В вариантах с *Bacillus thuringiensis* наблюдалось раннее увеличение PR-5 с последующим устойчивым снижением, тогда как при применении *Endospore bacterium* это увеличение произошло только на 14 dpi. В результате эксперимента не было выявлено существенных различий между двумя сортами при прививании *Flavobacterium sp.* и *Pseudomonas brassicacearum*, в то время как значимые различия наблюдались в проявлении гена PR-5 между двумя сортами при прививании *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* (рисунок 12).

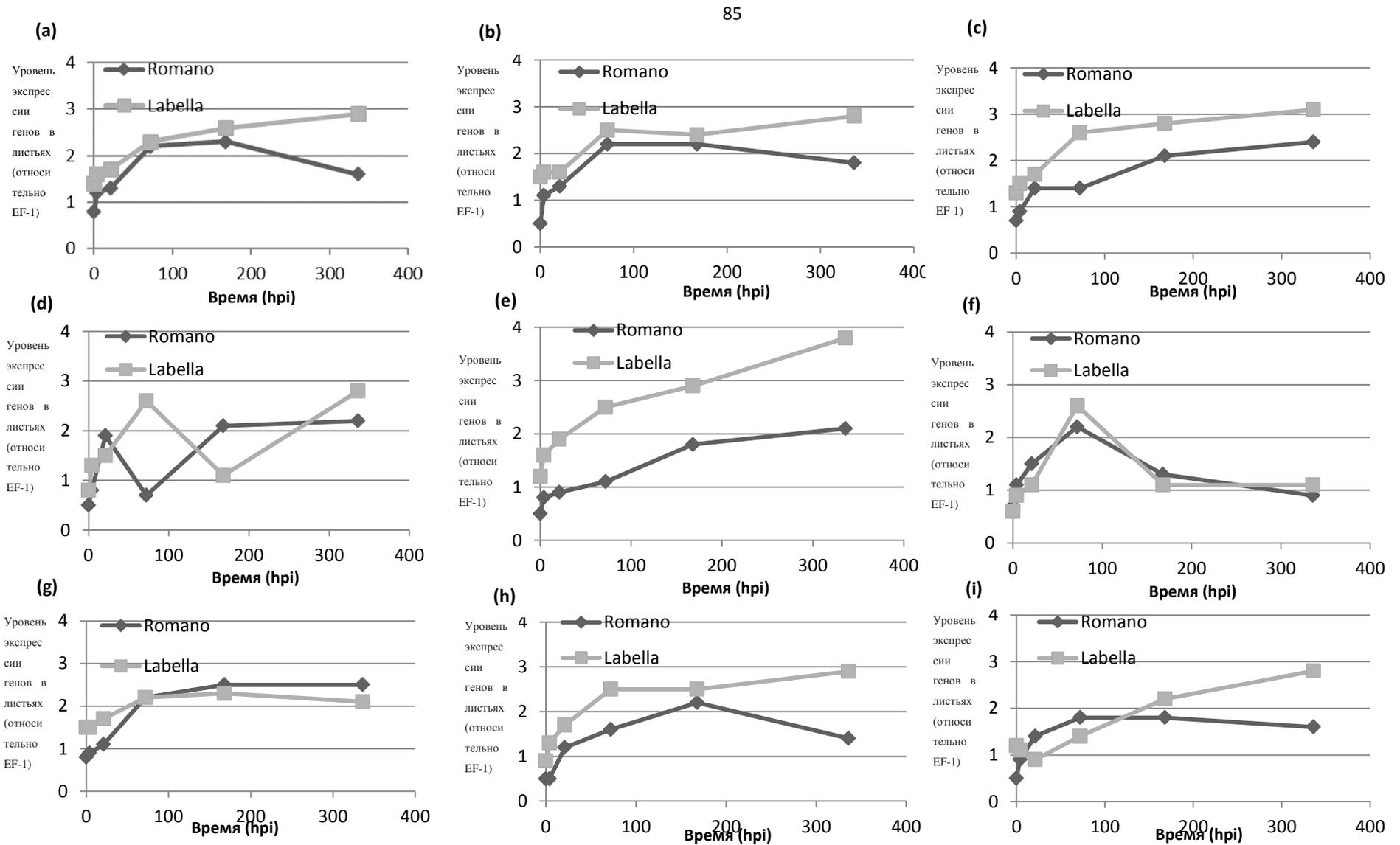


Рисунок 3 - Анализ экспрессии гена PAL-1 в листьях двух сортов (при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P.mohnii*. (d) *P.jesseni*; (e) *T. sp.*; (f) *E.bacterium* (g) *B.thuringiensis*; (h) *B.mycooides*; (i) *P.brassicacearum*.

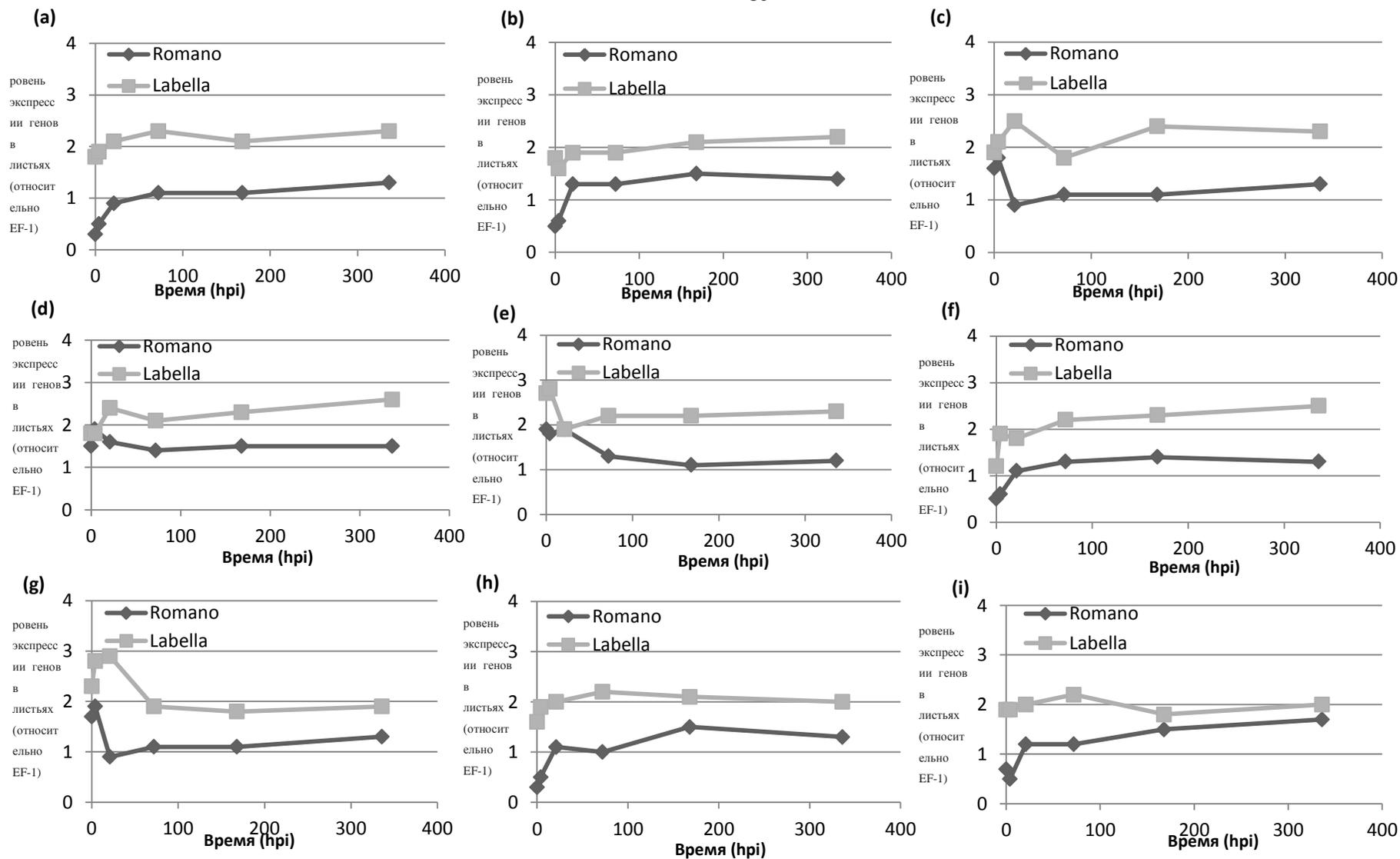


Рисунок 4 - Анализ экспрессии гена PAL-2 в листьях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii*. (d) *P. jesseni*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis*; (h) *B. mycoides*; (i) *P. brassicacearum*.

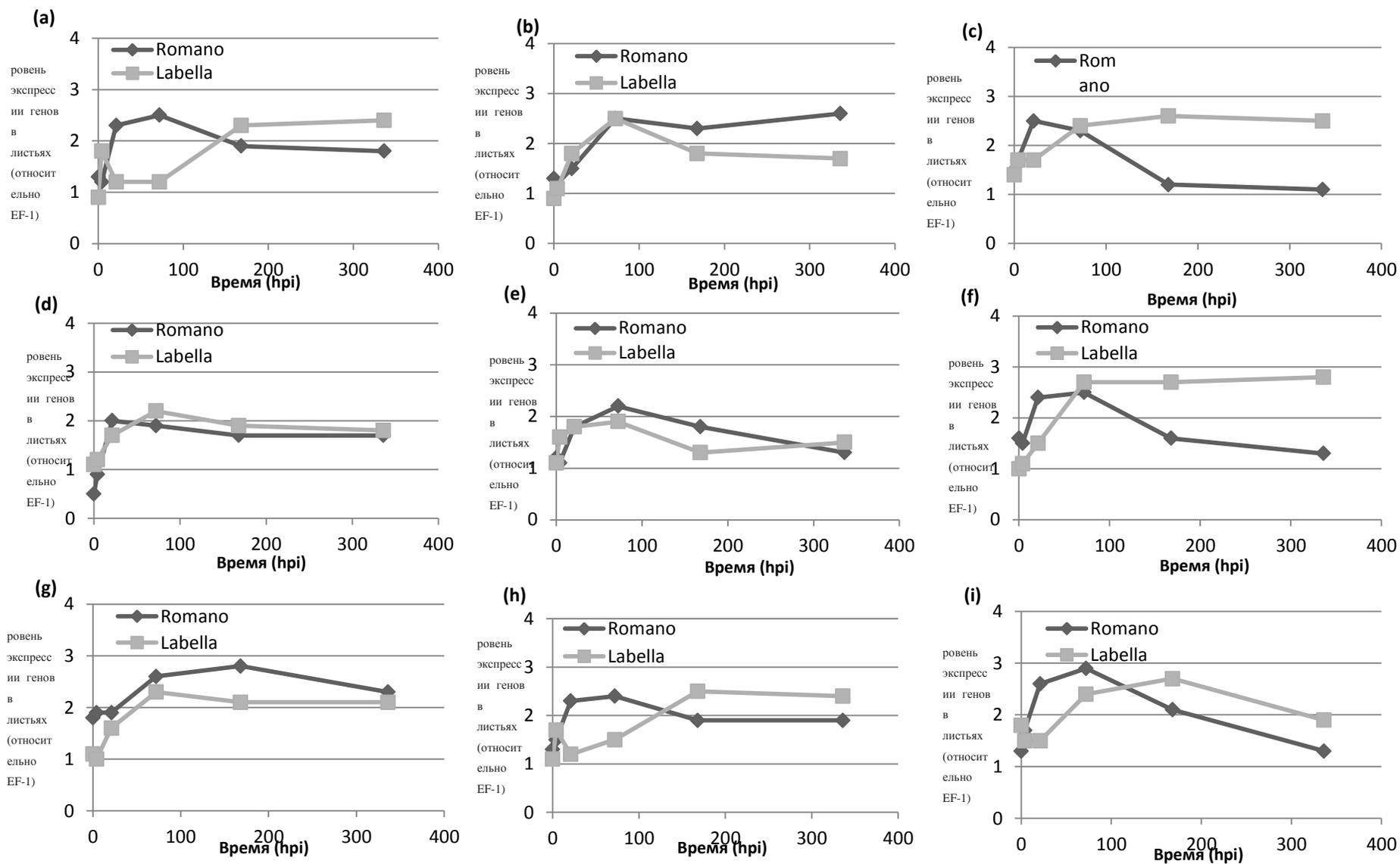


Рисунок 5 - Анализ экспрессии гена PR-1 в листьях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii.* (d) *P. jessenii.*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis.*; (h) *B. mycoides.*; (i) *P. brassicacearum.*

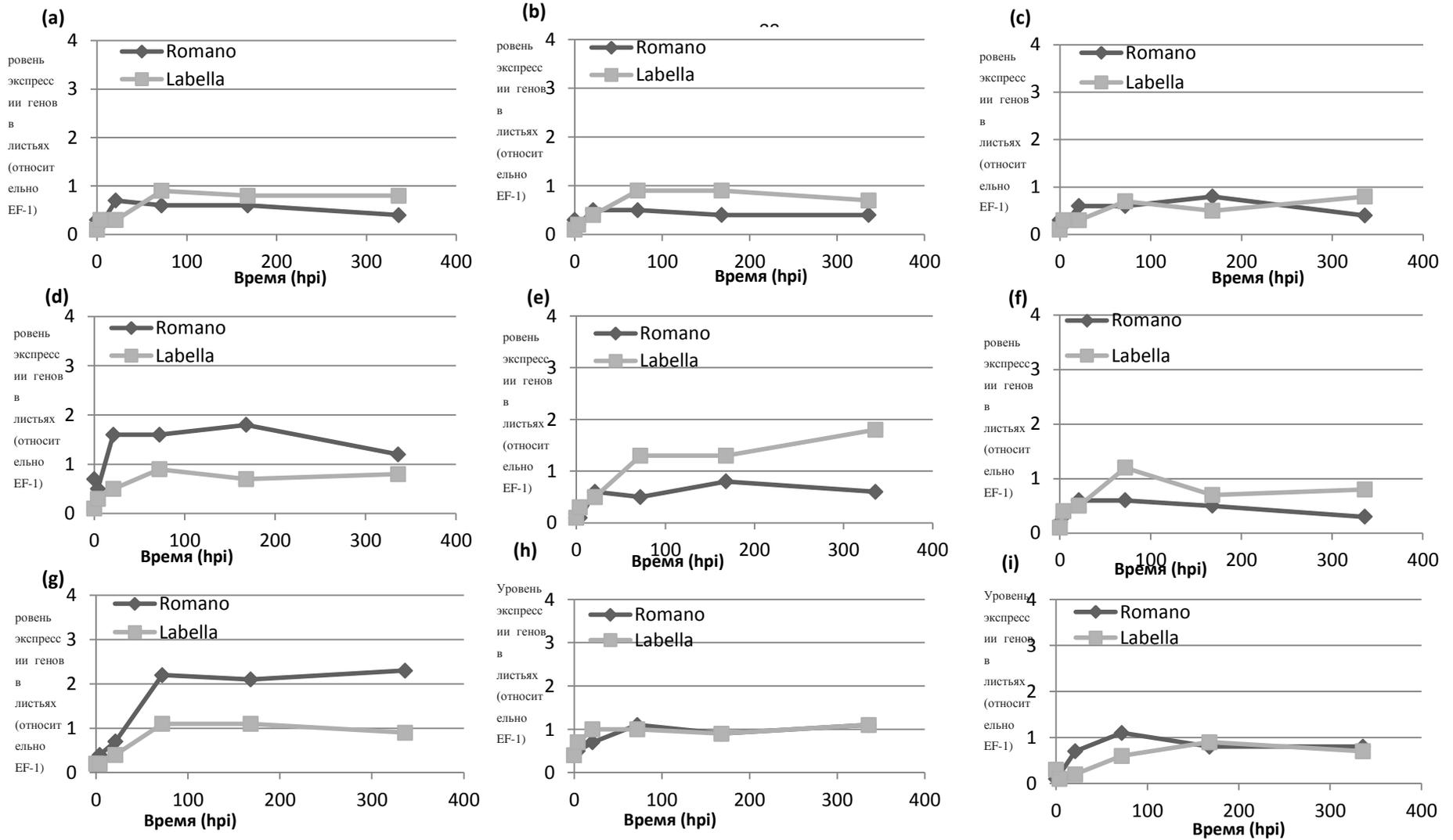


Рисунок 6 - Анализ экспрессии гена PR-2 в листьях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii*. (d) *P. jesseni*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis*; (h) *B. mycooides*; (i) *P. brassicacearum*.

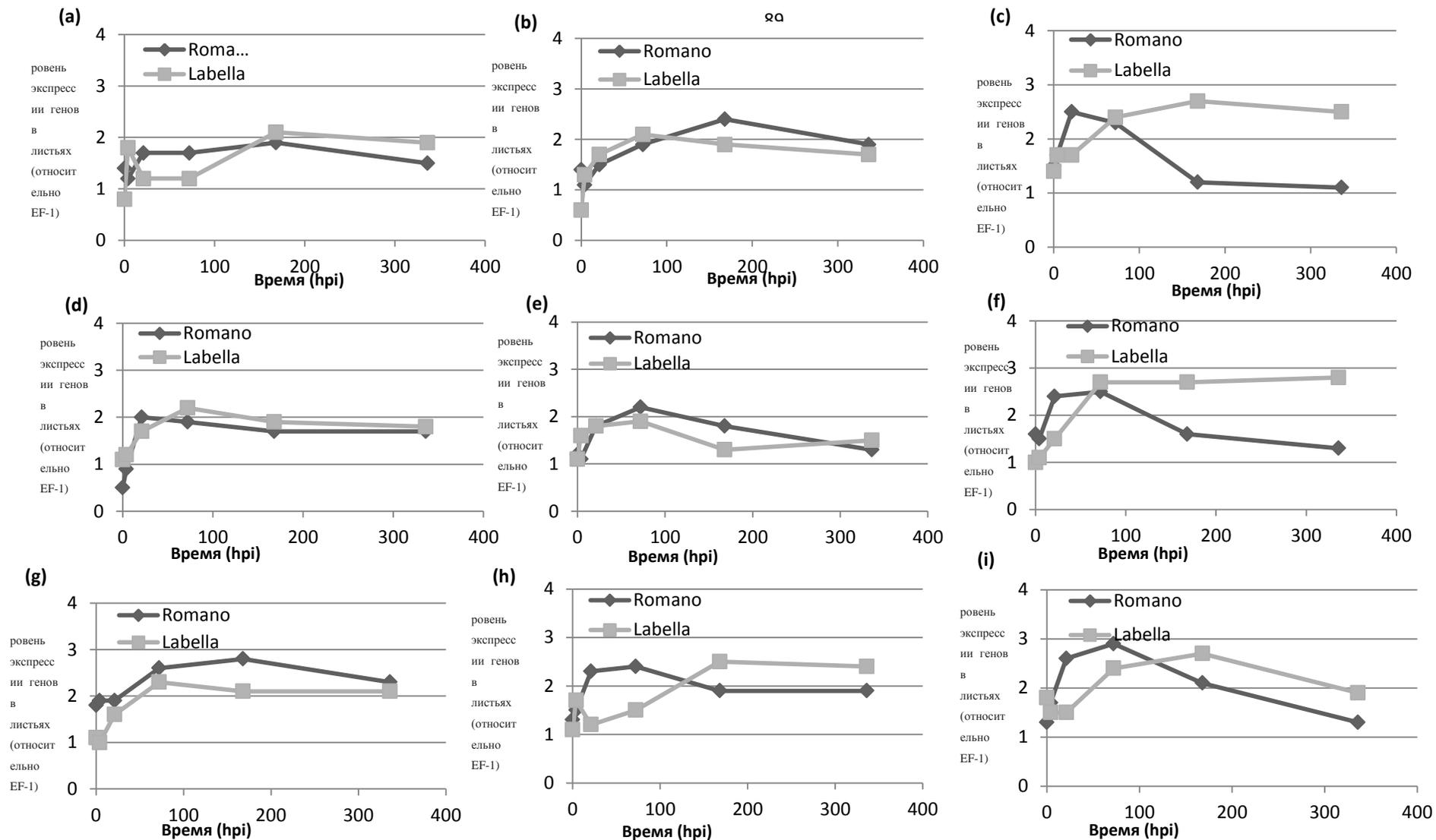


Рисунок 7- Анализ экспрессии гена PR-5 в листьях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P.mohnii*. (d) *P. jessenii*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis*; (h) *B. mycoides*; (i) *P. brassicacearum*

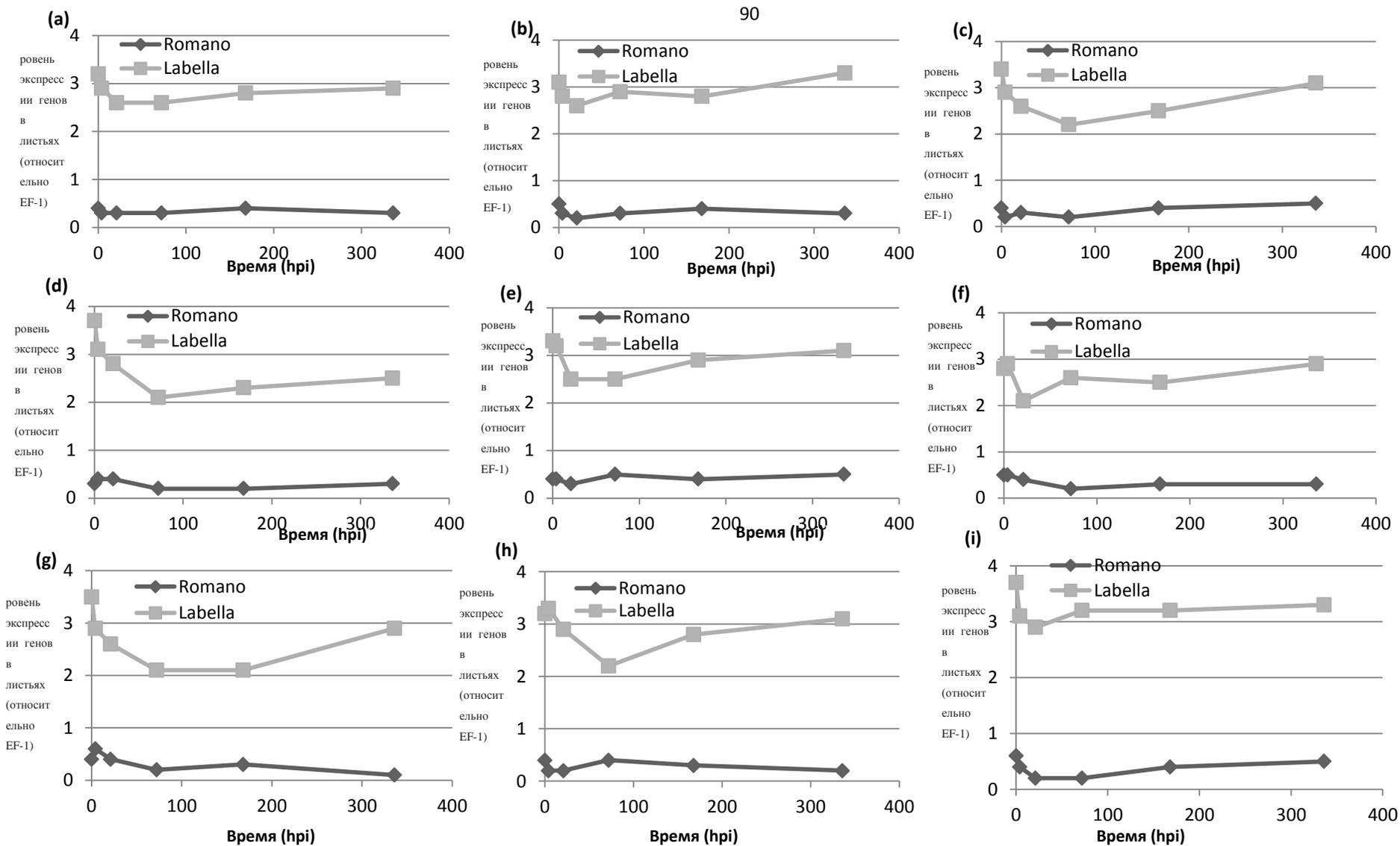


Рисунок 8 - Анализ экспрессии гена PAL-1 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii.* (d) *P. jessenii.*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis.*; (h) *B. mycooides.*; (i) *P. brassicacearum.*

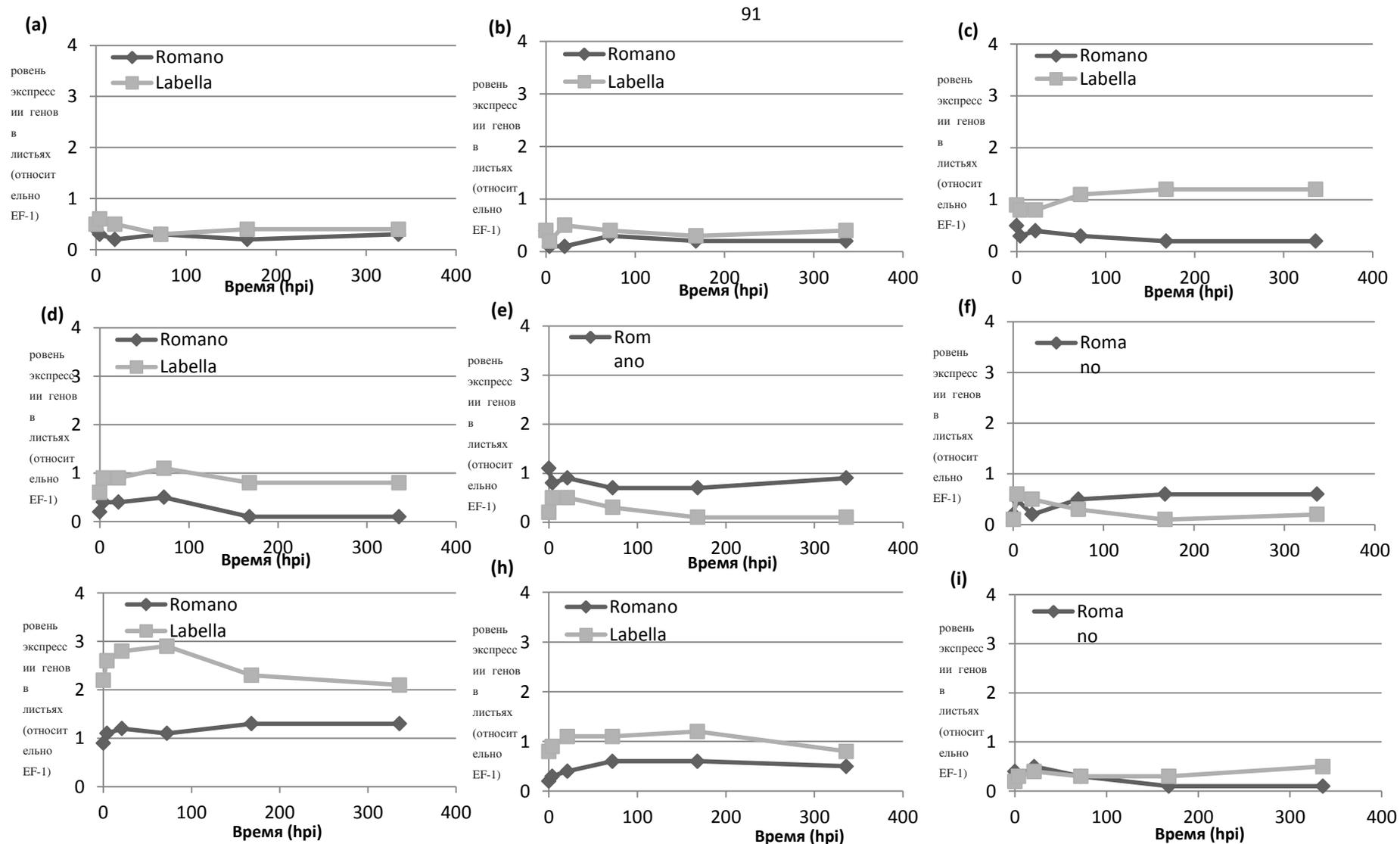


Рисунок 9 - Анализ экспрессии гена PAL-2 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii*. (d) *P. jessenii*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis*; (h) *B. mycoides*; (i) *P. brassicacearum*.

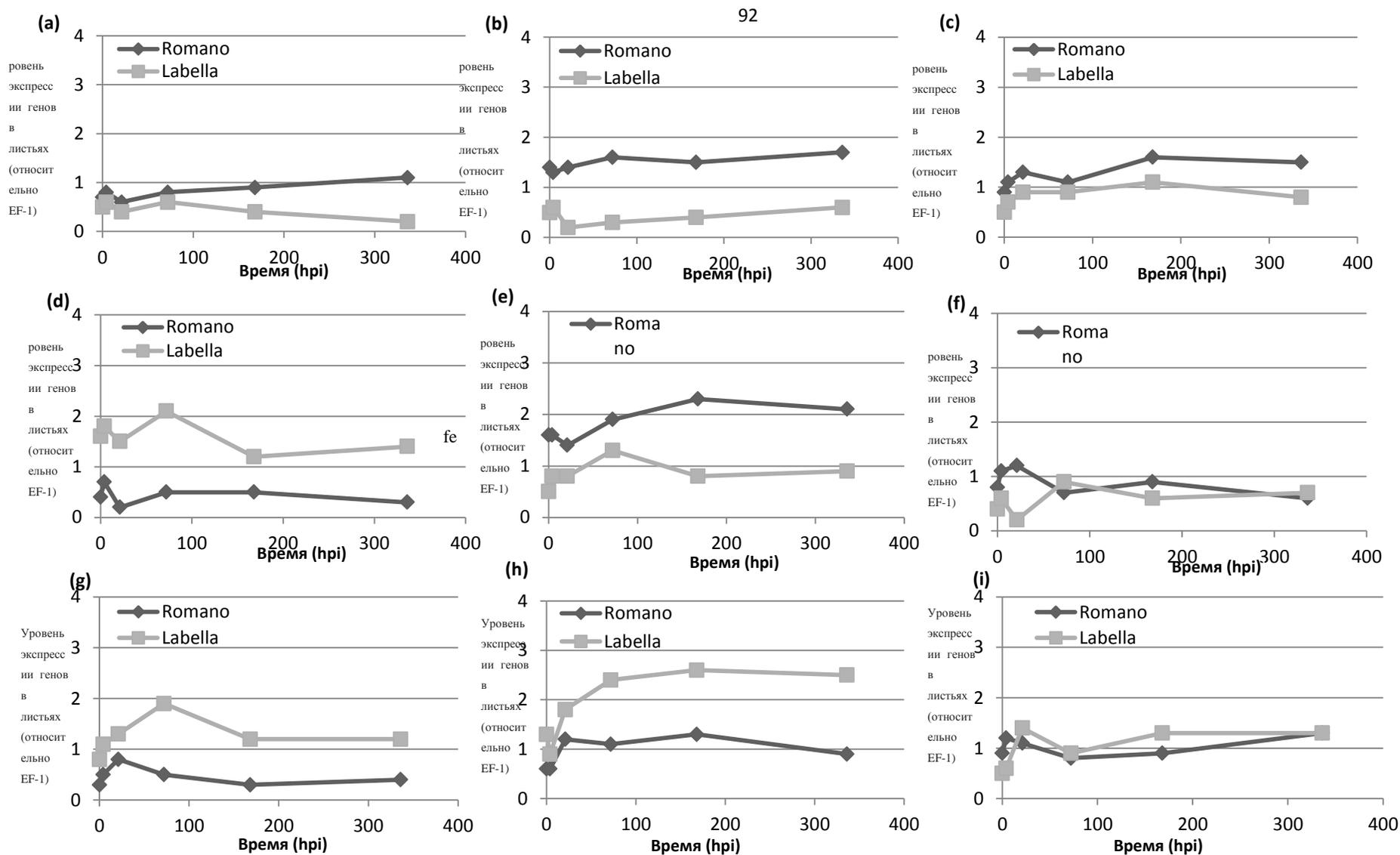


Рисунок 10- Анализ экспрессии гена PR-1 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii.* (d) *P. jessenii.*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis.*; (h) *B. mycooides.*; (i) *P. brassicacearum.*

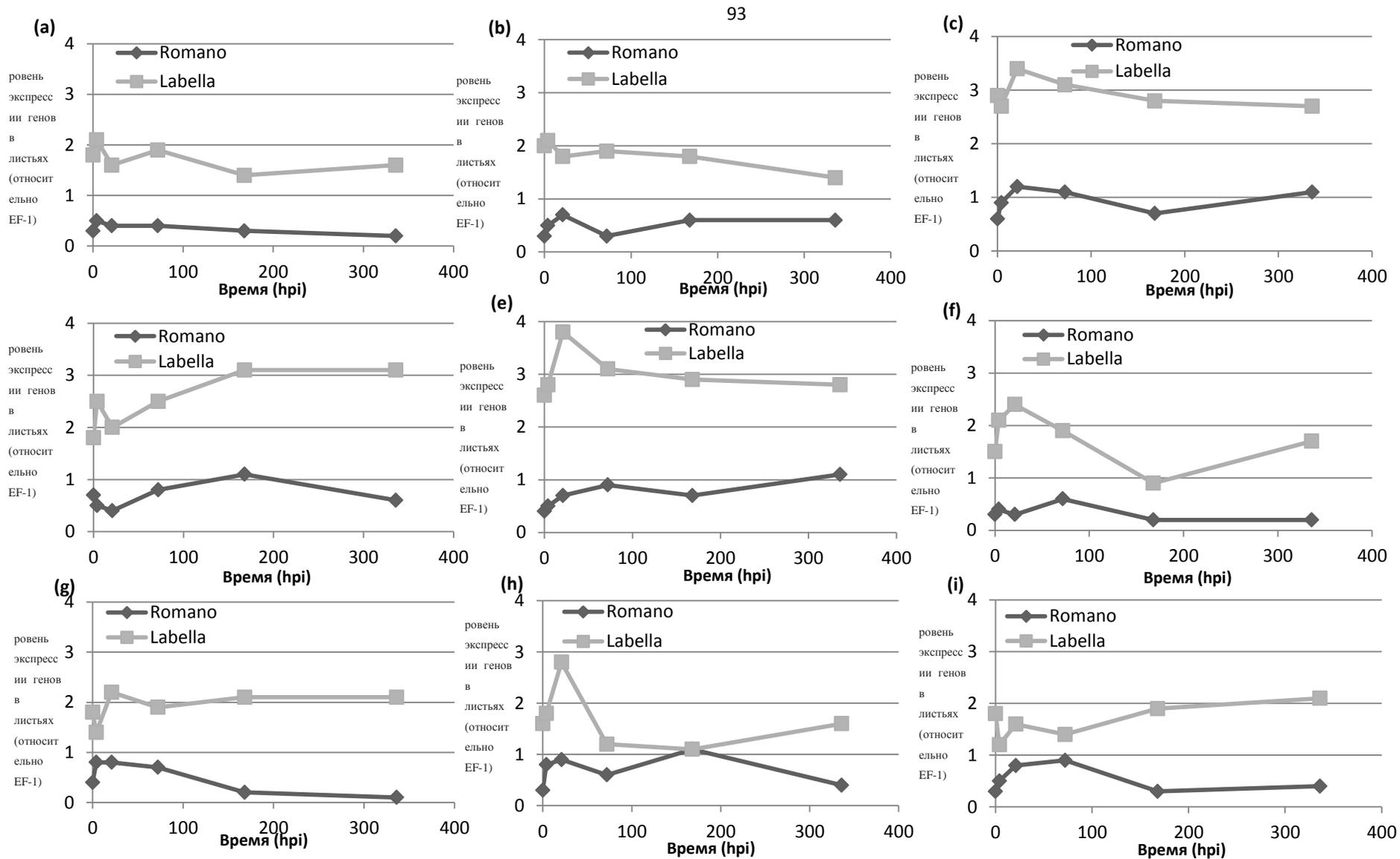


Рисунок 11 - Анализ экспрессии гена PR-2 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii.* (d) *P. jessenii.*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis.*; (h) *B. mycoides.*; (i) *P. brassicacearum.*

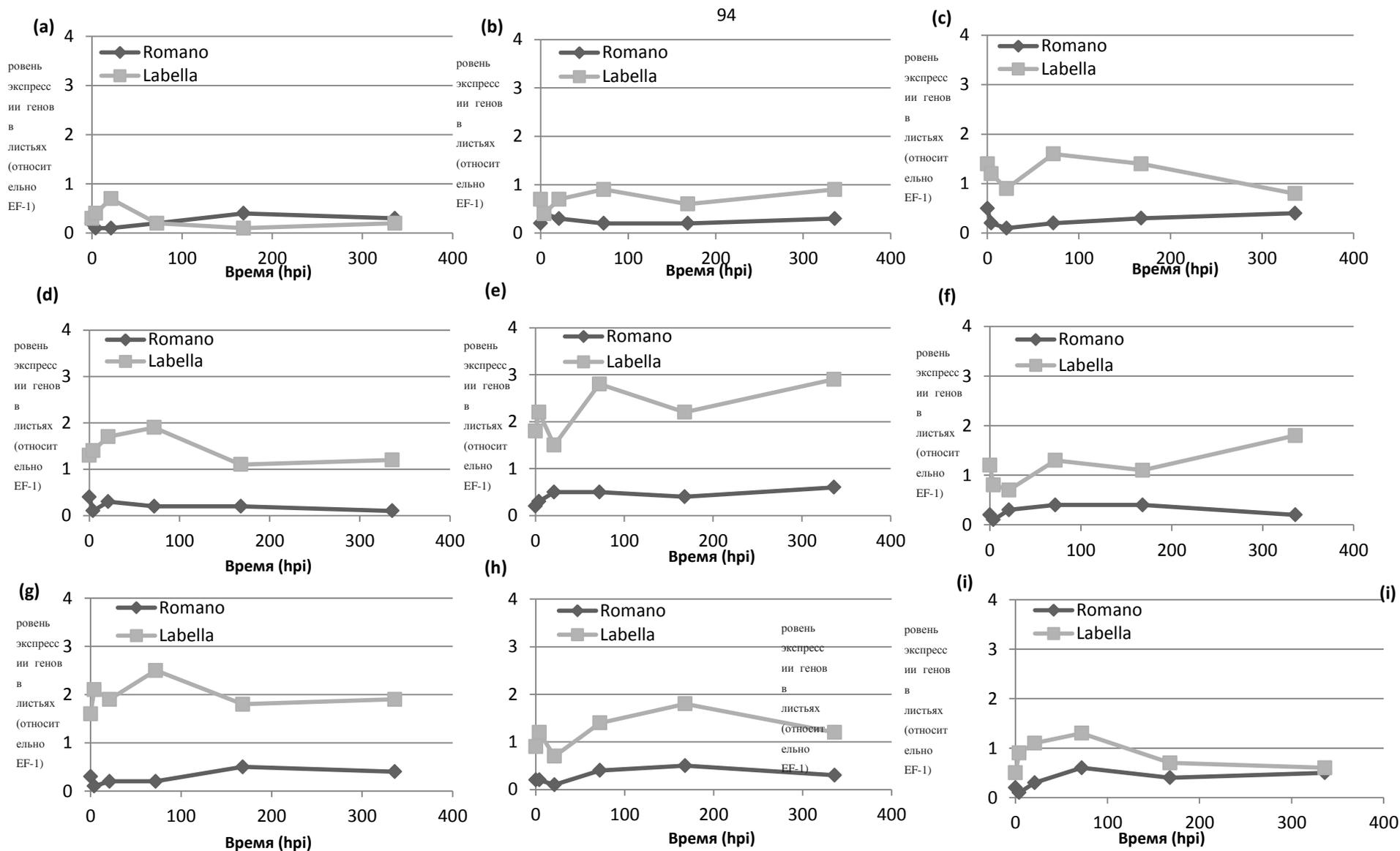


Рисунок 12- Анализ экспрессии гена PR-5 в корнях двух сортов при 0 hpi (часы после прививки) до 14 dpi (дни после прививки) при следующих обработках: (a) контроль; (b) *F. sp.*; (c) *P. mohnii*. (d) *P. jessenii*; (e) *T. sp.*; (f) *E. bacterium* (g) *B. thuringiensis*; (h) *B. mycoides*; (i) *P. brassicacearum*.

В корнях все пять генов (PAL-1, PR-1, PR-2 и PR-5) показали гораздо более высокое проявление в устойчивом сорте (Лабелла), чем в восприимчивом (Романо) в процессе отбора всех проб. В то время как PAL-2 показал очень мало различий в проявлении между сортами.

Механические повреждения и инокуляция индуцировали экспрессию генов PR-1 и PR-2 в устойчивом сорте, тогда как у восприимчивого сорта не наблюдалось никакой реакции.

При использовании PR-2 исходный уровень проявления был значительно выше у устойчивого сорта, чем у восприимчивого. Однако прививка не вызывала более высокого проявления. Значимых различий в появлении PR-5 между двумя сортами при прививании изолятом не наблюдалось.

Однако в корнях восприимчивого сорта, привитого изолятом, экспрессия PR-5 значительно повышалась до 14 dpi по сравнению с моментом инокуляции. Такое увеличение наблюдалось у устойчивого сорта, как ответ на прививку на 3-й день после инокуляции.

В ходе данного эксперимента было сосредоточено свое внимание на влиянии восьми микроорганизмов (биоагентов) на пять защитных генов картофеля (PAL1, PAL2, PR1, PR2 и PR5). Участие этих генов в реакции растений на патогенные микроорганизмы не вызывает никаких сомнений, в том числе у картофеля, зараженного спорами альтернарии (Wangetal., 2005, 2006, 2008).

Однако результат любого взаимодействия растения-хозяина и патогена зависит от сложного набора дифференциальных реакций, которые варьируют в зависимости от конкретных тканей и ситуаций, связанных с различными видами растения-хозяина, штаммами патогена и условиями окружающей среды. В ходе исследований установлено, что у устойчивого сорта картофеля Лабелла экспрессия гены PAL-1, PAL-2, PR-1 и PR-5 в листьях и PAL-1, PAL-2, PR-2 и PR-5 в корнях была выше, чем у восприимчивого сорта Романо.

Однако проявление этих генов не увеличивалось в ответ на *Flavobacterium sp*, и на *Pseudomonas brassicacearum*, что не говорит об их положительном влиянии в формировании устойчивости к болезням.

С другой стороны, после обработки *Pseudomonas jessenii* или *Trichoderma sp*, PAL-1 и PAL-2 в листьях, а также PR-1 и PR-5 в корнях показали более высокое проявление у умеренно устойчивого сорта, чем у восприимчивого, что указывает на то, что они могут быть непосредственно вовлечены в защиту от спор в этих тканях. Гены PAL помогают распространять фенилпропаноид, который вызывает биосинтез SA, фитоалексинов (Ward et al., 1989) и лигнина (Yao et al., 1995; Rohde et al., 2004). В картофеле фенилпропаноид является основным фактором синтеза SA (Coquoz et al., 1998) и, как было показано, участвует в защите картофеля от *A. solani* (Wang et al., 2008; Henriquez et al., 2012).

Подобные биохимические защитные реакции имели место в основном в корнях во время пересадки у восприимчивого сорта и на корневище устойчивого сорта. Аналогичные результаты показаны в работах Xu et al. (2011b), Dihazi et al., (2011), Vubici and Cirulli (2012), где доказано значительное увеличение генов PAL-1, PAL-2, PAL-3 и других генов, связанных с фенилпропаноидами, в сельскохозяйственных растениях пораженных фитопатогенами.

Несколько гормональных сигнальных путей могут быть вовлечены в одно и то же взаимодействие, но они, как известно, часто взаимодействуют друг с другом либо отрицательно, либо положительно, и патоген может инициировать один путь, ведущий к ингибированию другого (El Oirdi et al., 2011).

Проявление PR-2 повышалось в листьях восприимчивого сорта после прививания возбудителем альтернариоза и такое увеличение происходило быстрее в ответ на возбудитель. Основываясь на прошлых доказательствах ингибирования защитных генов патогенами, более высокое проявление гена в восприимчивом сорте может контрастно предполагать связь с восприимчивостью к болезням. Это расходится с классическим наблюдением, что восприимчивые сорта развивают

больше болезней, потому что они дольше реагируют на инфекцию. Ген PR-2, который кодирует эндо-1,3-β-D-глюканазу (Kauffmann et al., 1987), также связан с SA (Uknes et al., 1992) и выявляется в листьях картофеля в ответ на *A. solani* (Wang et al., 2005). Этот тип реакции может представлять собой гены, которые способствуют восприимчивости к *A. solani*, хотя механизмы такого выявления еще предстоит изучить.

Замедленное увеличение выявления в корнях, привитых изолятом, может указывать на то, что патоген либо избегает обнаружения растением, либо подавляет такую экспрессию.

Благодаря раннему взаимодействию уровни экспрессии генов до физического контакта могут играть определенную роль в восприимчивости растений к болезням. В присутствии сорта картофеля, восприимчивого к болезни, регистрировались самые высокие уровни прорастания микросклероций. Однако метод прививки не имитировал естественную инфекцию.

Более высокие уровни выявления на 14-й день после инокуляции с изолятом альтернариоза были обусловлены исключительно повышением воздействия, а не снижением уровня экспрессии при других методах воздействия. Это указывает на то, что восприимчивый сорт специфически распознает изолят патогена и реагирует на него примерно с 14 dpi. Аналогичным образом, предыдущие исследования показали, что восприимчивые сорта могут иметь замедленную защитную реакцию на вторжение патогенов, что может способствовать их восприимчивости (Kalde et al., 2007; Gayoso et al., 2010).

Сравнение реакций листьев и корней восприимчивых и умеренно устойчивых сортов картофеля на высоко- и слабоагрессивные изоляты *Alternaria solani* позволило получить новое представление о генах, потенциально участвующих в защите растения от грибной инфекции, установлено, что восприимчивые сорта имеют замедленную защитную реакцию на вторжение патогена.

3.2. Защищенный грунт. Влияние приемов биологической защиты на интенсивность поражения картофеля альтернариозом

3.2.1. Биоагенты (вегетативное размножение картофеля)

Для выявления активности биоагента было применено два разных способа применения (на лист /в почву) для двух сортов картофеля (Романо, Лабелла) до и после инокуляции возбудителем альтернариоза. Результаты показали значительное снижение интенсивности заболевания, когда агенты применялись до инокуляции (защитный эффект).

Для сорта Романо внесение в почву эффект был более значительным, чем внесение на листья при обработке *Trichoderma sp.* Тогда как при обработке *Bacillus thuringiensis* внесение в почву было более значимым, чем на листья.

Подавление патогена было более выраженным при использовании *Bacillus mycooides*, в то время как при использовании *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacterium* не отмечалось значительного снижения интенсивности развития болезни по сравнению с необработанными растениями.

С другой стороны, сорт устойчивый (Лабелла) имел низкую степень интенсивности поражения необработанных растений по сравнению с восприимчивым сортом (Романо).

Эффективность антагонистов для подавления альтернариоза варьировалась в зависимости от сроков и способа применения (таблица 10).

При оценке *invitro* эффективности биоагентов для биологического контроля патогенных растений *Alternaria solani* каждый изолят обладал как стимуляцией роста, так и противогрибковыми характеристиками; поэтому было трудно определить, какой механизм наиболее важен для биологического контроля.

Таблица 10 - 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)	$F_{\phi} = 115,008 > F_{05} = 1,63$	$HCP_{05} = 2,852$
ФакторА	$F_{\phi} = 317,67 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 1,426$
ФакторВ	$F_{\phi} = 40,56 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,672$
ФакторС	$F_{\phi} = 390,43 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,672$
Взаимодействия АВ	$F_{\phi} = 14,40 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 2,017$
» АС	$F_{\phi} = 85,63 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 2,017$
» ВС	$F_{\phi} = 9,63 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,951$
» АВС	$F_{\phi} = 30,39 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 2,852$

Корневое внесение

Для сравнения частных средних (варианты)	$F_{\phi} = 76,618 > F_{05} = 1,63$	$HCP_{05} = 3,285$
ФакторА	$F_{\phi} = 200,44 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 1,642$
ФакторВ	$F_{\phi} = 82,35 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,774$
ФакторС	$F_{\phi} = 319,19 > F_{05} = 3,94$	$HCP_{05} = 0,774$
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	$F_{\phi} = 2,06 > F_{05} = 2,03$	$HCP_{05} = 3,285$

Существующий выбор изолятов для скрининга *in vivo* на основе потенциальной стимуляции роста растений, производства антибиотиков (ингибирующих соединений), физической конкуренции с *Alternaria solani*, с некоторым перекрытием между этими категориями, позволяет в будущем анализировать, какой из этих факторов или комбинацию факторов, является наиболее надежным показателем способности изолята снижать интенсивность заболевания картофеля альтернариозом.

Проведенные нами исследования *in-vitro* и *in-vivo*, позволили выделить восемь микроорганизмов, которые отличаются антагонистической активностью в отношении *Alternaria solani*, вызывающего альтернариоз на картофеле. *Trichoderma sp.*, *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonasj essenii* показали сильное снижение роста *A. solani* *in vitro*. В то время как *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* были способны защитить растения картофеля от *A. solani* *in vivo*.

3.2.2. Химических индукторы (вегетативное размножение картофеля)

Для идентификации активности химических индукторов в условиях защищенного грунта на двух сортах картофеля (Романо, Лабелла) до и после инокуляции патогенов применялись два разных способа применения (лист и почва).

Результаты показали значительное снижение распространения болезни, когда химические индукторы применялись до инокуляции (защитный эффект).

Эффективность химических индукторов для подавления альтернариоза варьировалась в зависимости от времени и способа применения (таблица 11).

Таблица 11 - Влияние различных способов применения (внекорневая/корневая) 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)

ФакторА

ФакторВ

ФакторС

Взаимодействия АВ

» АС

» ВС

» АВС

$$F_{\phi} = 146,284 > F_{05} = 1,74$$

$$F_{\phi} = 227,89 > F_{05} = 2,56$$

$$F_{\phi} = 81,29 > F_{05} = 4,03$$

$$F_{\phi} = 825,17 > F_{05} = 4,03$$

$$F_{\phi} = 85,57 > F_{05} = 2,56$$

$$F_{\phi} = 74,81 > F_{05} = 2,56$$

$$F_{\phi} = 60,19 > F_{05} = 4,03$$

$$F_{\phi} = 64,91 > F_{05} = 2,56$$

$$HCP_{05} = 3,016$$

$$HCP_{05} = 1,508$$

$$HCP_{05} = 0,954$$

$$HCP_{05} = 0,954$$

$$HCP_{05} = 2,133$$

$$HCP_{05} = 2,133$$

$$HCP_{05} = 1,349$$

$$HCP_{05} = 3,016$$

Корневое внесение

Для сравнения частных средних (варианты)

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

На сорте Романо почвенное применение было более эффективным чем при применении по листьям при использовании хитина, тогда как применение хитозана по листьям было более значительным, чем применение в почву. Подавление было более выраженным при использовании хитина по сравнению с применением аскорбиновой кислоты в сравнении с необработанными растениями.

С другой стороны, устойчивый сорт Лабелла имел более низкую интенсивность заражения на необработанных растениях по сравнению с восприимчивым сортом Романо.

Альтерналиоз, вызванный *Alternaria solani* считается самой серьезной болезнью картофеля. Применение фунгицидов может успешно контролировать большинство болезней растений, однако при этом возможно загрязнение окружающей среды. Существует несколько альтернатив фунгицидам использования для индукции устойчивости растений против болезней. В этой связи аскорбиновая кислота сообщается как индуктор устойчивости к растениям на многих растениях (Arrigoni, et.al., 1979).

Хитин (этилендиаминтетрауксусная кислота кислоты) индуцирует резистентность в широких пределах против ржавчины. Хитин еще может влиять на внутриклеточные функции посредством связывания апоплексического кальция, что имеет решающее значение для поддержания стабильности мембраны и селективного иона проницаемости (Clarkson and Hanson, 1980). Эти данные подтвердили

результаты, что хитин снижает интенсивность поражения альтернариозом в условиях защищенного грунта.

3.2.3. Биоагенты (клоновое размножение картофеля)

Представлены результаты экспериментального контроля и обработки данных, которые статистически подтверждают все параметры, оказавшие негативное влияние на результаты контроля патогенного влияния изучаемых биоагентов на сортах Романо и Лабелла (таблица 12 и 13).

Результаты тестирования показали, что только один микроорганизм (*Pseudomonas jessenii*) снижает симптомы альтернариоза. Он уменьшает средний процент заболевших побегов и увеличил общее количество побегов, не имеющих симптомов заболевания.

Два микроорганизма (*Bacillus thuringiensis* and *Trichoderma sp.*) также увеличивают один из параметров растения: число побегов (*Bacillus thuringiensis*) и число клубней (*Trichoderma sp.*) соответственно.

Bacillus mycooides и *Pseudomonas brassicacearum* не оказывает ни позитивного, ни негативного влияния ни на один из ранних симптомов альтернариоза или параметр растений, связанный с контролем патогена.

По результатам анализа *Pseudomonas mohnii* увеличивает общее количество клубней, а *Bacillus mycooides* снижает общее число клубней.

Pseudomonas mohnii и *Bacillus thuringiensis* увеличивают число побегов, не имеющих симптомы заболевания, но ни один из микроорганизмов не снижает процент заболевших побегов по сравнению с контролем патогена. Только два микроорганизма *Pseudomonas mohnii* и *Bacillus thuringiensis* влияют на оба параметра (число бессимптомных побегов и общая масса клубней).

Таблице 12-Влияние биоагентов на физические параметры растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani* (сорт Романо)

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ / г)	Пораженные побеги (%)	Общее число побегов	Число бессимптомных побегов	Общая масса побегов, г	Общая масса корней, г	Число клубней, шт	Общая масса клубней, г
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	86.4	2.7	1.2	4.70	0.94	0.7	0.04
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	78.7	2.8	0.6	4.16	0.73	0.4	0.03
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	60.8	2.4	1.2	3.68	0.72	0.0	0.00
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	98.2	2.9	0.1	5.79	0.11	0.9	0.46
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	72.3	3.7	1.2	3.60	0.62	0.2	0.04
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	94.7	4.0	0.2	5.53	0.96	0.3	0.09
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	88.3	2.7	0.4	4.70	0.88	0.7	0.17
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	85.9	1.9	0.4	3.84	0.570	0.1	0.17
Контроль патогенов	-	91.0	2.7	0.3	5.06	0.94	0.3	0.29
Отсутствие контроля патогенов	-	0.4	4.6	4.4	4.18	0.95	4.0	9.01

Примечание: Пораженные побеги (%):

Общее число побегов :

Число бессимптомных побегов

Общий вес побегов:

Общий вес корней (г):

Число клубней:

Общий вес клубней (г):

$F_{\phi} = 137,08 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 20,08 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 44,70 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 183,66 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 41,55 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 24,82 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 294,07 > F_{05} = 2,36$

$HCP_{05} = 2,913$

$HCP_{05} = 0,412$

$HCP_{05} = 0,198$

$HCP_{05} = 0,172$

$HCP_{05} = 0,122$

$HCP_{05} = 0,178$

$HCP_{05} = 0,026$

Таблице 13- Влияние биоагентов на физические параметры растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani* (сорт Лабелла)

Варианты опыта	Применяемая конц. (споры или КОЕ/г)	Пораженные побеги (%)	Общее число побегов	Число бессимптомных побегов	Общая масса побегов, г	Общая масса корней, г	Число клубней, шт	Общая масса клубней, г
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	97.9	5.9	0.4	0.40	0.55	1.1	3.21
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	92.3	5.0	0.9	4.43	0.60	2.5	4.98
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	90.9	6.3	0.6	4.68	0.72	2.2	6.98
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	92.2	5.5	0.3	4.26	0.57	1.3	4.87
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	97.9	5.8	0.8	4.33	0.55	1.4	4.05
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	87.7	5.2	0.9	4.22	0.60	1.7	6.07
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	96.9	5.3	0.2	4.21	0.58	1.1	3.21
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	93.6	5.7	0.4	4.48	0.68	2.2	4.36
Контроль патогенов	-	92.8	5.9	0.4	4.34	0.60	2.3	5.10
Отсутствие контроля патогенов	-	2.0	4.4	4.4	3.95	0.53	3.1	16.43

Примечание: Пораженные побеги (%):

Общее число побегов :

Число бессимптомных побегов

Общий вес побегов:

Общий вес корней (г):

Число клубней:

Общий вес клубней (г):

$F_{\phi} = 31,35 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 2,32 < F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 12,97 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 1300,84 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 2,38 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 21,94 > F_{05} = 2,36$

$F_{\phi} = 280,91 > F_{05} = 2,36$

$HCP_{05} = 1,785$

-

$HCP_{05} = 0,214$

$HCP_{05} = 0,108$

$HCP_{05} = 0,109$

$HCP_{05} = 0,344$

$HCP_{05} = 0,215$

В рассмотрении подавления болезни, вызванной *Alternaria solani*, были выявлены микроорганизмы, которые позитивно повлияли на ранние симптомы болезни (процент пораженных столонов, число бессимптомных столонов) или на один из параметров растений на этапе контроля патогенов (число побегов или клубней, общая масса клубней, общая масса побегов или корней).

Однако редко какой-либо микроорганизм достигал положительных результатов как по симптомам альтернариоза, так и по физическим параметрам растений. Только *Bacillus thuringiensis* и *Pseudomonas mohnii* дали снижение заболеваемости и повышение физических параметров растений.

В процессе апробации испытываемые микроорганизмы редко улучшали оцениваемые параметры и часто оказывали негативное влияние на один или несколько из них. *Bacillus thuringiensis*, один из немногих микроорганизмов, дающих положительные результаты более чем в одном анализе, уменьшил количество бессимптомных побегов на этапе апробации.

Pseudomonas mohnii был единственным частично последовательным положительным изолятом, который показал хорошие результаты при апробации. Это позволило определить, может ли любой из этих подходов улучшить уровень контроля болезни и, следовательно, взят в основу исследований по оптимизации изучения биоконтроля для отдельных микроорганизмов.

Этот анализ продемонстрировал, что выбранные микроорганизмы плохо справлялись с контролем болезни, причем все апробации на мини-клубнях фактически увеличивали процент появляющихся побегов, по сравнению с предыдущими испытаниями. Результаты апробации не дали доказательств того, что какой-либо микроорганизм сможет в будущем дать серьезные результаты в работе по биоконтролю болезней картофеля, вызванных *Alternaria solani*.

3.2.4. Химические индукторы (клоновое размножение картофеля)

Изучалось влияние химических индукторов на физические параметры побегов и клубней растений картофеля сорта Романо (таблица 14 и 15) и Лабелла (таблица 16 и 17), инокулированных *Alternaria solani*. Большинство обработок химическими индукторами оказывали слабозначимое положительное влияние на растения картофеля.

Наибольшая норма хитина увеличивала количество и долю бессимптомных побегов, но это не приводило к увеличению урожайности. Наибольшее количество хитозана увеличивало общее количество бессимптомных побегов, а также увеличивало количество и общую массу клубней, а также долю бессимптомных клубней. Как аскорбиновая и салициловые кислоты, так и хитиновая обработка уменьшали процент больных побегов, но из них только хитозан увеличивал количество бессимптомных побегов по сравнению с контролем. Ни один химический индуктор не дал значимых отличий при обработке от отрицательного контроля по общей массе клубней.

Использование салициловой кислоты давало значительно меньше побегов. Использование этих ХИ уменьшило процент пораженных побегов. Сухая масса побегов и корней после применения каждой из кислот была значительно меньше, чем на контроле. При сборе урожая на растениях было очень мало клубней.

Результаты показали, что при испытанных нормах ни одна из выбранных ХИ не сильно подавляла развитие болезней картофеля, вызванных Альтернарией. Однако, поскольку анализ норм применения отдельных ХИ показал, что существует значительная линейная зависимость между увеличением нормы хитозана и уменьшением симптомов болезни, вызванной Альтернарией (процент больных побегов, количество бессимптомных побегов и количество бессимптомных клубней), эта добавка была выбрана для тестирования в данном эксперименте. Для эксперимента были выбраны три концентрации ХИ.

Это должно было создать методы лечения, охватывающие диапазон потенциальных уровней подавления болезни, а затем определить, могут ли какие-либо физические или микробиологические факторы быть идентифицированы как механизмы подавления болезни.

Садовый компост был добавлен для того, чтобы помочь определить, были ли какие-либо подавляющие эффекты вызваны введением организмов на ХИ или, альтернативно, через стимуляцию почвы.

Однако результаты не показали диапазона уровней подавления, который требовал бы дальнейшего анализа факторов, лежащих в основе подавления болезни (никакое лечение не уменьшало число заболевших побегов или не увеличивало число побегов без симптомов).

Хотя может показаться, что наибольшая норма салициловой кислоты уменьшала симптомы на побегах, эта обработка также показывала угнетение появляющихся побегов и уменьшала сухую массу побегов и корней, поэтому эту среду нельзя считать подавителем болезней.

Таблица 14 - Влияние химических индукторов на физические параметры побегов растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani*(сорт Романо)

Варианты опыта	Коэфф. (конц.)	Зараженные побеги(%)	Количество побегов, шт	Количество бессимптомных побегов, шт	Сухая масса побегов (г)
Аскорбиновая кислота	0.25	83.7	6.2	1.0	2.9
	0.50	73.8	8.1	2.5	2.8
	1.00	31.4	6.1	1.9	2.6
Хитин	0.25	66.6	6.6	2.4	3.2
	0.50	67.5	5.8	1.8	3.5
	1.00	64.2	8.8	5.8	3.8
Хитозан	0.25	64.2	8.9	2.3	3.0
	0.50	31.4	9.3	2.1	3.2
	1.00	32.6	8.7	5.7	3.2
Салициловая кислота	0.25	84.7	6.2	0.8	2.5
	0.50	64.2	6.1	2.1	2.5
	1.00	68.5	7.4	2.4	2.8
Патоген-контроль	-	76.7	6.28	1.4	2.7
Для сравнения частных средних (варианты)		Fφ= 1124,786> F ₀₅ = 2,00 1,523	Fφ= 7,758> F ₀₅ = 2,00 1,291	Fφ= 116,533 > F ₀₅ = 2,00 0,390	Fφ= 4,585> F ₀₅ = 2,00 0,492
Фактор (А): НСР ₀₅		Fφ= 1802.22> F ₀₅ = 2.61 0.879	Fφ= 16.93> F ₀₅ = 2.61 0.745	Fφ= 141.20> F ₀₅ = 2.61 0.225	Fφ= 13.52> F ₀₅ = 2.61 0.284
Фактор (Б): НСР ₀₅		Fφ= 1831.79> F ₀₅ = 3.23 0.681	Fφ= 2.05<F ₀₅ = 3.23 -	Fφ= 254.58> F ₀₅ = 3.23 0.174	Fφ= 0.82<F ₀₅ = 3.23 -
Фактор(А×Б): НСР ₀₅		Fφ= 609.31> F ₀₅ = 2.18 1.523	Fφ= 4.59> F ₀₅ = 2.18 1.291	Fφ= 69.68> F ₀₅ = 2.18 0.390	Fφ= 1.05<F ₀₅ = 2.18 -

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

Таблица 15 - Влияние химических индукторов на физические параметры клубней растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani* (сорт Романо)

Варианты опыта	Коэфф. (конц.)	Сухая масса корней (г)	Количество клубней, шт	Общая масса клубней (г)
Аскорбиновая кислота	0.25	0.79	1.6	1.6
	0.50	0.82	1.7	1.6
	1.00	0.77	1.6	1.5
Хитин	0.25	0.83	0.3	0.1
	0.50	0.70	0.0	0.0
	1.00	0.94	0.0	0.0
Хитозан	0.25	0.93	3.4	1.6
	0.50	0.90	1.6	1.5
	1.00	0.90	4.5	4.5
Салициловая кислота	0.25	0.78	2.1	1.6
	0.50	0.76	1.9	1.5
	1.00	0.84	3.3	4.5
Патоген-контроль	-	0.79	1.4	1.3
Для сравнения частных средних (варианты)		$F\phi = 3,094 > F_{05} = 2,00$ 0,112	$F\phi = 53,896 > F_{05} = 2,00$ 0,477	$F\phi = 52,489 > F_{05} = 2,00$ 0,512
Фактор (А): НСР ₀₅		$F\phi = 5,025 > F_{05} = 2,61$ 0,065	$F\phi = 140,839 > F_{05} = 2,61$ 0,275	$F\phi = 97,384 > F_{05} = 2,61$ 0,296
Фактор (Б): НСР ₀₅		$F\phi = 2,495 < F_{05} = 3,23$ -	$F\phi = 30,750 > F_{05} = 3,23$ 0,213	$F\phi = 65,539 > F_{05} = 3,23$ 0,229
Фактор(А×Б): НСР ₀₅		$F\phi = 2,278 > F_{05} = 2,18$ 0,112	$F\phi = 16,211 > F_{05} = 2,18$ 0,477	$F\phi = 26,780 > F_{05} = 2,18$ 0,512

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

Таблица 16-Влияние химических индукторов на физические параметры побегов растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani* (сорт Лабелла)

Варианты опыта	Коэфф. (конц.)	Зараженные побеги(%)	Количество побегов, шт	Количество бессимптомных побегов, шт	Сухая масса побегов (г)
Аскорбиновая кислота	0.25	65.2	16.1	3.7	1.3
	0.50	75.9	17.9	3.4	2.0
	1.00	85.2	20.9	7.0	2.3
Хитин	0.25	57.4	14.7	3.8	0.8
	0.50	57.8	14.0	4.3	1.1
	1.00	53.5	15.8	5.8	1.6
Хитозан	0.25	65.2	21.3	5.6	1.6
	0.50	54.6	20.9	8.1	0.8
	1.00	34.1	24.0	7.3	1.7
Салициловая кислота	0.25	53.5	16.1	3.4	1.6
	0.50	75.6	19.4	2.1	1.3
	1.00	82.9	24.0	5.8	2.2
Патоген-контроль	-	81.6	18.2	3.0	1.6
Для сравнения частных средних (варианты)		Fф= 8,091 > F ₀₅ = 2,00 14,523	Fф= 16,301 > F ₀₅ = 2,00 2,182	Fф= 38,686 > F ₀₅ = 2,00 0,844	Fф= 14,578 > F ₀₅ = 2,00 0,325
Фактор (А): НСР ₀₅		Fф= 13.451 > F ₀₅ = 2.61 8.385	Fф= 35.668 > F ₀₅ = 2.61 1.260	Fф= 76.490 > F ₀₅ = 2.61 0.487	Fф= 17.466 > F ₀₅ = 2.61 0.188
Фактор (Б): НСР ₀₅		Fф= 0.857 < F ₀₅ = 3.23 -	Fф= 24.980 > F ₀₅ = 3.23 0.976	Fф= 59.896 > F ₀₅ = 3.23 0.377	Fф= 33.100 > F ₀₅ = 3.23 0.145
Фактор(А×Б): НСР ₀₅		Fф= 7.219 > F ₀₅ = 2.18 14.523	Fф= 4.447 > F ₀₅ = 2.18 2.182	Fф= 14.481 > F ₀₅ = 2.18 0.844	Fф= 8.504 > F ₀₅ = 2.18 0.325

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

Таблица 17 - Влияние химических индукторов на физические параметры клубней растений картофеля, инокулированных *Alternaria solani* (сорт Лабелла)

Варианты опыта	Коэфф. (конц.)	Сухая масса корней (г)	Количество клубней, шт	Общая масса клубней (г)
Аскорбиновая кислота	0.25	0.27	5.0	5.2
	0.50	0.38	7.5	3.1
	1.00	0.40	8.9	9.0
Хитин	0.25	0.20	7.1	5.2
	0.50	0.18	3.1	9.0
	1.00	0.25	7.5	9.2
Хитозан	0.25	0.25	10.4	9.6
	0.50	0.27	11.8	12.6
	1.00	0.20	10.1	13.3
Салициловая кислота	0.25	0.20	5.4	4.2
	0.50	0.36	3.1	6.9
	1.00	0.41	9.3	12.5
Патоген-контроль	-	0.29	7.2	6.9
Для сравнения частных средних (варианты)		$F\phi = 18,049 > F_{05} = 2,00$ 0,050	$F\phi = 87,593 > F_{05} = 2,00$ 0,765	$F\phi = 62,272 > F_{05} = 2,00$ 1,157
Фактор (А): НСР ₀₅		$F\phi = 31.799 > F_{05} = 2.61$ 0.029	$F\phi = 167.576 > F_{05} = 2.61$ 0.442	$F\phi = 104.189 > F_{05} = 2.61$ 0.668
Фактор (Б): НСР ₀₅		$F\phi = 20.635 > F_{05} = 3.23$ 0.022	$F\phi = 79.728 > F_{05} = 3.23$ 0.342	$F\phi = 124.851 > F_{05} = 3.23$ 0.517
Фактор(А×Б): НСР ₀₅		$F\phi = 10.527 > F_{05} = 2.18$ 0.050	$F\phi = 49.568 > F_{05} = 2.18$ 0.765	$F\phi = 25.669 > F_{05} = 2.18$ 1.157

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

Общее количество целлюлозы, оставшейся после кислотных химических индукторов (ХИ), возможно, было слишком велико, чтобы стимулировать антагонисты *A. solani*, не стимулируя также патоген. Это может объяснить большую массу клубней при наибольших дозах хитозана. Вполне возможно, что более зрелые компосты с меньшим количеством целлюлозы или экстрактов лигнина не вызовут такой реакции.

Эти результаты подтверждают утверждение о том, что подавление болезней, вызванных Альтернарией, происходит за счет активности отдельных компонентов почвенных сообществ, а не стимуляции целых сообществ (Bonanomi et al., 2010).

Кроме того, исследование Termorshuizen и др. (2006), в котором сравнивалась способность 18 видов компостов подавлять почвенных фитопатогенов, показало, что одна добавка ХИ может иметь контрастные эффекты на уровни заболевания для различных патосистем *A. solani* то, что подавляло в одной, могло быть благоприятным в другой. Это еще одно доказательство того, что подавление *Alternaria* spp. является довольно специфичным и вряд ли может быть обусловлено общим повышением микробной активности. Это указывает на то, что растения-хозяева влияли на микробные сообщества на уровнях, достаточно сильных, чтобы замаскировать или свести на нет воздействие ХИ. Даже если ХИ приводит к фоновому общему увеличению численности микробного сообщества, это может быть неуместно в инфицированных средах, где доминируют растительные экссудаты.

Когда Scheuerell et al. (2005) исследовали факторы, ответственные за подавление болезней, вызванных Альтернарией, в подавляющих компостах, они обнаружили, что уровни болезни не были связаны с каким – либо одним физическим, химическим или биологическим фактором, включая: температуру компоста, содержание воды, распределение частиц по размерам, рН, электропроводность, уровни аммония или нитратов, общее количество С, N, Са, Mg, К, Р, Fe и Mn, волатизацию аммиака, дыхание и дыхательный потенциал, концентрации культивируемых бактерий, актиномицетов, дрожжей, грибов или

Trichoderma spp. Установлено, что снижение *Alternaria* в зависимости от ХИ было отмечено от 50 до 93%. Это подтверждало гипотезу о том, что подавление *A. solani* не связано с общими микробными популяциями, а соответствует популяциям специфических грибных (и бактериальных) видов-антагонистов.

Комбинации химических индукторов и биоконтрольных организмов могут быть эффективными для более последовательного подавления болезни. Однако попытка сделать это с добавками и изолятами, рассмотренными в настоящем исследовании, скорее всего, даст отрицательные результаты по следующей причине: ни один из изолятов не был проведен с учетом совместимости с указанными добавками органического вещества, и поэтому нет никакой информации о том, какие из них, если таковые имеются, дадут положительный эффект в почве, дополненной этими добавками.

3.3. Полевые опыты

3.3.1. Влияние способа применения биоагентов на всхожесть картофеля

В результате изучения влияния обработки картофеля дезинфицирующим средством микроорганизмов на всхожесть растений картофеля, зараженных альтернариозом в 2016 -2018 годах, было установлено, что все варианты оказывали влияние на прорастание растений.

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

Достоверного увеличения всхожести при обработке растений *Flavobacterium sp.* на обоих сортах (Романо и Лабелла) по сравнению с контролем не наблюдается (таблица 18).

Таблица 18 – Влияние различных микроорганизмов (биоагентов) на всхожесть картофеля при искусственном заражении альтернариозом, (2016-2018 гг.)

Применение	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Всхожесть (%)					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	91.8	91.3	92.7	92.5	93.6	93.3
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	93.3	99.3	93.3	100.0	93.7	100.0
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	95.3	98.7	92.8	91.1	96.2	92.4
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	99.2	100.0	99.6	100.0	99.6	100.0
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	97.5	91.7	95.4	98.4	94.5	93.3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	99.6	93.7	99.3	94.6	99.6	95.3
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	95.2	91.2	97.6	92.2	94.2	92.3
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	91.3	99.2	91.4	96.4	95.4	93.1
Контроль (вода)	-	91.4	92.6	91.4	92.6	91.4	92.6

Примечание: фактор (А) = вид индуктора; фактор (Б) = срок применения; фактор (С) = сорт; 2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 5,206 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 5,336

Фактор (А): $F\phi = 6.30 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 3.773

Фактор (Б): $F\phi = 1.74 < F_{05} = 4.03$ -

Фактор(А×Б): $F\phi = 4.54 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 5.336

2017

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 60,497 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,184

Фактор (А): $F\phi = 81.31 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 0.837

Фактор (Б): $F\phi = 6.29 > F_{05} = 4.03$ НСР 05 = 0.395

Фактор(А×Б): $F\phi = 46.45 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 1.184

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 37,638 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,322

Фактор (А): $F\phi = 56.195 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 0.935

Фактор (Б): $F\phi = 9.130 > F_{05} = 4.03$ НСР 05 = 0.441

Фактор(А×Б): $F\phi = 22.644 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 1.322

3.3.2. Влияние биоагентов на биометрические показатели растений картофеля

При изучении влияния применяемых соединений на биометрические показатели (высоту растений и количество стеблей) результаты эксперимента показывают, что против альтернариоза у сортов Романо и Лабелла обработка *Trichoderma sp.* положительно повлияла на нормальное развитие высоты растений картофеля, такая же тенденция наблюдалась при обработке *Bacillus thuringiensis* (таблица 19 и 21).

По сравнению с контролем, обработка *Pseudomonas jessenii* и *Pseudomonas brassicacearum* увеличивала высоту растений только на растениях сорта Лабелла, в то время как обработка *Pseudomonas tohnii* увеличивала высоту растений только на растениях сорта Романо.

Заметных различий в увеличении высоты растений при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacteriumon* обоих сортах (Романо и Лабелла) по сравнению с контролем не наблюдается.

Количество стеблей у растений, обработанных *Pseudomonas jessenii*, было больше, чем в контроле на обоих сортах (таблица 20 и 21).

Обработка *Bacillus mycoides* и *Trichoderma sp.* увеличивала количество стеблей только на растениях сорта Лабелла, в то время как обработка *Bacillus thuringiensis* увеличивала количество стеблей только на растениях сорта Романо по сравнению с контролем.

Заметных различий в увеличении количества стеблей при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacteriumon* обоих сортов (Романо и Лабелла) по сравнению с контролем не наблюдается.

Таблица 19 – Влияние различных штаммов микроорганизмов на высоту растений картофеля при искусственном заражении альтернариозом, (в 2016-2018 гг.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Высота растений, см					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	29.9	38.2	38.1	37.4	29.8	34.3
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	43.6	34.7	46.3	37.2	45.2	37.3
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	34.7	41.2	33.4	43.6	32.8	41.2
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	43.4	48.5	45.3	48.1	45.2	46.2
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	29.3	36.4	33.4	39.1	32.7	37.1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	39.8	41.8	46.3	44.7	43.4	41.7
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	37.2	37.6	33.8	45.3	33.8	37.2
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	32.8	46.3	37.5	42.8	32.8	35.3
Контроль (вода)	-	32.6	35.2	32.1	34.7	32.9	34.7

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

2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 74,033 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,779

Фактор (А): $F\phi = 84,777 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,258

Фактор (Б): $F\phi = 187,657 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,593

Фактор(А×Б): $F\phi = 49,085 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,779

2017

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 63,761 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,893

Фактор (А): $F\phi = 80,077 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,338

Фактор (Б): $F\phi = 88,248 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,631

Фактор(А×Б): $F\phi = 44,385 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,893

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 78,281 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,635

Фактор (А): $F\phi = 129,417 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,156

Фактор (Б): $F\phi = 44,704 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,545

Фактор(А×Б): $F\phi = 31,341 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,635

Таблица 20 – Влияние штаммов различных микроорганизмов (биоагентов) на количество стеблей растений картофеля при искусственном заражении альтернариозом (2016-2018гг.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Количество стеблей, шт./ куст					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	2.8	3.6	3.3	2.9	3.2	3.5
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	2.8	2.8	3.3	3.9	3.2	3.8
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	4.0	4.6	4.2	4.5	3.9	4.2
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	3.4	4.7	3.4	4.8	3.4	4.2
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	3.2	3.3	2.9	3.4	3.4	3.9
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	4.0	3.1	3.9	2.9	3.9	3.3
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	3.2	4.2	3.4	4.2	3.2	3.8
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	2.6	3.8	2.6	3.4	2.9	3.9
Контроль (вода)	-	2.7	2.9	2.6	2.7	2.7	2.9

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

2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 12,907 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 0,496

Фактор (А): $F\phi = 16,308 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,350

Фактор (Б): $F\phi = 28,953 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,165

Фактор(А×Б): $F\phi = 7,499 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,496

2017

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 11,329 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 0,540

Фактор (А): $F\phi = 15,297 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,382

Фактор (Б): $F\phi = 12,168 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,180

Фактор(А×Б): $F\phi = 7,255 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,540

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 4,676 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 0,552

Фактор (А): $F\phi = 5,507 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,390

Фактор (Б): $F\phi = 16,891 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,184

Фактор(А×Б): $F\phi = 2,318 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 0,552

Таблица 21 – 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

3.3.3. Влияние способа применения биоагентов на подавление альтернариоза и урожайность картофеля

При уборке урожая распространение болезни Альтернариоза (в контрольном варианте) у сорта Лабелла меньше, чем у сорта Романо. Обработки картофеля *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* уменьшили распространение болезни Альтернариоза на обоих сортах (таблица 22 и 23).

Таблица 22 – Влияние биоагентов на проявление альтернариоза картофеля при искусственном заражении (2016-2018гг.)

Применение	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Распространение альтернариоза %					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	33.6	37.7	31.2	35.7	33.9	35.8
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	38.6	21.6	33.7	23.5	31.2	28.8
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	21.6	33.9	28.9	38.5	21.5	37.6
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	23.3	17.3	24.3	16.5	21.6	18.5
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	35.7	33.2	33.4	36.4	33.3	33.2
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	23.6	21.2	25.1	18.4	25.2	21.5
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	18.6	35.8	23.3	33.4	18.5	33.2
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	38.6	36.7	38.3	35.8	38.3	36.6
Контроль (вода)	-	57.2	41.4	56.8	43.3	57.1	41.4

Примечание: Фактор (А) = вид индуктора; фактор (Б) = срок применения; фактор (С) = сорт; 2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 204,782 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 2,016

Фактор (А): $F\phi = 305,983 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,426

Фактор (Б): $F\phi = 15,487 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,672

Фактор(А×Б): $F\phi = 127,243 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 2,016

2017 (продолжены таблицы 21)

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 215,234 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,847

Фактор (А): $F\phi = 367,603 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,306

Фактор (Б): $F\phi = 28,250 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,616

Фактор(А×Б): $F\phi = 86,239 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,847

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 228,329 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,801

Фактор (А): $F\phi = 5,507 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,274

Фактор (Б): $F\phi = 16,891 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,600

Фактор(А×Б): $F\phi = 2,318 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,801

Таблица 23 – 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

По сравнению с контролем при обработке растений *Pseudomonas brassicacearum*, *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacterium* у обоих сортов (Романо и Лабелла) наблюдается незначительное снижение распространения альтернариоза.

Применение *Pseudomonas mohnii* снижает распространение альтернариоза только на растениях сорта Лабелла, а применение бактерий *Pseudomonas jessenii* сокращает распространение альтернариоза только на растениях сорта Романо по сравнению с контролем.

При изучении влияния микроорганизмов на урожайность картофеля при защите от болезни, вызванной альтернариозом, отмечено значительное увеличение общего и товарного урожая (таблицы 24, 25 и 26).

Товарная урожайность у сорта Лабелла была больше, чем у сорта Романо. Наибольший товарный урожай был получен при обработке растений

Trichoderma sp. Обработка картофеля бактериями *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* увеличила массу товарного урожая на обоих сортах.

Таблица 24 – Влияние обработки различными биоагентами на общую урожайность картофеля при искусственном заражении альтернариозом(2016-2018 гг.)

Применение	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Общая урожайность, т/г					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	16.4	17.5	18.6	17.3	16.3	16.4
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	16.9	18.3	18.8	17.8	18.4	18.9
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	18.2	17.8	19.9	18.8	20.2	21.3
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	19.3	21.6	19.9	22.2	20.2	22.5
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	16.7	17.5	16.3	17.8	18.1	18.3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	18.8	19.7	19.8	21.5	20.2	22.4
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	16.6	19.3	16.4	22.2	16.4	22.5
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	16.1	18.3	16.8	18.7	17.5	19.3
Контроль (вода)	-	15.6	16.4	15.2	17.8	16.1	16.7

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

2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 8,320 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,481

Фактор (А): $F\phi = 12,629 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,047

Фактор (Б): $F\phi = 27,958 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,494

Фактор(А×Б): $F\phi = 1,55 < F_{05} = 2,13$ -

2017

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 9,715 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,823

Фактор (А): $F\phi = 11,840 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,289

Фактор (Б): $F\phi = 20,969 > F_{05} = 4,03$ НСР 05 = 0,608

Фактор(А×Б): $F\phi = 6,183 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 1,823

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 3,120 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 3,882

Фактор (А): $F\phi = 4,762 > F_{05} = 2,13$ НСР 05 = 2,745

Фактор (Б): $F\phi = 3.409 < F_{05} = 4.03$ -
 Фактор(А×Б): $F\phi = 1.442 < F_{05} = 2.13$ -

Таблица 25 – Влияние обработки различными биоагентами на товарную урожайность картофеля при искусственном заражении альтернариозом, (2016-2018 гг.)

Применение	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Товарная урожайность, т/г					
		2016		2017		2018	
		Романо	Лабелла	Романо	Лабелла	Романо	Лабелла
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	14.9	15.9	15.3	14.9	15.1	15.9
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	14.7	16.4	15.6	15.1	17.8	17.2
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	16.4	16.1	17.1	15.6	18.7	20.6
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	17.8	18.9	17.4	19.5	19.1	21.2
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	14.3	15.7	14.2	15.1	16.5	16.9
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	17.1	18.2	17.3	18.2	18.9	21.2
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	14.4	17.5	14.1	18.7	15.1	20.9
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	14.3	16.2	14.1	15.4	15.9	17.8
Контроль (вода)	-	14.1	15.5	13.8	14.7	14.3	15.3

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

2016

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 12,393 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,156

Фактор (А): $F\phi = 17.330 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 0.818

Фактор (Б): $F\phi = 51.504 > F_{05} = 4.03$ НСР 05 = 0.385

Фактор(А×Б): $F\phi = 2.567 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 1.156

2017

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 27,406 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 0,927

Фактор (А): $F\phi = 39.888 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 0.655

Фактор (Б): $F\phi = 33.562 > F_{05} = 4.03$ НСР 05 = 0.309

Фактор(А×Б): $F\phi = 14.154 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 0.927

2018

Для сравнения частных

средних (варианты) $F\phi = 18,490 > F_{05} = 1,95$ НСР 05 = 1,453

Фактор (А): $F\phi = 27.503 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 1.028

Фактор (Б): $F\phi = 48.303 > F_{05} = 4.03$ НСР 05 = 0.484

Фактор(А×Б): $F\phi = 5.749 > F_{05} = 2.13$ НСР 05 = 1.453

Таблица 26 – 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

Применение *Bacillus mycoides* увеличили урожайность товарной продукции только растений сорта Лабелла, а применение *Pseudomonas jessenii* увеличили урожайность товарной продукции только растений сорта Романо по сравнению с контролем. Значительного увеличения товарного урожая при обработке растений *Flavobacterium sp.* и *Endospore bacterium* на обоих сортах (Романо и Лабелла) по сравнению с контролем не наблюдается.

Из полученных результатов видно, что перед посадкой и в течение вегетационного периода применение *Trichoderma sp.* значительно повышает вегетативные параметры роста, такие как высота растения и количество стеблей.

Таким образом, эти результаты указывают на важность применения *Trichoderma sp.* для улучшения роста картофеля в этих условиях, что может быть связано с ролью *Trichoderma sp.* поскольку антибиотикоз, микопаразитизм и пищевая конкуренция являются основными механизмами биологического контроля

на что указывали Ghildyal and Pandey, (2008); Umamaheswari et al., (2009); Ranasingh et al., (2006). О производстве летучих и нелетучих антибиотиков видами *Trichoderma* также сообщали Dennis and Webster (1971) и Ubalua and Oti, (2007).

Полученные результаты наглядно показывают важность внекорневого опрыскивания *Trichoderma sp* для повышения общего и товарного урожая клубней.

Эти результаты подтверждают данные Montealegre et al. (2010), которые обнаружили, что применение дополнительных уровней *Trichoderma sp* увеличило урожай клубней и массу клубней по сравнению с контролем.

Mukerji and Garg (1988) описали, что *Trichoderma* более надежна в биологическом контроле, потому что ее легко изолировать и культивировать, в то время как ее ферментная система наряду с производством различных антибиотиков повышает ее эффективность для борьбы с различными патогенами. Raziq and Ishtiaq (2010) подтвердили, что различные фунгициды и виды *Trichoderma* эффективно снижают рост *A. solani* в лабораторных условиях.

Многие исследователи подтвердили, что *Trichoderma sp.* контролирует рост патогена за счет производства внеклеточных ферментов, противогрибковых метаболитов и антибиотиков (El-Katatny et al., 2006).

Полученные результаты показали, что перед посадкой и в течение вегетационного периода применение *Bacillus thuringiensis* значительно повышает рост растений и урожайность клубней.

Борьба с болезнями растений *Bacillus thuringiensis* зависит от взаимодействия с хозяином, чаще всего путем колонизации или укоренения в филлосфере или ризосфере, либо путем индукции вызываемой устойчивости. На это явно влияет окружающая среда, и разработанные комбинации микроорганизмов смогут обеспечить большую системность контроля.

Bacillus thuringiensis имеет несколько видов влияния, которые включают антибиоз, паразитизм, и индуцированную системную устойчивость (Behle et al.,

1996; Côté et al., 2001). Кроме того, этот изолят бациллы также увеличивает рост и энергию растений (Janisiewicz and Bors, 1995).

Значительное влияние *Pseudomonas mohnii* на рост растений можно объяснить повышением активности ключевых ферментов азотистого обмена (нитратредуктазы, глутаминсинтетазы и протеазы) и увеличением фотосинтеза, что усиливает рост растений (Mondal et al., 2012). Эти результаты свидетельствуют о том, что совместное применение *Pseudomonas mohnii* с *S. phurejarhizosphere* и ее антагонистическая способность в отношении *A. solani* определяется в большей степени колонизационной способностью бактерий, чем выработкой активного соединения против патогена.

Результаты, полученные в исследовании, показывают, что *Pseudomonas mohnii* действует как стимулятор роста растений *S. phureja*, уменьшая симптомы проявления болезни, вызванные *A. solani*, и увеличивая количество клубней, массу и высоту растений.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА.

Экономическая эффективность использования биоагентов в защите картофеля от альтернариоза (2016 - 2018 гг.) представлена в таблицах 27-34.

Средняя цена реализации картофеля при расчетах была одинаковой и составляла 10 тыс. рублей за тонну.

При использовании биоагентов в защите картофеля от альтернариоза клубней затраты на обработку варьировали от 1.4 тыс. руб. / га до 1.9 тыс. руб. / га.

В полевых опытах урожайность контрольных вариантов сорта картофеля Романо составила 14.1, 13.8 и 14.3 т/га в 2016, 2017 и 2018 годах, соответственно.

В то время как в контроле сорта Лабелла урожайность составила 15.5, 14.7 и 15.7 т/га в 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

На сорте Романо варианты с применением биологически защитных обработок (*Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*) против альтернариоза оказались экономически более выгодными, по сравнению с контрольным вариантом, на 3.7 т/га и 3.0 т/га соответственно в 2016 году, 3,6 т/га и 3,5 т/га соответственно в 2017 году и 4.8т/га и 4.6 т/га соответственно в 2018 году .

На сорте Романо при обработке *Pseudomonas jessenii* за счет увеличения урожайности (2.3, 3,3 и 4.4 т/га в 2016, 2017 и 2018 годах соответственно) стоимость полученного дополнительного продукта составила 23.0, 33.0 и 44.0 тыс. руб. соответственно.

На сорте Лабелла варианты с применением биологически защитных обработок (*Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis*) против альтернариоза оказались экономически более выгодными, по сравнению с контрольным вариантом, на 3.4 и 2.7 т/га соответственно в 2016 году, а в 2017 году обработка *Trichoderma sp.* и *Bacillus mycooides* оказалась более экономически выгодной, по сравнению с контрольным вариантом, на 4,8 и 4,0 т/га соответственно. В 2018 году обработка

Trichoderma sp. и *Bacillus thuringiensis* оказалась более экономически выгодной, по сравнению с контрольным вариантом на 5.9 т/ га .

На сорте Романо при обработке препаратами *Flavobacterium sp.* и *Pseudomonas mohnii* прибавка урожайности в 2016 году составил 0,8 т / га и 0,6 т / га соответственно, а в 2017 году-1,5 т / га и 1,8 т / га соответственно и в 2018 году 0.8 и 3.5 т / га соответственно.

При этом стоимость полученной дополнительной продукции составила в 2016 году 8,0 и 6,0 тыс. рублей соответственно, а стоимость полученной дополнительной продукции составила в 2017 году 15,0 и 18,0 тыс. рублей соответственно и стоимость полученной дополнительной продукции составила в 2018 году 8.0 и 35.0 тыс. рублей соответственно.

Сравнивая затраты при использовании предложенных способов с комбинированным применением биоагентов для защиты картофеля от альтернариоза с полученными в результате прибавками урожайности на сортах картофеля, очевидно, что затраты на дополнительное производство в полной мере окупаются.

Так при обработке *Pseudomonas mohnii* на сорте Романо, за счет увеличения урожайности с 0,6 т/га в 2016 году до 1,8 т / га в 2017 году и 3.5 в 2018 году, стоимость полученного дополнительного продукта составила 6.0, 18,0 и 35.0 тыс. руб. соответственно.

На сортах Лабелла при обработке *Bacillus mycoides* прибавка урожайности варьировался от 2,0 т / га в 2016 г. до 4,0 т / га в 2017 г. и 5.6 т/га в 2018г..

При использовании *Trichoderma sp.* для защиты картофеля от болезней стоимость дополнительной продукции, полученной в среднем по опыту на сорте Романо, составила 38.4 тыс. руб., а на сорте Лабелла 45.1 тыс. руб., что на 7 тыс. руб. выше, чем на сорте Романо. При этом применение *Pseudomonas jessenii* против альтернариоза картофеля в полевых условиях позволило получить дополнительный доход на сорте Романо 31.6 тыс. руб., а на сорте Лабелла 29.9 тыс. руб., что на 1.7 тысячи рублей меньше, чем у сорта Романо.

Анализируя экономическую эффективность методов защиты картофеля от альтернариоза на сорте Романо, было установлено, что обработки *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* увеличили урожайность на 92.6 и 94.6% соответственно (2016 г.), 94.7% и 95.4% соответственно (2017 г.), 96.0% и 96.5% соответственно (2018г.). В то время как предложенный способ защиты картофеля с применением *Endospore bacterium* и *Pseudomonas brassicacearum* увеличил урожайность на 10.0% и 30.0% соответственно (2016 г.), 55.0% и 53.3% соответственно (2017 г.), 91.8% и 91.2% соответственно (2018г.) (таблица 27, 29 и 31).

Анализируя показатели экономической эффективности использования аналогичные приемы защиты картофеля от альтернариоза на сорт Лабелла, было установлено, что использование *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* повысило доходность на 94.4% и 94.0%, соответственно (2016 г.), 96.0% и 95.4%, соответственно (2017 г.) и 96.7% и 97.2%, соответственно (2018 г.). В то время как предлагаемый способ защиты картофеля с применением биоагентов *Endospore bacterium* и *Flavobacterium sp.* дало увеличение урожайности на 10,0% и 55,0%, соответственно (2016 г.), 55,0% и 10,0%, соответственно (2017 г.), 88.7% и 70.0%, соответственно (2018 г.) (таблица 28, 30 и 32).

Очевидно, что при практически равном потенциале урожайности, сорта картофеля отличаются чувствительностью к биологическим обработкам, что выражается в количестве сохраненного урожая при изученных способах защиты сельскохозяйственных культур от грибных заболеваний.

Наиболее эффективными, с точки зрения повышения урожайности, оказались указанные способы защиты картофеля от альтернариоза в опыте была обработка *Trichoderma sp.* 3.7, 3.6 и 4.8 т / га на сорте Романо в 2016, 2017 и 2018 годах соответственно и на сорте Лабелла 3.4, 4.8 и 5.9 т / га в 2016, 2017 и 2018 годах соответственно.

Таблица 27 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Романо, 2016 г.)

Варианты опыта	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб.
Контроль (без обработки)	-	14.1	-	141	80,0	61,0	76	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10 ⁶	14.9	0.8	149	81,8	67,2	82	4,4
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10 ⁶	14.7	0.6	147	81.6	65,4	80	3,7
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10 ⁶	16.4	2.3	164	81.7	82,3	101	13,5
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10 ⁵	17.8	3.7	178	81.9	96,1	117	19,5
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10 ⁶	14.3	0.2	143	81.8	61,2	75	1,1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10 ⁶	17.1	3.0	171	81.6	89,4	73	18,7
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10 ⁵	14.4	0.3	144	81.8	125,2	153	1,7
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10 ⁵	14.3	0.2	143	81.4	61,6	76	1,4

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 28 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Лабелла, 2016 г.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб.
Контроль (вода)	-	15.5	-	155	80,0	75,0	94	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	15.9	0.4	159	81.8	77,2	95	2,2
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	16.4	0.9	164	81.6	82,4	101	5,6
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	16.1	0.6	161	81.7	79,3	97	3,5
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	18.9	3.4	189	81.9	107,1	131	17,9
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	15.7	0.2	157	81.8	75,2	92	1,1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	18.2	2.7	182	81.6	100,4	123	16,9
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	17.5	2.0	175	81.8	93,2	114	11,1
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	16.2	0.7	162	81.4	80,6	99	5,0

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 29– Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Романо, 2017 г.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (вода)	-	13.8	-	138	80,0	58,0	73	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	15.3	1.5	153	81.8	71,2	87	8,3
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	15.6	1.8	156	81.6	74,4	91	11,2
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	17.1	3.3	171	81.7	89,3	109	19,4
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	17.4	3.6	174	81.9	92,1	113	18,9
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	14.2	0.4	142	81.8	60,2	73	2,2
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	17.3	3.5	173	81.6	91,4	112	21,9
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	14.1	0.3	141	81.8	59,2	72	1,7
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	14.1	0.3	141	81.4	59,6	73	2,1

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 30 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Лабелла, 2017 г.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (вода)	-	14.7	-	147	80	67,0	84	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	14.9	0.2	149	81.8	67,2	82	1,1
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	15.1	0.4	151	81.6	69,4	85	2,5
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	15.6	0.9	156	81.7	74,3	91	5,3
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	19.5	4.8	195	81.9	113,1	138	25,3
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	15.1	0.4	151	81.8	69,2	84	2,2
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	18.2	3.5	182	81.6	100,4	123	21,9
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	18.7	4.0	187	81.8	105,2	129	22,2
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	15.4	0.7	154	81.4	72,6	89	5,0

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 31– Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Романо, 2018 г.)

Применение	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (вода)	-	14.3	-	143	80	63	79	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10^6	15.1	0.8	151	81.8	69,2	85	4,44
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10^6	17.8	3.5	178	81.6	96,4	118	21,9
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10^6	18.7	4.4	187	81.7	105,3	129	25,9
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10^5	19.1	4.8	191	81.9	109,1	133	25,3
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10^6	16.5	2.2	165	81.8	83,2	102	12,2
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10^6	18.9	4.6	189	81.6	107,4	132	28,7
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10^5	15.1	0.8	151	81.8	69,2	85	4,44
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10^5	15.9	1.6	159	81.4	77,6	95	11,4

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 32 – Экономическая эффективность возделывания картофеля при биологической защите от альтернариоза (сорт Лабелла, 2018 г.)

Варианты	Примененная концентрация (споры или КОЕ / г)	Урожай основной продукции, т/га	Прибавка урожая с 1 га, т	Выручка от реализации прибавки урожая, тыс. руб.	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (вода)	-	15.3	-	153	80	73	91	-
<i>Flavobacterium sp.</i>	1.31×10 ⁶	15.9	0.6	159	81.8	77,2	94	3,33
<i>Pseudomonas mohnii</i>	1.63×10 ⁶	17.2	1.9	172	81.6	90,4	111	11,9
<i>Pseudomonas jessenii</i>	2.03×10 ⁶	20.6	5.3	206	81.7	124,3	152	31,2
<i>Trichoderma sp.</i>	1.55×10 ⁵	21.2	5.9	212	81.9	130,1	159	31,0
<i>Endospore bacterium</i>	1.00×10 ⁶	16.9	1.6	169	81.8	87,2	107	8,9
<i>Bacillus thuringiensis</i>	3.08×10 ⁶	21.2	5.9	212	81.6	130,4	160	36,9
<i>Bacillus mycoides</i>	1.74×10 ⁵	20.9	5.6	209	81.8	127,2	156	31,1
<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2.11×10 ⁵	17.8	2.5	178	81.4	96,6	119	17,8

Средняя цена реализации 1 т. 10 тыс. руб.

Таблица 33 – 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 основной продукции, т/га	Прибавка урожа с 1 га, т	Затраты, тыс.руб./га	Чистый доход тыс. руб./га	Уровень рентабель ности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб.
Контроль (вода)	-	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 34 – Экономическая эффективность возделывания картофеля в зависимости от приемов защиты растений от альтернариоза на сорта Лабелла (в среднем за 2016-2018 гг.)

Варианты	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 рентабель ности, %	Окупаемость затрат на биозащиту картофеля, руб
Контроль (вода)	-	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 1 т. 10 тыс. руб.

Уровень рентабельности является итоговым критерием оценки экономической эффективности возделывания того или иного сорта. Схема обработки картофеля биоагентами *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* оказывали непосредственное влияние на уровень рентабельности.

Наиболее высокий уровень рентабельности был отмечен у сорта Романо при обработке *Trichoderma sp.* 94.8% в 2016 году, при обработке *Bacillus thuringiensis* 95.4% и 96.5% в 2017 и 2018 году, соответственно. У сорта Лабелла самый высокий уровень рентабельности отмечен при обработке *Trichoderma sp.* 94.4% и 96.0% в 2016 и 2017 годах соответственно, при обработке *Bacillus thuringiensis* 97.2% в 2018 году.

В среднем (2016 -2018 гг.) в полевых опытах урожайность контрольных вариантов сорта Романо в среднем составила 14,0 т/га, а сорта Лабелла 15,1 т/га.

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 бактериальных 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 *Trichoderma sp.* и *Bacillus thuringiensis* по схеме: предпосадочная обработка клубней, а затем опрыскивание растений дважды с интервалом в 7 дней, является наиболее оптимальным и значитено более экономичеки эффективным по сравнению с контролем 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, а также провести 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 концентрах, 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 наблюдается 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%) по сравнению с контролем соответственно.

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова, Е.Е., Минаева, О.М. Влияние бактерий *Pseudomonas* sp. В-6798 на фитопатологическое состояние картофеля в полевых экспериментах// Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. №2 (6). С. 42-47.
2. Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Новикова Л.Ю., Шувалов О.Ю., Костина Л.И., Клименко Н.С., Шувалова А.Р., Гавриленко Т.А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров R-генов устойчивости. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(5):596-606. DOI 10.18699/ VJ16.181
3. Биологическая защита растений/М. В. Штерншис, Ф.С.-У.Джалилов, И. В. Андреева, О.Г.Томилова; Под ред. М. В. Штерншис. — М.: КолосС, 2004.
4. Биопрепараты на основе бактерий рода *bacillus* для управления здоровьем растений [Текст] / [М. В. Штерншис и др.] ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Новосибирский гос. аграрный ун-т. - Новосибирск : Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2016. - 231, [1] с.
5. Будынков Н.И (2016). Эффективность бактерицидных препаратов против болезней Томата открытого грунта. RJOAS, 8(56). 105-113.
6. Васильченко В. В. Краткосрочная жизнеспособность возбудителей фитофтороза и альтернариоза картофеля в лабораторных условиях /В. В. Васильченко, А. Н. Смирнов //Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 6 - С 49-52.
7. Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к насекомым. Автореф. докт. дисс. - Л.: ВИЗР, 1980. 48 с.

8. Гамзазаде А.И., Исмаилов Э.Я., Тютюрев С.Л. и др. Новая модификация индуктора болезнеустойчивости растений и регулятора роста // Матер.докл. V Всероссийской конф. «Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана». - Москва-Щелково, 1999. - С. 83-87.
9. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. ВИЗР. - Санкт-Петербург, 2011- 72с.
10. Гришечкина, С. Д. Смирнов, О. В. Вегетационная и полевая оценка антифунгального эффекта *Bacillus thuringiensis* [] : научное издание / С. Д. Гришечкина, О. В. Смирнов // Вестник защиты растений : научно - теоретический рецензируемый журнал. - 2010. - N3. - С. 44-50.
11. Гудима Л.Р. Защитные механизмы картофеля, обработанного культуральной жидкостью бактерий-антагонистов родов *Pseudomonas* и *Mycobacterium* в лечебный период и при холодильном хранении/ автореферат дисс. На соиск. Степени кандидата техн. Наук. Минск, 1999.
12. Деревягина, М. А. Данин, А. В. Васильева, С. В. Оптимизация схем защиты картофеля от болезней/ М. А. Деревягина, А. В. Данин, С. В. Васильева и др. // Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики: матер. Междунар. конгресса «Картофель. Россия - 2007». М: ФГНУ Росинформагротех, 2007. С. 30-40.
13. Живых А. В., Говоров. Д. Н. -Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2009 году и прогноз развития вредных объектов в 2010 году.-М.: ФГУ Россельхозцентр, 2010.-52 с.
14. Замалиева Ф. Фузариозное увядание картофеля и рекомендации по защите / Ф. Замалиева, Т. Зайцева, Л. Рыжих и др. // Защита картофеля. 2015. № 2. С. 3-9.

15. Зимина Ю.А., Срослова Г.А., Постнова М.В. Применение биопрепаратов на основе хитозана в сельском хозяйстве/ Ю.А. Зимина, Г.А.Срослова, М.В.Постнова// Природные системы и ресурсы, 2018. Т.8, № 3. С. 22-28.
16. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Мн.: РУП "Белорусский НИИ картофелеводства", 2005. -550 с.
17. Козловский Б. Е., Филиппов А. В. Альтернариоз картофеля // Картофель и овощи. - 2007. - № 4. - С. 31.
18. Куликов, С.Н. Индукторы болезнеустойчивости на основе хитозана для защиты от грибных и вирусных болезней: дис. на соиск. учен.степ. канд. биол. наук: 03.00.23: защищена 19.05.06 / Култков Сергей Николаевич. – Щёлково, 2006. – 104 с.
19. Механизм действия хитозана при индуцировании устойчивости картофеля// из материалов 8-ой Международной конференции "Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана", Казань, 12-17 июня 2006 г. /Н.И. Васюкова, Я.С. Панина, Г.И. Чаленко, Н.Г. Герасимова, С.М. Придворова, О.Л. Озерецковская. Казань, 12-17 июня, 2006.
20. Морозова Е.А. Эколого-биологическая оценка действия хитозановых препаратов на сельскохозяйственные культуры/ Е.А. Морозова.дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. Барнаул, 2011.
21. Озерецковская О.Л. Проблемы специфического иммунитета // Физиология растений, 2002. Т, 49. С. 148-154.
22. Пересыпкин В.Ф. Болезни сельскохозяйственных культур. Том 2. Болезни технических культур и картофеля, Киев: Урожай, 1990. — 248 с.

23. Полковникова В.В. Биологические особенности возбудителей болезней картофеля и меры борьбы с ними в условиях Курганской области/ В.В. Полковникова// вестник Курганской ГСХА, 2019. № 2. С.23-29.
24. Пораженность семян зерновых культур и клубней картофеля грибными болезнями/А. Н. Смирнов, С. А. Кузнецов, Т. С. Бибик и др. //Владимирский земледелец. 2015. № 2 (72). С. 24-27.
25. Прогрессивная технология возделывания картофеля в Саратовской области: Практические рекомендации / Составители: В.Б. Нарушев, Ю.А. Иванов, С.А. Преймак. - Саратов. 2012 - 52 с
26. Смирнов А. Н. Оценка стратегий размножения и поддержания жизнеспособности оомицета *Phytophthora infestans* в связи с современными методами защиты картофеля и томата от фитофтороза: автореф. дис.... д-ра биол. наук. М., 2010. 44 с.
27. Смирнов А. Н., Кузнецов С. А. Определение стратегий размножения и жизнеспособности полевых популяций *Phytophthora infestans* // Известия ТСХА. 2006. Вып. 4. С. 28-41.
28. Смирнов О.В. Изучение действия биопрепаратовна основе *Bacillusthuringiensis* на фитопатогенные грибы / Смирнов О.В., Гришечкина С.Д // Вестник защитырастений. 2010. № 1. - С. 27-35.
29. Смирнов О.В. Полифункциональная активность *Bacillus thuringiensis* Berliner/ О.В. Смирнов, С. Д. Гришечкина // Сельскохозяйственная биология. Серия Биология растений : научно-теоретический журнал. - 2011. - N 3. - С. 123-126.
30. Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Том 4. Болезни технических культур, София-Москва – 2003 – 185с.
31. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений. - С-Пб. ВИЗР, 2002. - 328 с.

32. Тютюрев С.Л., Евстигнеева Т.А. Механизм действия хитозана в качестве фитоактиватора болезнеустойчивости // Сб. тр. Всерос. съезда по защите растений «Проблема оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства». - СПб., 1995. - С. 126-131.
33. Удалова Ж.В., Удалова В.Б., Зиновьева С.В. Применение хитина и хитозана в борьбе с фитопаразитическими нематодами// Российский паразитологический журнал, 2011. С. 109-115.
34. Шабанова И. О. Биоэкологическое обоснование защиты картофеля от альтернариоза в лесостепи Среднего Поволжья: Автореф. дис. ...канд. биолог.наук: 06.01.07 - защита растений / Шабанова Ирина Олеговна. - Кинель. 2011 - 21с.
35. Abbasi, P.A., Weselowski, B. (2014). Influence of foliar sprays of *Bacillus subtilis* QST 713 on development of early blight disease and yield of field tomatoes in Ontario. *Can J Plant Pathol.*, 36:170–178.
36. Ahmed, A.S., Sanchez, C.P., Candela, M.E., 2010. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *Eur. J. Plant Pathol.* 106, 817-824.
37. Alfano, G., Lewis Ivey, M. L., Cakir, C., Bos, J. I. B., Miller, S. A., Madden, L. V., et al. (2007). Systemic Modulation of Gene Expression in Tomato by *Trichoderma hamatum* 382. *Phytopathology*, 97, 429–437.
38. Amsellem, Z., Zidack, N.K. Quimby P.C., Gressel, J. (1999). Long-term dry preservation of viable mycelia of two mycoherbicidal organisms, *Crop Prot.* 18, 643–649.
39. An C.F., Mou ZL. (2011) Salicylic acid and its function in plant immunity. *J Integr Plant Biol* 53:412–428.

40. Anonymous. (2003) Guide to Commercial Potato Production on the Canadian Prairies. Portage la Prairie, Manitoba, Canada, Western Potato Council.
41. Arrebola, E., Sivakumar, D., Korsten, L. (2010). Effect of volatile compounds produced by *Bacillus* strains on postharvest decay in citrus. *Biol Control* 53(1):122–128.
42. Arrigoni, O., G. Zacheo, R. Arrigoni-Liso, T. Bleve-Zacheo and F. Lamberti, (1979). Relationship between vitamin C and resistance in tomato plants to *Meloidogyne incognita*. *Phytopathol.*, 69: 579-581.
43. Ashrafuzzaman, M., Hossen, F.A., Ismail, M.R., Hoque, M.A., Islam, M.Z., Shahidullah, S.M., Meon, S. (2009). Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *Afr J Biotechnol* 8:1247–1252.
44. Baker, K.F., Cook, R.J. (1974). *Biological Control of Plant Pathogens*, Freeman, San Francisco. *Phytopathol. Soc.*, 433pp.
45. Bankole, S.A., Adebajo, A. (1996). Biocontrol of brown blotch of cowpea caused by *Colletotrichum truncatum* with *Trichoderma viride*, *Crop Prot.* 15, 633–636.
46. Batta, Y.A. (2004). Effect of treatment with *Trichoderma harzianum* Rifai formulated in invert emulsion on postharvest decay of apple blue mold, *Int. J. Food Microbiol.* 96, 281–288.
47. Beattie, G. and Lindow, S. (1999). Bacterial Colonization of Leaves: A Spectrum of Strategies. *Phytopathology.* 89. 353-9. 10.1094/PHYTO.1999.89.5.353.
48. Behle, R. W., McGuire, M. R., and Shasha, B. S. (1996). Extending the residual toxicity of *Bacillus thuringiensis* with casein-based formulations. *J. Econ. Entomol.* 89:1399-1405.

49. Bellows, T. S., Thomas, S. B., Fisher, T. W., Caltagirone, L. E., Dahlsten, D. L., Gordh, G., and Huffaker, C. B. (1999). Controlling Soil-Borne Plant Pathogens. In *Handbook of Biological Control* (pp. 699-712). San Diego: Academic Press.
50. Beneduzi, A., Ambrosini, A. and Passaglia, L.M. (2012) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): The Potential as Antagonists and Biocontrol Agents. *Genetics and Molecular Biology* , 35, 1044-1051.
51. Benhamou, N., Rey, P., Picard, K., Tirilly, Y. (1999). Ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction between the mycoparasite *Pythium oligandrum*, and soilborne plant pathogens, *Phytopathology* 89, 506–517.
52. Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C., Codon, A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains, *Int. Microbiol.* 7, 249–260.
53. Bisby, G.R. (1939). *Trichoderma viride* Pers. ex. Fries, and notes on *Hypocrea*, *Trans. Br. Mycol. Soc.* 33 149–168.
54. Blouin-Bankhead, S., Landa, B. B., Lutton, E., Weller, D. M., and McSpadden Gardener, B. B. (2004). Minimal changes in rhizobacterial population structure following root colonization by wild type and transgenic biocontrol strains. *FEMS Microbiol. Ecol.* 49:307-318.
55. Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C., and Scala, E. (2007). Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 89, 311-324.
56. Borneman, J., and Becker, J. O. (2007). Identifying microorganisms involved in specific pathogen suppression in soil. *Annual Review of Phytopathology*, 45, 153-172.
57. Brewer, M.T., and R.P. Larkin. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop Protection* 24: 939–950.

58. Brewer, M.T., Larkin, R.P. (2005). Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato, *Crop Prot.* 24, 939–950.
59. Brunner, K., Montero, M., Mach, R.L., Peterbauer, C.K., Kubicek, C.P. (2003). Expression of the *ech42* (endochitinase) gene of *Trichoderma atroviride* under carbon starvation is antagonized via a *BrlA*-like cis-acting element, *FEMS Microbiol. Lett.* 218, 259–264.
60. Bubici G, Cirulli M. (2012) Control of *Verticillium* wilt of olive by resistant rootstocks. *Plant Soil* 352:363–376.
61. Budzikiewicz, H. (1993). Secondary Metabolites From Fluorescent *Pseudomonads*, *FEMS Microbiology Reviews*, 10, 209-228.
62. Burr, T.J., Schroth, M.N. and Suslow, T. (1978). Increased potato yields by treatment of seed pieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *P. putida*. *Phytopathology*, 68: 1377–1383.
63. Calistru, C., McLean, M., Berjak, P. (1997). In vitro studies on the potential for biological control of *Aspergillus flavus* and *Fusarium moniliforme* by *Trichoderma* species 1. Macroscopical and microscopical observations of fungal interactions, *Mycopathologia* 139, 115–121.
64. Campbell CL, Madden LV (1990) *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York, NY, USA, Wiley, pp. 532.
65. Celar, F. (2003). Competition for ammonium and nitrate forms of nitrogen between some phytopathogenic and antagonistic soil fungi, *Biol. Control* 28, 19–24.
66. Cho, J.-C., and Tiedje, J. M. (2000). Biogeography and degree of endemism of fluorescent *Pseudomonas* strains in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:5448-5456.

67. Choudhary, D.K. and Johri, B.N. (2009) Interactions of *Bacillus* spp. and Plants— with Special Reference to Induced Systemic Resistance (ISR). *Microbiological Research*, 164, 493-513.
68. Chowdappa, P., Mohan-Kumar, S.P., Jyothi, L.M., Upreti, K.K. (2013). Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol Control* 65:109–117.
69. Chun, J., Lee, J.-H., Jung, Y., Kim, M., Kim, S., Kim, B. K., and Lim, Y.-W. (2007). EzTaxon: a web-based tool for the identification of prokaryotes based on 16S ribosomal RNA gene sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 2259-2261.
70. Clarkson, D.T. and J.B. Hanson, (1980). Mineral nutrition of higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 239-298
71. Compant, S., Clément, C., Sessitsch, A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol Biochem* 42:669–678.
72. Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., and Barka, E.A. (2005). Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects', *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 4951-4959.
73. Cook, R. J., Weller, D. M., Youssef El-Bann, A., Vakoč, D., and Zhang, H. (2002). Yield responses of direct-seeded wheat to rhizobacteria and fungicide seed treatments. *Plant Dis.* 86:780-784.
74. Cook, R.J. (1993). Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens, *Annu. Rev. Phytopathol.* 31, 53–80.

75. Cooney, J.M., Lauren, D.R. (1998). Trichoderma/pathogen interactions: measurement of antagonistic chemicals produced at the antagonist/pathogen interface using a tubular bioassay, *Lett. Appl. Microbiol.* 27, 283–286.
76. Coquoz JL, Buchala A, Me'traux JP. (1998) The biosynthesis of salicylic acid in potato plants. *Plant Physiol* 117:1095–1101.
77. Cornelis, P. (2010). Iron Uptake and Metabolism in Pseudomonads, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86, 1637-1645.
78. Côté, J.-C., Vincent, C., Son, K.-H., and Bok, S. H. (2001). Persistence of insecticidal activity of novel bioencapsulated formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* against *Choristoneura rosaceana* [Lepidoptera: Tortricidae]. *Phytoprotection* 82:73-82.
79. Daayf F, El Hadrami A, El-Bebany AF, Henriquez MA, Yao Z, Derksen H, El Hadrami I, Adam LR. (2012) Phenolic compounds in plant defense and pathogen counter-defense Mechanisms. In: Cheynier V, Sarni Manchado P, Quideau S. (Eds) *Recent Advances in Polyphenols Research*, Vol. 3. Oxford, UK, Wiley-Blackwell, pp. 191–208.
80. Daayf F, Nicole M, Be' langer RR, Geiger JP. (1998) Hyaline mutants from *Verticillium dahliae*, an example of selection and characterization of strains for host-parasite interaction studies. *Plant Pathol* 47:523–529.
81. Das, I., Pradhan, M. (2016). Potassium-solubilizing microorganisms and their role in enhancing soil fertility and health. In: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. Springer, India, pp 281–291.
82. De Meyer, G., Bigirimana, J., Elad, Y., Hofte, M., (1998). Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 and biocontrol of *Botrytis cinerea*. *Eur. J. Plant Pathol.* 104, 279e286.

83. Demoz, B.T., Korsten, L. (2006). *Bacillus subtilis* attachment, colonization, and survival on avocado flowers and its mode of action on stem-end rot pathogens. *BioControl* 37:68–74.
84. Dennis, C., Webster, J. (1971) Antagonistic properties of speciesgroups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotics. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 57:25 – 39.
85. Dihazi A, Serghini MA, Jaiti F, Daayf F, Driouich A, Dihazi H, El Hadrami I. (2011) Structural and biochemical changes in Salicylic acid-treated date palm roots challenged with *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *J Pathog* 280481. doi:10.4061/2011/280481.
86. Druzhinina, I.S. and Kubicek, C.P. (2005). Species concepts and biodiversity in *Trichoderma* and *Hypocrea*: from aggregate species to species clusters? *J. Zhejiang Univ. Sci.* 6, 100–112.
87. Druzhinina, I.S., Kopchinskiy, A.G., Kubicek, C.P. (2006). The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data, *Mycoscience.* 47, 55–64.
88. Effantin, G., Rivasseau, C., Gromova, M., Bligny, R., and Hugouvieux-Cotte-Pattat, N. (2011). Massive Production of Butanediol During Plant Infection by Phytopathogenic Bacteria of the Genera *Dickeya* and *Pectobacterium*, *Molecular Microbiology*, 82, 988-997.
89. Eilenberg, J., Hajek, A., and Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400.
90. El Hadrami A, Adam LR, Daayf F. (2011) Biocontrol treatments confer protection against *Verticillium dahliae* infection of potato by inducing antimicrobial metabolites. *Mol Plant-Microbe Interact* 24:328–335.
91. El Oirdi M, Abd El Rahman T, Rigano L, El Hadrami A, Rodriguez MC, Daayf F, Vojnov A, Bouarab K. (2011) *Botrytis cinerea* manipulates the

antagonistic effects between immune pathways to promote disease development in tomato. *Plant Cell* 23:2405–2421.

92. Elad, Y., Chet, I., and Katan, J. (1980). *Trichoderma harzianum*: a biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70(2), 119-121.

93. El-Bebany AF, Henriquez MA, Badawi M, Adam LR, El Hadrami A, Daayf F. (2011) Induction of putative pathogenicity-related genes in *Verticillium dahliae* in response to elicitation with potato root extracts. *Environ Exp Bot* 72:251–257.

94. El-Katatny, M., Abdelzaher, H., Shoukamy, M. (2006). Antagonistic actions of *Pythium oligandrum* and *Trichoderma harzianum* against phytopathogenic fungi (*Fusarium oxysporum* and *Pythium ultimum* var. *ultimum*). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 39. 289-301.

95. Escande, A.R., Laich, F.S., Pedraza, M.V. (2002). Field testing of honeybeedispersed *Trichoderma* spp. to manage sunflower head rot (*Sclerotinia sclerotiorum*), *Plant Pathol.* 51, 346–351.

96. Falcón-Rodríguez, A. B.; Costales, D.; González-Peña, D.; Morales, D.; Mederos, Y.; Jerez, E.; Cabrera, J. C. (2017). Chitosans of different molecular weight enhance potato (*Solanum tuberosum* L.) yield in a field trial. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Volume 15, Issue 1, e0902.

97. Faltin, F., Lottmann, J., Grosch, R., and Berg, G. (2004). Strategy to select and assess antagonistic bacteria for biological control of *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Canadian journal of microbiology*, 50(10), 811-820.

98. Foldes, T., BaÁnhegyi, I., Herpai, Z., Varga, L., Szigeti, J., (2000). Isolation of *Bacillus* strains from the rhizosphere of cereals and in vitro screening for antagonism against phytopathogenic, foodborne pathogenic and spoilage microorganisms”, *Journal of Applied Microbiology*, 89, 840-846.

99. Fontem, D.A., Cameron, R., Opena, R.T., Gumedoe, Y.D, (1996). Impact to blight infection tomato yield. TVIS Newsletter. www.libuts.avrdc.org.tw/fulltext-pdf.
100. Fontenelle, A.D.B., Guzzo, S.D., Lucon, C.M.M., Harakava, R. (2011). Growth promotion and induction of resistance in tomato plant against *Xanthomonas euvesicatoria* and *Alternaria solani* by *Trichoderma* spp. *Crop Protection*, 30: 1492-1500.
101. Fravel, D. R. (2005). Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43:337-359.
102. Gallou, A., Sylvie, C., Stéphane, D. (2009). *Trichoderma harzianum* elicits defence response genes in roots of potato plantlets challenged by *Rhizoctonia solani*. *European Journal of Plant Pathology*. 124. 219-230. 10.1007/s10658-008-9407-x.
103. Gaskill J.O. breeding for *Rhizoctonia* resistance in sugar beet / J.O. Gaskill // *J. Am. Soc. Beet technol.* - 1968. - № 15. - P. 107-119.
104. Gayoso C, Pomar F, Novo-Uzal E, Merino F, de Ila' rduya O' . (2010) The Ve-mediated resistance response of the tomato to *Verticillium dahliae* involves H₂O₂, peroxidase and lignins and drives PAL gene expression. *BMC Plant Biol* 10:232.
105. Genzel F. The molecular basis of the plant-pathogen interaction of potato and *Rhizoctonia solani*. [text]: dissertation PhD. / Genzel Franziska. - Berlin, 2017. – 167 p.
106. Ghildyal, A., Pandey, A., (2008). "Isolation of cold tolerant antifungal strains of *Trichoderma* sp. from glacial sites of Indian Nimalayan Region," *Research Journal of Microbiology*, Vol.3 (8), pp.559-64

107. Ghisalberti, E.L. (2002). Anti-infective agents produced by the Hyphomycetes genera *Trichoderma* and *Gliocladium*, *Curr. Med. Chem. Anti-Infect. Agents* 1, 343–374.
108. Gveroska B, Ziberoski J. (2012) *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against *Alternaria alternata* on tobacco. *Appl Technol Innovations* 7:67–76.
109. Haas, D., and Defago, G. (2005). Biological Control of Soil-Borne Pathogens by Fluorescent *Pseudomonads*, *Nature Reviews Microbiology*, 3, 307-319.
110. Han, S.H., Lee, S.J, Moon, J.H., Park, K.H., Yang, K.Y., Cho, B.H., Kim, K.Y., Kim, Y.W., Lee, M.C., Anderson, A.J., and Kim, Y.C. (2006). GacS-Dependent Production of 2R,3R-Butanediol by *Pseudomonas chlororaphis* O6 is a Major Determinant for Eliciting Systemic Resistance Against *Erwinia carotovora* But Not Against *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* in Tobacco, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19, 924-930.
111. Hanson, L. E., & Howell, C. R. (2004). Elicitors of plant defense responses from biocontrol strains of *Trichoderma virens*. *Phytopathology*, 94, 171–176.
112. Harman, G. E., & Bjorkman, T. (1998). Potential and existing uses of *Trichoderma* and *Gliocladium* for plant disease control and plant growth enhancement. In G. E. Harman, Eur J Plant Pathol & C. P. Kubicek (Eds.), *Trichoderma and Gliocladium* (pp. 229–265). London UK: Taylor & Francis.
113. Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. (2004) *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews* 2:43-56
114. Harrison, M. D. and J. R. Venette. 1970. Chemical control of potato early blight and its effect on potato yield. *Amer. Potato J.* 47: 81–86.

115. Hennig J, Dewey RE, Cutt JR, Klessig DF. (1993) Pathogen, salicylic acid and development dependent expression of a b-1,3- glucanase/GUS gene fusion in transgenic tobacco plants. *Plant J* 4:481–493.
116. Henriquez MA, Adam LR, Daayf F. (2012) Alteration of secondary metabolites' profiles in potato leaves in response to weakly and highly aggressive isolates of *Phytophthora infestans*. *Plant Physiol Biochem* 57:8–14.
117. Henriquez MA, Daayf F. (2010) Identification and cloning of differentially expressed genes involved in the interaction between potato and *Phytophthora infestans* using a subtractive hybridization and cDNA-AFLP combinational approach. *J Integr Plant Biol* 52: 453–467.
118. Hjeljord, L.G., Stensvand, A., Tronsmo, A. (2000). Effect of temperature and nutrient stress on the capacity of commercial *Trichoderma* products to control *Botrytis cinerea* and *Mucor piriformis* in greenhouse strawberries, *Biol. Control* 19, 149–160.
119. Hoitink, H. A. J., and Boehm, M. J. (1999). Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology*, 37, 427-446.
120. Howarth, F.G., (1991). Environmental impact of classical biological control, *Annu. Rev. Entomol*; 36: 485-509.
121. Howell, C.R., and Stipanovic, R.D. (1980). Suppression of *Pythium ultimum*-Induced Damping-Off of Cotton Seedlings by *Pseudomonas fluorescens* and its Antibiotic, Pyoluteorin, *Phytopathology*, 70, 712-715.
122. Huber, D. M., and Sumner, D. R. (1996). Suppressive soil amendments for the control of *Rhizoctonia* species. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate & G. Dijst (Eds.), *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control* (pp. 433-443). Dordrecht: Kulwer Academic Publishers.

123. Hutchinson, C.M. (1999). *Trichoderma virens*-inoculated composted chicken manure for biological weed control, *Biol. Control* 16, 217–222.
124. Imtiaj A, Lee T. (2008) Antagonistic effect of three *Trichoderma* species on the *Alternaria porri* pathogen of onion blotch. *World J Agric Sci* 4:13–17.
125. Jager, G., and Velvis, H. (1983). Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields .1. Occurrence. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 89(1-2), 21-29.
126. James, W. C. (1973). Assessing severity of plant diseases. Black scurf of potatoes. In *Canadex. Potato Diseases 258.630: Agriculture Canada*.
127. Janisiewicz, W. J., and Bors, B. (1995). Development of a microbial community of bacterial and yeast antagonists to control wound-invading postharvest pathogens of fruits. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:3261-3267.
128. Jha, Y., Subramanian, R.B. (2016). Regulation of plant physiology and antioxidant enzymes for alleviating salinity stress by potassium-mobilizing bacteria. In: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. Springer, India, pp 149–162.
129. Joos HJ, Hahlbrock K. (1992) Phenylalanine ammonia-lyase in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Eur J Biochem* 204:621–629.
130. Joseph, B., Dhas, B., Hena, V., Raj, J. (2013). Bacteriocin from *Bacillus subtilis* as a novel drug against diabetic foot ulcer bacterial pathogens. *Asian Pac J Trop Med* 3(12):942–946.
131. Ju, R., Zhao, Y., Li, J., Jiang, H., Liu, P., Yang, T., Bao, Z., Zhou, B., Zhou, X., Liu, X. (2014). Identification and evaluation of a potential biocontrol agent, *Bacillus subtilis*, against *Fusarium* sp. in apple seedlings. *Ann Microbiol* 64:377–383.

132. Kalde M, Nuñ hse TS, Findlay K, Peck SC. (2007) The syntaxin SYP132 contributes to plant resistance against bacteria and secretion of pathogenesis-related protein 1. *Proc Natl Acad Sci USA* 104:11850–11855.
133. Kamal, A., Shaik, A.B., Polepalli, S., Santosh Reddy, V., Bharath Kumar, G., Gupta, S., Rama Krishna, K.V., Nagabhushana, A., Mishra, R.K., Jain, N. (2014) Pyrazole-oxadiazole conjugates: synthesis, antiproliferative activity and inhibition of tubulin polymerization. *Organic & biomolecular chemistry*. 12(40):7993-8007.
134. Kauffmann S, Legrand M, Geoffroy P, Fritig B. (1987) Biological function of ‘pathogenesis-related’ proteins: four PR proteins of tobacco have 1,3-b-glucanase activity. *Eur Mol Biol Org J* 6:3209– 3212.
135. Kloepper, J., Leong, J., Teintze, M., Schroth, M. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*. 286. 885-886.
136. Kredics, L., Zsuzsanna, A., Ilona, D., Manczinger, L., Kevei, F. N. (2003). Clinical importance of the genus *Trichoderma*—areview, *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 50, 105–117.
137. Kredics, L., Zsuzsanna, A., Szekeres, A., Hatvani, L., Manczinger, L., Cs, V., Erzsebet, N. (2005). Extracellular proteases of *Trichoderma* species—a review, *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 52, 169–184.
138. Kubicek, C.P., Mach, R.L., Peterbauer, C.K., Lorito, M. (2001). *Trichoderma*: from genes to biocontrol, *J. Plant Pathol.* 83, 11–23.
139. Kumar, K.V., Yellareddygar, S.K., Reddy, M.S., Kloepper, J.W., Lawrence, K.S., Miller, M.E., Sudini, H., Reddy, E.C., Zhou, X.G., Groth, D.E. (2013). Ultrastructural studies on the interaction between *Bacillus subtilis* MBI 600 (Integral) and the rice sheath blight pathogen, *Rhizoctonia solani*. *Afr J Microbiol Res* 7(19):2078–2086.

140. Kuter, G. A., Nelson, E. B., Hoitink, H. A. J., and Madden, L. V. (1983). Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to *Rhizoctonia* damping-off. *Phytopathology*, 73(10), 1450-1456.
141. Kwok, O. C. H., Fahy, P. C., Hoitink, H. A. J., and Kuter, G. A. (1987). Interactions between bacteria and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in bark compost media. *Phytopathology*, 77(8), 1206-1212.
142. Larkin, R.P., and Farvel, D.R., (1998). Efficacy of various fungal and bacterial bio-control organisms for control of *Fusarium* wilt of some vegetables, *Plant Dis.*, 82: 1022-1028.
143. Lewis, J.A., Papavizas, G.C. (1991). Biocontrol of plant diseases: the approach for tomorrow, *Crop Prot.* 10, 95–105.
144. Li, S., Zhang, N., Zhang, Z., Luo, J., Shen, B., Zhang, R., Shen, Q. (2013). Antagonist *Bacillus subtilis* HJ5 controls *Verticillium* wilt of cotton by root colonization and biofilm formation. *Biol Fertil Soils* 49:295–303.
145. Liu, B., Qiao, H., Huang, L., Buchenauer, H., Han, Q., Kang, Z., Gong, Y. (2009). Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* E1R-j and potential mode of action. *Biol Control* 49:277–285.
146. Liu, P.G., Yang, Q. (2005). Identification of genes with a biocontrol function in *Trichoderma harzianum* mycelium using the expressed sequence tag approach, *Res. Microbiol.* 156, 416–423.
147. Loper, J.E., and Buyer, J.S. (1991). Siderophores in Microbial Interactions on Plant Surfaces, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 4, 5-13.
148. Lorenzo O, Piqueras R, Sa´ nchez-Serrano JJ, Solano R. (2003) Ethylene response factor1 - integrates signals from ethylene and jasmonate pathways in plant defense. *Plant Cell* 15:165–178.

149. Lugtenberg, B.J., Dekkers, L., and Bloemberg, G.V. (2001). Molecular Determinants of Rhizosphere Colonization by *Pseudomonas*, *Annual Review of Phytopathology*, 39, 461-490.
150. Magnet-Dana, R.; Thimon, L.; Peypoux, F.; Ptak, M., (1992). Surfactin/iturin A interactions may explain the synergistic effect of surfactin on the biological properties of iturin A. *Biochimie*, v.74, p.1047-1051.
151. Marra, R., Ambrosino, P., Carbone, V., Vinale, F., Woo, S. L., Ruocco, M., et al. (2006). Study of the three-way interaction between *Trichoderma atroviride*, plant and fungal pathogens by using a proteomic approach. *Current Genetics*, 50, 307–321.
152. Meena, V.S., Maurya ,B.R., Meena, S.K., Meena, R.K., Kumar, A., Verma, J.P., Singh, N.P. (2017). Can *Bacillus* species enhance nutrient availability in agricultural soils? In: Islam MT, Rahman M, Pandey P, Jha CK, Aeron A (eds) *Bacilli and agrobiotechnology*. Springer International Publishing, Cham, pp 367–395.
153. Mendes, R., Kruijt, M., Bruijn, I., Dekkers, E., Voort, M., Schneider, J., Piceno, Y., DeSantis, T., Andersen, G., Bakker, P., Raaijmakers, J. (2011). Deciphering the Rhizosphere Microbiome for Disease-Suppressive Bacteria. *Science (New York, N.Y.)*. 332. 1097-100.
154. Menendez, A.B., Godeas, A. (1998). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* attacking soybean plants. Degradation of the cell walls of this pathogen by *Trichoderma harzianum* (BAFC 742), *Mycopathologia* 142, 153–160.
155. Mnif, I., Ghribi, D. (2015). Review lipopeptides biosurfactants: mean classes and new insights for industrial, biomedical, and environmental applications. *J Pept Sci* 104(3):129–147.

156. Mol L. (1995) Effect on plant roots on the germination of microsclerotia of *Verticillium dahliae*. II. Quantitative analysis of the luring effect of crops. *Eur J Plant Pathol* 101:679–685.
157. Mondal, M., Malek, M., Puteh, A., Ismail, M., Ashrafuzzaman, M., Naher, L. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*. 6(5):918-921.
158. Monier, J-M., Lindow, S. (2004). Frequency, Size, and Localization of Bacterial Aggregates on Bean Leaf Surfaces. *Applied and environmental microbiology*. 70. 346-55.
159. Monier, J-M., Lindow, S.E. (2005a). Aggregates of Resident Bacteria Facilitate Survival of Immigrant Bacteria on Leaf Surfaces. *Microbial ecology*. 49. 343-52.
160. Monier, J-M., Lindow, S.E. (2005a). Spatial organization of dual-species bacterial aggregates on leaf surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*. 71. 5484-5493.
161. Montealegre, J., Valderrama, L., Sánchez, S., Herrera, R., Besoain, X., Perez, L. (2010). Biological control of *Rhizoctonia solani* in tomatoes with *Trichoderma harzianum* mutants. *Electronic Journal of Biotechnology*. 13. 1-2.
162. Moreno, L.S., Paningbatan, R.A. (1995). Biological control of mango stem-end rot caused by *Diplodia natalensis* with *Trichoderma viride*, *Philippine Phytopathol*. 31, 103–116.
163. Mortuza, H.G., Ilag, L.L. (1999). Potential for biocontrol of *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. and Maubl. in banana fruits by *Trichoderma* species, *Biol. Control* 15, 235–240.
164. Mukerji, K., Garg, K. (1988). *Biocontrol Of Plant Diseases*. Boca Raton: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9780429292347>

165. Nair, K.R.S. and Ellingboe, A.H. (1962). A method of controlled inoculations with conidiospores of *Erysiphe graminis* var. *tritici*. *Phytopathol.*, 52:417.
166. Neergaard P (1945) Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*: taxonomy, parasitism, economic significance. Oxford University Press, London, pp 260–287
167. NIAB, U. N. I. f. A. B. (2009). Pocket guide to varieties of potatoes, 2009. Cambridge: NIAB.
168. Ongena, M., Jacques, P., Touré, Y., Destain, J., Jabrane, A., Thonart, P., (2005). Involvement of fengycin-type lipopeptides in the multifaceted biocontrol potential of *Bacillus subtilis*. *Applied microbiology and biotechnology*. 69. 29-38.
169. Ongena, M.; Duby, F.; Jourdan, E.; Beaudry, T.; Jadin, V.; Dommes, J.; Thonart, P, (2005). *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.67, p. 692-698.
170. Osburn, R.M., Milner, J.L., Oplinger, E.S, Smith, R.S., Handelsman, J., (1995). Effect of *Bacillus cereus* U W 85 on the yield of soybean at two field sites in Wisconsin, *Plant Dis.*, 79, 551-556.
171. Papavizas, G.C., Lewis, J.A., Abd-El Moity, T.H. (1982). Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities, *Phytopathology* 72, 126–132.
172. Peypoux F, Bonmatin JM, Wallach J (1999) Recent trends in the biochemistry of surfactin. *Appl Microbiol Biotechnol* 51(5):553–563
173. Pleban S., Ingel F., Shet I., (1995). Control of *Rhizocotonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in the greenhouse using endo phytic *Bacillus* spp. *European Journal of Plant Pathology* 101: 665-672.

174. Pozo, M.J., Baek, J.M., Garcia, J.M., Kenerley, C.M. (2004). Functional analysis of *tvsp1*, a serine protease-encoding gene in the biocontrol agent *Trichoderma virens*, *Fungal Genet. Biol.* 41, 336–348.
175. Prakash, S., Verma, J.P. (2016). Global perspective of potash for fertilizer production. In: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. Springer, India, pp 327–331.
176. Priest, F. G. (1989). Isolation and identification of aerobic endospore forming bacteria. In C.R. Harwood (Ed.), *Bacillus* (pp. 27-56). New York: Plenum Press.
177. Pscheidt J W (1985). Epidemiology and control of potato early blight, caused by *Alternaria solani*. PhD thesis, University of Wisconsin-Madison
178. Punja, Z.K., Utkhede, R.S. (2003). Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases, *Trends Biotechnol.* 21, 400–407.
179. Raaijmakers, J.M., Vlami, M., and de Souza, J.T. (2002). Antibiotic Production by Bacterial Biocontrol Agents, *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81, 537-547.
180. Ranasingh, N., Saturabh, A., Nedunchezhiyan, M., (2006). “Use of *Trichoderma* in disease management,” *Orissa Review*, September-October, pp.68-70
- 70 Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria* biology, epidemiology, and pathogenicity, 1st edn. APS, St. Paul, MN, 48– 203 pp.
181. Raziq, F. and Ishtiaq, S. (2010). Integrated control of *Alternaria solani* with *Trichoderma* spp. and fungicides under in vitro conditions. *Sarhad Journal of Agriculture*, 26, 613-619.
182. Reddy, P.P. (2014). Plant growth promoting rhizobacteria for horticultural crop protection. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Horticultural Crop Protection*. 1-310.

183. Rifai, M.A. (1969). A revision of the genus *Trichoderma*, Mycol. Pap. 116 1–56.
184. Roco A, Perez LM. (2001). In vitro biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* on *Alternaria alternata* in the presence of growth regulators. EJB Electronic J Biotechnol; 4: 68–73.
185. Rohde A, Morreel K, Ralph J et al. (2004) Molecular phenotyping of the *pal1* and *pal2* mutants of *Arabidopsis thaliana* reveals far-reaching consequences on phenylpropanoid, amino acid, and carbohydrate metabolism. Plant Cell 16:2749–2771.
186. Ryu, C.M., Murphy, J.F., Reddy, M.S., Kloepper, J.W. (2007). A two-strain mixture of rhizobacteria elicits induction of systemic resistance against *Pseudomonas syringae* and cucumber mosaic virus coupled to promotion of plant growth on *Arabidopsis thaliana*. J Microbiol Biotechnol 17:280–286.
187. Samuels, G.J., Dodd, S.L., Gams, W., Castlebury, L.A., Petrini, O. (2002). *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*, , pp. 146–170.
188. Scheuerell, S. J., Sullivan, D. M., and Mahaffee, W. F. (2005). Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific northwest compost sources. Phytopathology, 95(3), 306-315.
189. Schirmbock, M., Lorito, M., Wang, Y.L., Hayes, C.K., Arisan-Atac, I., Scala, F., Harman, G.E., Kubicek, C.P. (1994). Parallel formation and synergism of hydrolytic enzymes and peptaibol antibiotics, molecular mechanisms involved in the antagonistic action of *Trichoderma harzianum* against phytopathogenic fungi, pp. 4364–4370.
190. Sharma, Neeta & Sharma, Swati. (2008). Control of foliar diseases of mustard by *Bacillus* from reclaimed soil. Microbiological research. 163. 408-13.

191. Sholberg P.L., Marchi A., Bechard J., (1995). Biocontrol of postharvest diseases of apple using *Bacillus* spp. isolated from stored apples. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 247-252.
192. Siameto EN, Okoth S, Amugune NO, Chege NC. (2010) – Antagonism of *Trichoderma farzianum* isolates on soil borne plant pathogenic fungi from Embu District, Kenya. *Journal of Yeast and Fungal Research* 1(3), 47–54.
193. Sid A, Eziyyani M, Egea-Gilabert C, Candela ME (2005). Selecting bacterial strains for use in the biocontrol of diseases caused by *Phytophthora capsici* and *Alternaria alternata* in sweet pepper plants. *Biologia Plantarum*, 47(4): 569-574.
194. Singh, N., Pandey, P., Dubey, R.C., Maheshwari, D.K. (2008). Biological control of root rot fungus *Macrophomina phaseolina* and growth enhancement of *Pinus roxburghii* (Sarg.) by rhizosphere competent *Bacillus subtilis* BN1. *World J Microb Biotechnol* 24:1669–1679.
195. Sivan, A., Chet, I. (1986). Biological control of *Fusarium* spp. in cotton, wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*, *J. Phytopathol.* 116, 39–47.
196. Sobia Mannan, Shahrina Md Nordin and Shameem Rafik Galea., Influence of Innovation Attributes and Communication Channels on New Fertilizer Technology Adoption by Paddy Farmers. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 9(19): 109-117, 2015.
197. Szekeres, A., Leitgeb, B., Kredics, L., Zsuzsanna, A., Hatvani, L., Manczinger, L., Vagvolgyi, C. (2005). Peptaibols and related peptaibiotics of *Trichoderma*, *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 52, 137–168.
198. Tang, Q., Bie, X., Lu, Z., Lv, F., Yang, T., Qu, X. (2014). Effects of Fengycin from *Bacillus subtilis* fmbJ on apoptosis and necrosis in *Rhizopus stolonifer*. *J Microbiol* 52:675–680.

199. Thornton, C.R., Pitt, D., Wakley, G.E., Tablot, N.J. (2002). Production of a monoclonal antibody specific to the genus *Trichoderma* and closely related fungi, and its use to detect *Trichoderma* spp. in naturally infested composts, *Microbiology* 148, 1263–1279.
200. Ubalua, A., Oti, E., (2007). “Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post harvest cassava root rot pathogens,” *African Journal of Biotechnology*, Vol.6,(21), pp.2447-450
201. Uknes S, Mauch-Mani B, Moyer M, Potter S, Williams S, Dincher S, Chandler D, Slusarenko A, Ward E, Ryals J. (1992) Acquired resistance in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 4:645–656.
202. Umamaheswari, B., Thakore, B., More, T., (2009). “Post-harvest management of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruit rot (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissler) using *Trichoderma* species, fungicides and their combinations,” *Crop Protection*, Vol.28 (6), pp.525-32
203. Validov, S., Mavrodi, O., De La Fuente, L., Boronin, A., Weller, D., Thomashow, L., and Mavrodi, D. (2005). Antagonistic Activity Among 2,4-Diacetylphloroglucinol-Producing Fluorescent *Pseudomonas* spp., *FEMS Microbiology Letters*, 242, 249-256.
204. Van Berloo R., Hutten R., van Eck H., Visser R.G.F. An online potato pedigree database resource. *Potato Res.* 2007;50:45-57. DOI 10.1007/s11540-007-9028-3.
205. Verma, M., Brar, S., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y., Valéro, J.R. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*. 37. 1-20.
206. Vicente MRS, Plasencia J. (2011) Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *J Exp Bot* 62:3321–3338.

207. Vinale, F., Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E.L., Lorito, M. and Sivasithamparam, K. (2006) Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. *Lett Appl Microbiol* 43, 143–148.
208. Wang X, El Hadrami A, Adam LR, Daayf F. (2005) Genes encoding pathogenesis-related proteins PR-2, PR-3 and PR-9, are differentially regulated in potato leaves inoculated with isolates from US-1 and US-8 genotypes of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Physiol Mol Plant Pathol* 67:49–56.
209. Wang X, El Hadrami A, Adam LR, Daayf F. (2006) Local and distal gene expression of pr-1 and pr-5 in potato leaves inoculated with isolates from the old (US-1) and the new (US-8) genotypes of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Environ Exp Bot* 57: 70–79.
210. Wang X, El Hadrami A, Adam LR, Daayf F. (2008) Differential activation and suppression of potato defence responses by *Phytophthora infestans* isolates representing US-1 and US-8 genotypes. *Plant Pathol* 57:1026–1037.
211. Wang, S., Wu, H., Zhan, J., Xia, Y., Gao, S., Wang, W., Xue, P., Gao, X. (2011). The role of synergistic action and molecular mechanism in the effect of genetically engineered strain *Bacillus subtilis* OKBHF in enhancing tomato growth and Cucumber mosaic virus resistance. *BioControl* 56(1):113–121.
212. Wang, T., Liang, Y., Wu, M.B., Chen, Z.J., Yang, L.R. (2015). Natural products from *Bacillus subtilis* with antimicrobial properties. *Chin J Chem Eng* 23(4):744–754.
213. Wang, X., Zhao, D., Shen, L., Jing, C., Zhang, C. (2018). Application and Mechanisms of *Bacillus subtilis* in Biological Control of Plant Disease. *Role of Rhizospheric. Microbes in Soil*, pp. 225-250.

214. Ward ER, Cahill DM, Bhattacharyya MK. (1989) Abscisic acid suppression of phenylalanine ammonia-lyase activity and mRNA, and resistance of soybeans to *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea*. *Plant Physiol* 91:23–27.
215. Weller, D.M. (1988). Biological Control of Soilborne Plant Pathogens in the Rhizosphere with Bacteria, *Annual Review of Phytopathology*, 26, 379-407.
216. Weller, D.M. (2007). *Pseudomonas* Biocontrol Agents of Soilborne Pathogens: Looking Back Over 30 Years, *Phytopathology*, 97, 250-256.
217. Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., Gardener, B.M., Thomashow, L.S. (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu Rev Phytopathol* 40:309.
218. Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., McSpadden Gardener, B.B., and Thomashow, L.S. (2002). Microbial Populations Responsible for Specific Soil Suppressiveness to Plant Pathogens, *Annual Review of Phytopathology*, 40, 309-348.
219. Whipps, J.M., Lumsden, R.D. (2001). Commercial use of fungi as plant disease biological control agents: status and prospects, in: T. Butt, C. Jackson, N. Magan (Eds.), *Fungal Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*, CABI Publishing, Wallingford, pp. 9–22.
220. Wilson, P. S., Ketola, E. O., Ahvenniemi, P. M., Lehtonen, M. J., & Valkonen, J. P. T. (2008). Dynamics of soilborne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma harzianum*: effects on stem canker, black scurf and progeny tubers of potato. *Plant Pathology*, 57, 152–161.
221. Xu L, Zhu L, Tu L, Guo X, Long L, Sun L, Gao W, Zhang X. (2011b) Differential gene expression in cotton defence response to *Verticillium dahliae* by SSH. *J Phytopathol* 159:606–615.
222. Xu L, Zhu L, Tu L, Liu L, Yuan D, Jin L, Long L, Zhang X. (2011a) Lignin metabolism has a central role in the resistance of cotton to the wilt fungus

Verticillium dahliae as revealed by RNASeq- dependent transcriptional analysis and Histochemistry. *J Exp Bot* 62:5607–5621.

223. Yadav, B.K., Sidhu, A.S. (2016). Dynamics of potassium and their bioavailability for plant nutrition. In: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer, India, pp 187–201.

224. Yao K, De Luca V, Brisson N. (1995) Creation of a metabolic sink for tryptophan alters the phenylpropanoid pathway and the susceptibility of potato to *Phytophthora infestans*. *Plant Cell* 7:1787–1799.

225. Yao Z, Rashid KY, Adam LR, Daayf F. (2011) *Verticillium dahliae*'s VdNEP acts both as a plant defense elicitor and a pathogenicity factor in the interaction with *Helianthus annuus*. *Can J Plant Pathol* 33:375–388.

226. Yazici, S., Yanar, Y., Karaman, I., (2011). Evaluation of bacteria for biological control of early blight disease of tomato. *African Journal of Biotechnology*, 10 (9). 1573-1577.

227. Yedidia, I., Benhamou, N., Chet, I. (1999). Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*, *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 1061–1070.

228. Yedidia, I., Benhamou, N., Kapulnik, Y., Chet, I. (2000). Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203, *Plant Physiol. Biochem.* 38, 863–873.

229. Yedidia, I., Shores, M., Kerem, Z., Benhamou, N., Kapulnik, Y., Chet, I., (2003). Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in cucumber by *Trichoderma asperelleum* (T-203) and accumulation of phytoalexins. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 7343-7353.

230. Yiğit F (1993). Research on the effectiveness of *Verticillium psalliotae* Treschow in biological warfare against early blight in tomatoes. (Master Thesis), Ege University, Department of Plant Protection, İZMİR.
231. Zhao, Q., Ran, W., Wang, H., Li, X., Shen, Q., Shen, S., Xu, Y. (2013). Biocontrol of *Fusarium* wilt disease in muskmelon with *Bacillus subtilis* Y-IVI. *BioControl* 58:283–292.

Приложение

Идентификатор расчета: рисунок 2

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	34.00	31.00	25.00	38.00	32.00
2	44.00	48.00	52.00	52.00	49.00
3	65.00	58.00	56.00	65.00	61.00
4	74.00	80.00	78.00	64.00	74.00
5	24.00	26.00	23.00	23.00	24.00
6	78.00	75.00	78.00	73.00	76.00
7	53.00	55.00	61.00	43.00	53.00
8	30.00	26.00	23.00	37.00	29.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Восстановленные даты:

 $x = 44.222$ $s_x = 2.603$ $p = 5.89\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
Общее	20748.225	35		
Блоки	3.333	3	1.111	0.041
Варианты	20094.221	8	2511.778	92.647*
Остат.	650.670	24	27.111	7.585

Множественные сравнения частных средних :

32.00с 49.00de 61.00f 74.00gh
 24.00b 76.00h 53.00e 29.00bc
 0.00a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 8

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 9
Число градаций фактора B = 3
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	2.25	2.12	2.06	2.09	2.13
2	1.57	1.39	1.31	1.53	1.45
3	1.64	1.40	1.76	1.84	1.66
4	1.34	1.38	1.12	1.12	1.24
5	2.42	2.38	2.10	2.38	2.32
6	1.42	2.04	2.08	1.98	1.88
7	0.42	0.22	0.10	0.22	0.24
8	0.66	0.86	0.48	0.80	0.70
9	0.28	0.64	0.66	0.34	0.48
10	0.44	0.69	0.44	0.35	0.48
11	1.11	0.99	1.41	1.37	1.22
12	1.19	0.88	1.16	0.93	1.04
13	1.79	1.81	1.31	1.77	1.67
14	2.22	2.05	2.39	2.22	2.22
15	2.06	2.27	1.99	2.04	2.09
16	0.64	0.73	0.76	0.43	0.64
17	1.15	1.51	1.45	1.25	1.34
18	1.46	1.10	1.20	1.40	1.29
19	0.76	0.99	1.10	1.07	0.98
20	2.29	2.08	2.06	2.01	2.11
21	1.55	1.72	1.55	1.38	1.55
22	2.10	2.56	2.60	2.58	2.46
23	1.22	0.96	0.91	1.19	1.07
24	1.63	1.37	1.67	1.25	1.48
25	2.72	2.80	2.71	2.97	2.80
26	2.72	2.80	2.71	2.97	2.80
27	2.80	2.72	2.97	2.71	2.80

Восстановленные даты:

x= 1.561 sx= 0.086 p= 5.49%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
----------	----	------	---	-----

Общее	59.635	107			
Блоки	0.007	3	0.002	0.082	
Варианты	57.339	26	2.205	75.157*	0.241
Фактор А	43.879	8	5.485	186.923*	0.139
Фактор В	1.524	2	0.762	25.966*	0.080
Взаим. АВ	11.936	16	0.746	25.424*	0.241
Остат.	2.289	78	0.029		

Множественные сравнения частных средних :

2.13pqr 1.45ijkl 1.66klm 1.24fghi
 2.32rs 1.88mnop 0.24a 0.70b
 0.48ab 0.48ab 1.22fghi 1.04defg
 1.67lm 2.22qrs 2.09nopqr 0.64b
 1.34hij 1.29ghij 0.98cdef 2.11opqr
 1.55jkl 2.46s 1.07efg 1.48ijkl
 2.80tuv 2.80uv 2.80v

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.049$)

1.75; 1.81; 0.47; 0.91; 1.99; 1.09; 1.55; 1.67;
 2.80;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.75e 1.81e 0.47a 0.91b
 1.99f 1.09c 1.55d 1.67de
 2.80g

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.029$)

1.40; 1.69; 1.59;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.40a 1.69c 1.59b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 9

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.14	1.23	1.44	1.11	1.23
2	1.60	1.70	1.35	1.39	1.51
3	1.11	0.99	1.41	1.37	1.22
4	1.42	2.04	2.08	1.98	1.88
5	1.05	0.91	0.89	1.03	0.97
6	1.03	1.09	0.94	1.06	1.03
7	1.10	1.56	1.60	1.58	1.46
8	1.71	1.91	1.86	1.64	1.78
9	0.88	0.88	0.73	0.75	0.81
10	1.57	1.39	1.31	1.53	1.45
11	0.91	0.88	1.04	1.05	0.97
12	0.55	0.72	0.55	0.38	0.55
13	2.06	2.06	1.99	2.13	2.06
14	1.11	1.17	1.19	1.09	1.14
15	0.89	0.82	0.89	0.80	0.85
16	1.07	1.40	1.10	1.19	1.19
17	1.08	1.32	0.98	1.30	1.17
18	0.96	0.82	0.91	0.95	0.91
19	2.20	2.14	2.08	2.14	2.14
20	1.91	1.87	1.64	1.70	1.78
21	1.76	1.99	2.10	2.07	1.98
22	2.04	1.98	1.84	2.06	1.98
23	1.03	1.01	1.11	1.09	1.06
24	0.81	0.68	0.66	0.81	0.74
25	2.30	2.39	2.14	2.37	2.30
26	2.37	2.14	2.39	2.30	2.30
27	2.30	2.39	2.14	2.37	2.30

Восстановленные даты:

x= 1.436 sx= 0.067 p= 4.65%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
----------	----	----	----	---	-----

Общее	31.392	107			
Блоки	0.057	3	0.019	1.073	
Варианты	29.945	26	1.152	64.646*	0.188
Фактор А	17.116	8	2.139	120.088*	0.108
Фактор В	6.281	2	3.140	176.264*	0.063
Взаим.АВ	6.549	16	0.409	22.974*	0.188
Остат.	1.390	78	0.018		

Множественные сравнения частных средних :

1.23h 1.51k 1.22h 1.88nopq
0.97cdef 1.03defgh 1.46jk 1.78lmnop
0.81bc 1.45ijk 0.97cdef 0.55a
2.06qr 1.14efgh 0.85bcd 1.19gh
1.17fgh 0.91bcd 2.14rstu 1.78mno
1.98opqr 1.98pqr 1.06defgh 0.74b
2.30stu 2.30u 2.30tu

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: (Sa= 0.039)

1.32; 1.29; 1.35; 0.99; 1.35; 1.09; 1.97; 1.26;
2.30;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.32c 1.29c 1.35c 0.99a
1.35c 1.09a 1.97d 1.26bc
2.30e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: (Sb= 0.022)

1.74; 1.41; 1.15;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.74c 1.41b 1.15a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 10.1

ТРЕХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В*С)-R
(А-фикс. В-фикс. С-фикс.)

Число градаций фактора А = 9
Число градаций фактора В = 2
Число градаций фактора С = 2
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	26.00	20.00	25.00	17.00	22.00
2	19.00	23.00	24.00	22.00	22.00
3	38.00	38.00	36.00	40.00	38.00
4	23.00	23.00	18.00	20.00	21.00
5	21.00	18.00	16.00	21.00	19.00
6	9.00	11.00	14.00	10.00	11.00
7	15.00	13.00	18.00	14.00	15.00
8	10.00	8.00	8.00	10.00	9.00
9	9.00	9.00	10.00	8.00	9.00
10	12.00	16.00	19.00	17.00	16.00
11	16.00	19.00	17.00	16.00	17.00
12	19.00	16.00	14.00	19.00	17.00
13	9.00	7.00	9.00	11.00	9.00
14	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
15	14.00	14.00	12.00	12.00	13.00
16	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00
17	34.00	29.00	26.00	35.00	31.00
18	19.00	18.00	17.00	14.00	17.00
19	18.00	15.00	18.00	13.00	16.00
20	23.00	27.00	29.00	21.00	25.00
21	3.00	2.00	2.00	5.00	3.00
22	4.00	3.00	2.00	3.00	3.00
23	9.00	9.00	10.00	8.00	9.00
24	3.00	3.00	4.00	2.00	3.00
25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
26	7.00	7.00	9.00	9.00	8.00
27	11.00	14.00	12.00	11.00	12.00
28	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
29	11.00	10.00	11.00	12.00	11.00
30	7.00	9.00	9.00	11.00	9.00
31	21.00	18.00	16.00	17.00	18.00
32	15.00	16.00	12.00	17.00	15.00
33	46.00	46.00	44.00	48.00	46.00
34	16.00	19.00	15.00	14.00	16.00
35	48.00	44.00	46.00	46.00	46.00
36	14.00	15.00	19.00	16.00	16.00

Восстановленные даты:

$x = 15.472$ $sx = 1.021$ $p = 6.60\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	17211.891	143			
Блоки	2.500	3	0.833	0.200	
Варианты	16771.893	35	479.197	115.008*	2.852
Комб. АВ	11237.891	17	661.052		
Фактор А	10588.891	8	1323.611	317.668*	1.426
Фактор В	169.002	1	169.002	40.561*	0.672
Взаим. АВ	479.998	8	60.000	14.400*	2.017
Комб. АС	15069.891	17	886.464		
Фактор С	1626.780	1	1626.780	390.429*	0.672
Взаим. АС	2854.220	8	356.778	85.627*	2.017
Комб. ВС	1835.891	3	611.964		
Фактор В	169.002	1	169.002	40.561*	0.672
Взаим. ВС	40.109	1	40.109	9.626*	0.951
Взаим. АВС	1012.891	8	126.611	30.387*	2.852
Остат.	437.498	105	4.167		

Множественные сравнения частных средних :

22.00v 22.00uvw 38.00y 21.00tuv
 19.00stuv 11.00hij 15.00klmnopqr 9.00efghi
 9.00cdefghi 16.00nopqrs 17.00rs 17.00rs
 9.00defghi 2.00a 13.00jklmnop 5.00a
 31.00x 17.00qrs 16.00mnopqrs 25.00w
 3.00a 3.00a 9.00fghi 3.00a
 5.00ab 8.00bcdefgh 12.00ijkl 3.00a
 11.00hij 9.00ghi 18.00rst 15.00lmnopqr
 46.00{ 16.00opqrs 46.00z{ 16.00pqr

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.510$)

25.75; 13.50; 14.75; 7.25; 22.25; 4.50; 7.00; 13.25;
 31.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

25.75f 13.50d 14.75d 7.25b
 22.25e 4.50a 7.00b 13.25cd
 31.00g

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.241$)
14.39; 16.56;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

14.39a 16.56b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору С: ($S_c = 0.241$)
18.83; 12.11;

Множественные сравнения частных средних для фактора С:

18.83b 12.11a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 10.2

ТРЕХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B*C)-R
(A-фикс. B-фикс. C-фикс.)

Число градаций фактора A = 9
 Число градаций фактора B = 2
 Число градаций фактора C = 2
 Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	13.00	18.00	16.00	17.00	16.00
2	15.00	13.00	18.00	14.00	15.00
3	27.00	23.00	24.00	22.00	24.00
4	16.00	19.00	13.00	16.00	16.00
5	19.00	23.00	24.00	22.00	22.00
6	9.00	7.00	9.00	7.00	8.00
7	25.00	30.00	25.00	28.00	27.00
8	13.00	9.00	14.00	12.00	12.00
9	13.00	14.00	16.00	5.00	12.00
10	17.00	17.00	12.00	14.00	15.00
11	19.00	15.00	15.00	19.00	17.00
12	9.00	19.00	18.00	22.00	17.00
13	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
15	7.00	6.00	6.00	5.00	6.00
16	5.00	5.00	7.00	7.00	6.00
17	18.00	19.00	22.00	17.00	19.00
18	18.00	15.00	18.00	13.00	16.00
19	22.00	22.00	27.00	25.00	24.00
20	22.00	23.00	25.00	14.00	21.00
21	11.00	10.00	12.00	7.00	10.00
22	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
23	10.00	18.00	19.00	17.00	16.00
24	2.00	3.00	2.00	1.00	2.00
25	6.00	7.00	5.00	6.00	6.00
26	5.00	7.00	7.00	5.00	6.00
27	9.00	11.00	14.00	10.00	11.00
28	2.00	3.00	1.00	2.00	2.00
29	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
30	9.00	7.00	9.00	11.00	9.00
31	16.00	16.00	12.00	12.00	14.00
32	16.00	19.00	13.00	16.00	16.00
33	46.00	46.00	44.00	48.00	46.00
34	16.00	19.00	15.00	14.00	16.00
35	48.00	44.00	46.00	46.00	46.00
36	14.00	15.00	19.00	16.00	16.00

Восстановленные даты:

$x = 14.500$ $sx = 1.175$ $p = 8.11\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	15428.000	143			
Блоки	27.722	3	9.241	1.672	
Варианты	14820.000	35	423.429	76.618*	3.285
Комб. АВ	9484.000	17	557.882		
Фактор А	8862.000	8	1107.750	200.445*	1.642
Фактор В	455.111	1	455.111	82.351*	0.774
Взаим. АВ	166.889	8	20.861	3.775*	2.323
Комб. АС	14020.000	17	824.706		
Фактор С	1764.000	1	1764.000	319.192*	0.774
Взаим. АС	3394.000	8	424.250	76.767*	2.323
Комб. ВС	2306.222	3	768.741		
Фактор В	455.111	1	455.111	82.351*	0.774
Взаим. ВС	87.111	1	87.111	15.763*	1.095
Взаим. АВС	90.889	8	11.361	2.056*	3.285
Остат.	580.278	105	5.526		

Множественные сравнения частных средних :

16.00opqr 15.00lmnopq 24.00vw 16.00pqr
 22.00tuv 8.00fgh 27.00w 12.00jklm
 12.00ijklm 15.00mnopq 17.00qr 17.00qr
 2.00a 3.00abcde 6.00ef 6.00bcdef
 19.00rst 16.00nopqr 24.00uvw 21.00stuv
 10.00ghij 2.00a 16.00qr 2.00a
 6.00cdef 6.00def 11.00hijk 2.00a
 6.00ef 9.00fghij 14.00klmnopq 16.00qr
 46.00y 16.00qr 46.00xy 16.00qr

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.588$)

17.75; 17.25; 15.25; 4.25; 20.00; 7.50; 6.25; 11.25;
 31.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

17.75f 17.25ef 15.25d 4.25a
 20.00g 7.50b 6.25b 11.25c
 31.00h

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.277$)
12.72; 16.28;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

12.72a 16.28b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору С: ($S_c = 0.277$)
18.00; 11.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора С:

18.00b 11.00a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 11.1

ТРЕХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B*C)-R
(A-фикс. B-фикс. C-фикс.)

Число градаций фактора A = 5
Число градаций фактора B = 2
Число градаций фактора C = 2
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	19.00	23.00	24.00	22.00	22.00
2	19.00	23.00	24.00	22.00	22.00
3	38.00	38.00	36.00	40.00	38.00
4	23.00	23.00	18.00	20.00	21.00
5	38.00	38.00	36.00	40.00	38.00
6	9.00	19.00	18.00	22.00	17.00
7	10.00	8.00	8.00	10.00	9.00
8	7.00	9.00	11.00	9.00	9.00
9	21.00	18.00	16.00	17.00	18.00
10	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
11	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
12	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
13	36.00	36.00	40.00	40.00	38.00
14	19.00	17.00	17.00	15.00	17.00
15	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
16	23.00	23.00	19.00	19.00	21.00
17	46.00	46.00	44.00	48.00	46.00
18	16.00	19.00	15.00	14.00	16.00
19	48.00	44.00	46.00	46.00	46.00
20	14.00	15.00	19.00	16.00	16.00

Восстановленные даты:

x= 21.550 sx= 1.066 p= 4.95%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	12909.802	79			
Блоки	6.700	3	2.233	0.491	
Варианты	12643.803	19	665.463	146.284*	3.016
Комб. AB	6073.801	9	674.867		
Фактор A	4146.801	4	1036.700	227.891*	1.508
Фактор B	369.801	1	369.801	81.291*	0.954

Взаим. АВ	1557.199	4	389.300	85.577*	2.133
Комб. АС	9261.801	9	1029.089		
Фактор С	3753.801	1	3753.801	825.173*	0.954
Взаим. АС	1361.199	4	340.300	74.806*	2.133
Комб. ВС	4397.401	3	1465.800		
Фактор В	369.801	1	369.801	81.291*	0.954
Взаим. ВС	273.799	1	273.799	60.187*	1.349
Взаим. АВС	1181.201	4	295.300	64.914*	3.016
Остат.	259.299	57	4.549		

Множественные сравнения частных средних :

22.00j 22.00ij 38.00m 21.00ghij
 38.00lm 17.00f 9.00bc 9.00c
 18.00fgh 3.00a 13.00de 5.00a
 38.00klm 17.00f 16.00ef 21.00hij
 46.00o 16.00ef 46.00no 16.00ef

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.533$)
 25.75; 18.25; 9.75; 23.00; 31.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

25.75d 18.25b 9.75a 23.00c
 31.00e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.337$)
 23.70; 19.40;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

23.70b 19.40a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору С: ($S_c = 0.337$)
 28.40; 14.70;

Множественные сравнения частных средних для фактора С:

28.40b 14.70a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 11.2

ТРЕХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B*C)-R
(A-фикс. B-фикс. C-фикс.)

Число градаций фактора A = 5
Число градаций фактора B = 2
Число градаций фактора C = 2
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	16.00	15.00	17.00	16.00	16.00
2	19.00	15.00	12.00	14.00	15.00
3	22.00	22.00	27.00	25.00	24.00
4	13.00	18.00	16.00	17.00	16.00
5	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
6	7.00	7.00	9.00	9.00	8.00
7	17.00	17.00	12.00	14.00	15.00
8	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
9	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
10	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
11	16.00	16.00	12.00	12.00	14.00
12	7.00	6.00	6.00	5.00	6.00
13	21.00	18.00	16.00	21.00	19.00
14	16.00	19.00	13.00	16.00	16.00
15	21.00	23.00	27.00	25.00	24.00
16	23.00	23.00	18.00	20.00	21.00
17	46.00	46.00	44.00	48.00	46.00
18	16.00	19.00	15.00	14.00	16.00
19	48.00	44.00	46.00	46.00	46.00
20	14.00	15.00	19.00	16.00	16.00

Восстановленные даты:

x= 16.712 sx= 0.979 p= 5.86%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	11028.387	79			
Блоки	6.438	3	2.146	0.560	
Варианты	10803.636	19	568.612	148.461*	2.768
Комб. АВ	6673.512	9	741.501		
Фактор А	6232.949	4	1558.237	406.844*	1.384
Фактор В	348.612	1	348.612	91.020*	0.875

Взаим. АВ	91.951	4	22.988	6.002*	1.957
Комб. АС	10060.512	9	1117.835		
Фактор С	1557.612	1	1557.612	406.681*	0.875
Взаим. АС	2269.951	4	567.488	148.167*	1.957
Комб. ВС	2060.237	3	686.746		
Фактор В	348.612	1	348.612	91.020*	0.875
Взаим. ВС	154.013	1	154.013	40.212*	1.238
Взаим. АВС	148.549	4	37.137	9.696*	2.768
Остат.	218.313	57	3.830		

Множественные сравнения частных средних :

16.00gh 15.00fg 24.00k 16.00gh
 2.25a8.00с 15.00efg 6.00bc
 5.00abc 3.00a 14.00defg 6.00bc
 19.00hi 16.00gh 24.00jk 21.00i
 46.00m 16.00g 46.00lm 16.00g

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.489$)
 17.75; 7.81; 7.00; 20.00; 31.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

17.75b 7.81a 7.00a 20.00с
 31.00d

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.309$)
 14.62; 18.80;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

14.62a 18.80b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору С: ($S_c = 0.309$)
 21.12; 12.30;

Множественные сравнения частных средних для фактора С:

21.12b 12.30a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12.Романо. Пораженные побеги (%)

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	88.60	84.20	83.20	89.60	86.40
2	80.30	76.90	77.50	80.10	78.70
3	61.50	60.10	60.00	61.60	60.80
4	95.90	99.00	98.80	99.10	98.20
5	71.10	73.70	73.90	70.50	72.30
6	92.40	95.50	95.60	95.30	94.70
7	90.50	91.50	85.10	86.10	88.30
8	86.60	85.20	86.70	85.10	85.90
9	91.50	91.50	91.00	90.00	91.00

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 84.033$ $s_x = 1.000$ $p = 1.19\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	4483.741	35			
Блоки	3.062	3	1.021	0.255	
Варианты	4384.717	8	548.090	137.077*	2.913
Остат.	95.962	24	3.998		

Множественные сравнения частных средних :

86.40d 78.70c 60.80a 98.20g
 72.30b 94.70f 88.30de 85.90d
 91.00e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12.1 Романо. Общее число побегов, шт

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	2.70	3.10	2.40	2.60	2.70
2	3.20	2.30	2.60	3.10	2.80
3	2.80	2.10	2.20	2.50	2.40
4	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90
5	3.90	3.40	3.20	4.30	3.70
6	4.60	3.50	3.70	4.20	4.00
7	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
8	1.90	2.10	1.90	1.70	1.90
9	2.80	2.70	2.70	2.60	2.70

Восстановленные даты:

x= 2.867 sx= 0.142 p= 4.94%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	15.820	35			
Блоки	1.016	3	0.339	4.222*	
Варианты	12.880	8	1.610	20.080*	0.412
Остат.	1.924	24	0.080		

Множественные сравнения частных средних :

2.70bc	2.80bc	2.40b	2.90c
3.70de	4.00e	2.70bc	1.90a
2.70bc			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12.2 Романо . Число бессимптомных побегов, шт.

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.40	1.40	1.10	0.90	1.20
2	0.70	0.60	0.30	0.80	0.60
3	1.40	1.40	1.00	1.00	1.20
4	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	1.30	1.10	1.30	1.10	1.20
6	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
7	0.40	0.40	0.30	0.50	0.40
8	0.40	0.50	0.40	0.30	0.40
9	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 0.622$ $s_x = 0.068$ $p = 10.94\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	7.182	35			
Блоки	0.116	3	0.039	2.080	
Варианты	6.622	8	0.828	44.700*	0.198
Остат.	0.444	24	0.019		

Множественные сравнения частных средних :

1.20def	0.60c	1.20f	0.10a
1.20ef	0.20ab	0.40b	0.40bc
0.30ab			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12.3 Романо Общий вес побегов, г

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	4.82	4.83	4.60	4.55	4.70
2	4.25	4.04	4.08	4.27	4.16
3	3.82	3.78	3.50	3.62	3.68
4	5.86	5.69	5.88	5.73	5.79
5	3.69	3.67	3.50	3.54	3.60
6	5.43	5.62	5.60	5.47	5.53
7	4.62	4.79	4.81	4.58	4.70
8	3.91	3.74	3.78	3.93	3.84
9	5.18	4.91	4.96	5.19	5.06

Восстановленные даты:

x= 4.562 sx= 0.059 p= 1.29%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	20.851	35			
Блоки	0.047	3	0.016	1.131	
Варианты	20.469	8	2.559	183.664*	0.172
Остат.	0.334	24	0.014		

Множественные сравнения частных средних :

4.70e	4.16c	3.68ab	5.79h
3.60a	5.53g	4.70de	3.84b
5.06f			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12. 4 Романо Общий вес корней, г

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.96	0.90	0.99	0.91	0.94
2	0.69	0.80	0.68	0.75	0.73
3	0.80	0.66	0.75	0.67	0.72
4	0.09	0.11	0.14	0.10	0.11
5	0.70	0.56	0.57	0.65	0.62
6	1.01	0.93	0.98	0.92	0.96
7	0.62	0.84	1.08	0.98	0.88
8	0.64	0.52	0.53	0.59	0.57
9	0.96	0.89	0.99	0.92	0.94

Восстановленные даты:

x= 0.719 sx= 0.042 p= 5.83%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	2.522	35			
Блоки	0.014	3	0.005	0.661	
Варианты	2.339	8	0.292	41.555*	0.122
Остат.	0.169	24	0.007		

Множественные сравнения частных средних :

0.94ef	0.73c	0.72c	0.11a
0.62bc	0.96f	0.88def	0.57b
0.94f			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл.12. 5 Романо Число клубней, шт

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.70	0.60	0.60	0.90	0.70
2	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.70	0.70	1.20	0.90
5	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
6	0.20	0.50	0.30	0.20	0.30
7	0.90	0.70	0.60	0.60	0.70
8	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
9	0.40	0.30	0.30	0.20	0.30

Восстановленные даты:

x= 0.400 sx= 0.061 p= 15.26%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	3.360	35			
Блоки	0.042	3	0.014	0.944	
Варианты	2.960	8	0.370	24.820*	0.178
Остат.	0.358	24	0.015		

Множественные сравнения частных средних :

0.70f 0.40d 0.00a 0.90g
 0.20bc 0.30cd 0.70ef 0.10ab
 0.30cd

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 12.7 Романо **Общий вес клубней, г**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
2	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.46	0.46	0.44	0.48	0.46
5	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
6	0.10	0.07	0.07	0.12	0.09
7	0.15	0.17	0.20	0.16	0.17
8	0.18	0.15	0.15	0.20	0.17
9	0.33	0.29	0.26	0.28	0.29

Восстановленные даты:

x= 0.143 sx= 0.009 p= 6.12%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	0.732	35			
Блоки	0.002	3	0.001	1.759	
Варианты	0.723	8	0.090	294.067*	0.026
Остат.	0.007	24	0.000		

Множественные сравнения частных средних :

0.04b	0.03b	0.00a	0.46g
0.04b	0.09c	0.17de	0.17e
0.29f			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13 Лабелла. Пораженные побеги (%)

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	97.30	98.70	96.70	98.90	97.90
2	91.90	90.80	93.30	93.20	92.30
3	92.40	89.90	92.00	89.30	90.90
4	93.20	91.30	91.20	93.10	92.20
5	98.60	96.90	98.80	97.30	97.90
6	87.10	88.70	88.50	86.50	87.70
7	95.30	98.40	98.00	95.90	96.90
8	94.10	93.60	92.60	94.10	93.60
9	91.30	93.70	93.80	92.40	92.80

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 93.578$ $s_x = 0.613$ $p = 0.65\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	414.162	35			
Блоки	1.176	3	0.392	0.261	
Варианты	376.928	8	47.116	31.359*	1.785
Остат.	36.059	24	1.502		

Множественные сравнения частных средних :

97.90f 92.30bc 90.90b 92.20bc
 97.90ef 87.70a 96.90def 93.60c
 92.80bc

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13.1. Лабелла. Общее число побегов, шт.

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	6.60	5.60	6.30	5.10	5.90
2	5.50	5.00	4.90	4.60	5.00
3	6.90	6.10	5.80	6.40	6.30
4	5.00	6.10	5.00	5.90	5.50
5	6.40	5.50	5.40	5.90	5.80
6	5.60	5.20	5.00	5.00	5.20
7	5.30	5.50	6.10	4.30	5.30
8	6.40	5.20	5.30	5.90	5.70
9	6.60	5.20	6.70	5.10	5.90

Восстановленные даты:

x= 5.622 sx= 0.268 p= 4.77%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	14.562	35			
Блоки	2.322	3	0.774	2.693	
Варианты	5.342	8	0.668	2.323	
Остат.	6.898	24	0.287		

Идентификатор расчета: табл. 13.2. Лабелла Число бессимптомных побегов, шт

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40
2	0.80	0.90	0.70	1.20	0.90
3	0.70	0.60	0.30	0.80	0.60
4	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
5	0.70	0.80	1.00	0.70	0.80
6	1.00	0.70	0.70	1.20	0.90
7	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
8	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40
9	0.60	0.50	0.20	0.30	0.40

Восстановленные даты:

x= 0.544 sx= 0.074 p= 13.52%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	2.909	35			
Блоки	0.140	3	0.047	2.154	
Варианты	2.249	8	0.281	12.974*	0.214
Остат.	0.520	24	0.022		

Множественные сравнения частных средних :

0.40ab	0.90e	0.60bc	0.30a
0.80cde	0.90de	0.20a	0.40ab
0.40ab			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13.3 Лабелла. Общий вес побегов, шт.

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.40	0.38	0.40	0.42	0.40
2	4.49	4.39	4.34	4.50	4.43
3	4.60	4.55	4.79	4.78	4.68
4	4.31	4.29	4.19	4.25	4.26
5	4.43	4.25	4.20	4.44	4.33
6	4.32	4.10	4.15	4.31	4.22
7	4.23	4.23	4.18	4.20	4.21
8	4.39	4.55	4.44	4.54	4.48
9	4.39	4.27	4.33	4.37	4.34

Восстановленные даты:

x= 3.928 sx= 0.037 p= 0.94%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	56.885	35			
Блоки	0.053	3	0.018	3.264*	
Варианты	56.701	8	7.088	1300.842*	0.108
Остат.	0.131	24	0.005		

Множественные сравнения частных средних :

0.40a	4.43ef	4.68g	4.26bcd
4.33cde	4.22bc	4.21b	4.48f
4.34de			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13.4. Лабелла. Общий вес корней, г

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.52	0.54	0.62	0.52	0.55
2	0.65	0.67	0.54	0.54	0.60
3	0.80	0.66	0.75	0.67	0.72
4	0.64	0.52	0.53	0.59	0.57
5	0.50	0.61	0.50	0.59	0.55
6	0.60	0.67	0.59	0.54	0.60
7	0.64	0.55	0.54	0.59	0.58
8	0.60	0.55	0.79	0.78	0.68
9	0.69	0.67	0.50	0.54	0.60

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 0.606$ $s_x = 0.038$ $p = 6.20\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	0.248	35			
Блоки	0.006	3	0.002	0.344	
Варианты	0.107	8	0.013	2.377*	0.109
Остат.	0.135	24	0.006		

Множественные сравнения частных средних :

0.55a 0.60ab 0.72c 0.57ab
 0.55a 0.60abc 0.58ab 0.68bc
 0.60ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13. 5. Лабелла. Число клубней, шт.

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	1.10	0.90	1.10	1.30	1.10
2	2.30	2.70	2.90	2.10	2.50
3	1.90	2.30	2.40	2.20	2.20
4	1.30	1.30	1.50	1.10	1.30
5	1.60	1.60	1.20	1.20	1.40
6	1.80	1.50	1.50	2.00	1.70
7	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
8	1.90	2.00	2.40	2.50	2.20
9	2.30	2.00	2.40	2.50	2.30

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 1.756$ $s_x = 0.118$ $p = 6.72\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	11.209	35			
Блоки	0.104	3	0.035	0.626	
Варианты	9.769	8	1.221	21.944*	0.344
Остат.	1.336	24	0.056		

Множественные сравнения частных средних :

1.10a	2.50f	2.20cdef	1.30a
1.40ab	1.70b	1.10a	2.20def
2.30ef			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 13.6. **Лабелла. Общий вес клубней (г)**

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A-R)

Число градаций фактора A = 9

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	3.16	3.30	3.28	3.10	3.21
2	4.80	5.11	4.88	5.13	4.98
3	6.88	6.74	7.14	7.16	6.98
4	5.00	5.02	4.69	4.77	4.87
5	4.12	4.00	3.94	4.14	4.05
6	6.25	5.83	5.97	6.23	6.07
7	3.16	3.32	3.28	3.08	3.21
8	4.31	4.36	4.46	4.31	4.36
9	5.02	5.10	5.16	5.12	5.10

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 4.759$ $s_x = 0.074$ $p = 1.55\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	HCP
Общее	49.691	35			
Блоки	0.007	3	0.002	0.109	
Варианты	49.158	8	6.145	280.910*	0.215
Остат.	0.525	24	0.022		

Множественные сравнения частных средних :

3.21a	4.98ef	6.98h	4.87de
4.05b	6.07g	3.21a	4.36c
5.10f			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 14. Романо. Зараженные побеги(%)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 5

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	67.10	65.20	67.70	65.90	66.47
2	66.10	68.80	68.50	66.60	67.50
3	63.50	63.20	65.20	64.90	64.20
4	63.70	63.20	65.20	64.70	64.20
5	30.00	32.30	32.60	30.70	31.40
6	33.10	32.90	31.90	32.50	32.60
7	82.10	82.60	84.50	83.60	83.20
8	73.80	73.80	73.60	74.00	73.80
9	30.40	32.30	32.20	30.70	31.40
10	85.60	83.10	83.60	86.50	84.70
11	63.60	63.10	65.30	64.80	64.20
12	67.60	69.50	69.80	67.10	68.50
13	77.20	77.80	75.80	76.00	76.70
14	77.20	77.80	75.80	76.00	76.70
15	77.20	77.80	75.80	76.00	76.70

Восстановленные даты:

$x = 64.152$ $s_x = 0.536$ $p = 0.84\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
Общее	18159.150	59		
Блоки	3.357	3	1.119	0.973
Варианты	18107.498	14	1293.393	1124.786*
Фактор А	8289.521	4	2072.380	1802.225*
Фактор В	4212.763	2	2106.381	1831.794*
Взаим.АВ	5605.215	8	700.652	609.315*
Остат.	48.296	42	1.150	

Множественные сравнения частных средних :

66.47ef 67.50fg 64.20cd 64.20bcd

31.40a 32.60a 83.201m 73.80h
 31.40a 84.70m 64.20d 68.50g
 76.70ijk 76.70jk 76.70k

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.310$)
 66.06; 42.73; 62.80; 72.47; 76.70;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

66.06с 42.73а 62.80b 72.47d
 76.70е

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.240$)
 75.06; 62.72; 54.68;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

75.06с 62.72b 54.68а

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 14.1. Романо. Количество побегов, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	6.90	6.20	6.80	7.30	6.80
2	6.40	5.50	5.40	5.90	5.80
3	6.20	8.40	10.80	9.80	8.80
4	9.70	10.30	7.40	8.20	8.90
5	8.40	9.80	10.00	9.00	9.30
6	9.20	8.40	7.80	9.40	8.70
7	7.00	5.60	5.70	6.50	6.20
8	7.40	9.50	8.90	6.60	8.10
9	6.60	6.40	5.50	5.90	6.10
10	6.80	5.60	5.90	6.50	6.20
11	6.80	6.40	5.30	5.90	6.10
12	7.40	8.00	7.80	6.40	7.40
13	6.80	5.80	6.50	5.70	6.20
14	6.80	5.80	6.50	5.70	6.20
15	6.80	5.80	6.50	5.70	6.20

Восстановленные даты:

x= 7.133 sx= 0.454 p= 6.37%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	125.193	59			
Блоки	0.759	3	0.253	0.306	
Варианты	89.736	14	6.410	7.758*	1.291
Фактор А	55.975	4	13.994	16.938*	0.745
Фактор В	3.399	2	1.700	2.057	
Взаим. АВ	30.361	8	3.795	4.594*	1.291
Остат.	34.699	42	0.826		

Множественные сравнения частных средних :

6.80abc 5.80a 8.80efg 8.90fg
 9.30g 8.70defg 6.20ab 8.10cdefg
 6.10ab 6.20ab 6.10ab 7.40bcde
 6.20ab 6.20ab 6.20ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.262$)
 7.13; 8.97; 6.80; 6.57; 6.20;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

7.13b 8.97c 6.80ab 6.57ab
 6.20a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.203$)
 6.86; 7.10; 7.44;

Идентификатор расчета: табл. 14.2 Романо. Количество бессимптомных побегов, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	2.80	2.10	2.20	2.50	2.40
2	2.00	1.90	1.80	1.50	1.80
3	6.40	5.50	5.40	5.90	5.80
4	2.30	2.00	2.40	2.50	2.30
5	2.30	2.30	2.00	1.80	2.10
6	6.40	5.20	5.30	5.90	5.70
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	2.30	2.70	2.90	2.10	2.50
9	1.90	1.90	1.70	2.10	1.90
10	0.70	0.80	1.00	0.70	0.80
11	2.30	2.40	2.00	1.70	2.10
12	2.80	2.10	2.10	2.60	2.40
13	1.60	1.60	1.20	1.20	1.40
14	1.60	1.60	1.20	1.20	1.40
15	1.60	1.60	1.20	1.20	1.40

Восстановленные даты:

x= 2.333 sx= 0.137 p= 5.88%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	126.873	59			
Блоки	0.857	3	0.286	3.795*	
Варианты	122.853	14	8.775	116.533*	0.390
Фактор А	42.533	4	10.633	141.208*	0.225
Фактор В	38.341	2	19.171	254.581*	0.174
Взаим. АВ	41.979	8	5.247	69.683*	0.390
Остат.	3.163	42	0.075		

Множественные сравнения частных средних :

2.40h 1.80cdef 5.80j 2.30gh
 2.10fgh 5.70ij 1.00a 2.50h
 1.90defg 0.80a 2.10efgh 2.40h
 1.40bc 1.40bc 1.40b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.079$)
 3.33; 3.37; 1.80; 1.77; 1.40;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

3.33cd 3.37d 1.80b 1.77b
 1.40a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.061$)
 1.58; 1.98; 3.44;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.58a 1.98b 3.44c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл.14.3. Романо. Сухая масса побегов (г)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	3.40	3.10	2.70	3.60	3.20
2	3.80	3.30	3.30	3.60	3.50
3	4.20	3.90	3.80	3.10	3.75
4	3.40	2.50	2.70	3.40	3.00
5	3.30	3.10	2.70	3.70	3.20
6	3.40	3.10	2.50	3.80	3.20
7	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90
8	3.20	2.30	2.60	3.10	2.80
9	2.50	2.10	2.90	2.70	2.55
10	2.60	2.70	2.70	2.00	2.50
11	2.50	2.70	2.80	2.00	2.50
12	3.00	2.50	2.60	3.10	2.80
13	2.70	2.40	2.60	3.10	2.70
14	2.40	2.60	2.70	3.10	2.70
15	2.40	2.60	2.70	3.10	2.70

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 2.933$ $s_x = 0.173$ $p = 5.91\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
Общее	13.993	59		
Блоки	1.233	3	0.411	3.421*
Варианты	7.713	14	0.551	4.585* 0.492
Фактор А	6.500	4	1.625	13.523* 0.284
Фактор В	0.197	2	0.099	0.820
Взаим. АВ	1.016	8	0.127	1.057
Остат.	5.047	42	0.120	

Множественные сравнения частных средних :

3.20cde 3.50ef 3.75f 3.00abcde

3.20bcde 3.20de 2.90abcd 2.80abcd
 2.55a 2.50a 2.50a 2.80abcd
 2.70abcd 2.70abcd 2.70abcd

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.100$)
 3.48; 3.13; 2.75; 2.60; 2.70;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

3.48c 3.13b 2.75a 2.60a
 2.70a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.078$)
 2.86; 2.94; 3.00;

Идентификатор расчета: табл. 15.1.Романо. Сухая масса корней, г

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.95	0.90	0.81	0.66	0.83
2	0.82	0.60	0.65	0.70	0.69
3	0.89	0.99	0.96	0.92	0.94
4	0.95	0.87	0.91	0.99	0.93
5	0.82	0.91	0.92	0.95	0.90
6	0.90	0.85	0.91	0.94	0.90
7	0.73	0.87	0.67	0.89	0.79
8	0.70	0.90	0.87	0.81	0.82
9	0.71	0.87	0.85	0.65	0.77
10	0.79	0.81	0.73	0.79	0.78
11	0.75	0.78	0.78	0.73	0.76
12	0.91	0.82	0.78	0.85	0.84
13	0.73	0.87	0.71	0.85	0.79
14	0.71	0.73	0.85	0.87	0.79
15	0.71	0.73	0.85	0.87	0.79

Восстановленные даты:

x= 0.821 sx= 0.039 p= 4.80%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	0.539	59			
Блоки	0.008	3	0.003	0.437	
Варианты	0.269	14	0.019	3.094*	0.112
Фактор А	0.125	4	0.031	5.025*	0.065
Фактор В	0.031	2	0.016	2.495	
Взаим. АВ	0.113	8	0.014	2.278*	0.112
Остат.	0.261	42	0.006		

Множественные сравнения частных средних :

0.83bcde 0.69a 0.94e 0.93de
 0.90cde 0.90cde 0.79abc 0.82abcde

0.77abc 0.78abc 0.76ab 0.84bcde
 0.79abc 0.79abc 0.79abc

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.023$)
 0.82; 0.91; 0.79; 0.79; 0.79;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.82a 0.91b 0.79a 0.79a
 0.79a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.018$)
 0.82; 0.79; 0.85;

Идентификатор расчета: табл. 15.2. Романо. Количество клубней, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	3.90	2.90	3.10	3.70	3.40
5	1.60	1.10	1.90	1.80	1.60
6	5.60	3.50	4.90	3.80	4.45
7	1.60	1.30	1.90	1.60	1.60
8	1.80	1.50	1.60	1.90	1.70
9	1.40	1.50	1.70	1.80	1.60
10	2.30	2.50	1.70	1.90	2.10
11	2.10	2.10	1.90	1.50	1.90
12	3.30	3.54	3.00	3.40	3.31
13	1.60	1.50	1.30	1.20	1.40
14	1.60	1.50	1.30	1.20	1.40
15	1.60	1.30	1.50	1.20	1.40

Восстановленные даты:

x= 1.744 sx= 0.168 p= 9.62%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	90.409	59			
Блоки	0.655	3	0.218	1.936	
Варианты	85.022	14	6.073	53.896*	0.477
Фактор А	63.479	4	15.870	140.839*	0.275
Фактор В	6.930	2	3.465	30.750*	0.213
Взаим. АВ	14.613	8	1.827	16.211*	0.477
Остат.	4.733	42	0.113		

Множественные сравнения частных средних :

0.30a 0.00a 0.00a 3.40g

1.60de 4.45h 1.60de 1.70de
 1.60de 2.10e 1.90de 3.31fg
 1.40bcd 1.40cd 1.40d

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.097$)
 0.10; 3.15; 1.63; 2.44; 1.40;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.10a 3.15d 1.63b 2.44c
 1.40b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.075$)
 1.76; 1.32; 2.15;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.76b 1.32a 2.15c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 15.3. Романо Общий вес клубней, г

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.60	1.10	1.90	1.80	1.60
5	1.40	1.50	1.90	1.20	1.50
6	5.60	3.50	4.90	3.80	4.45
7	1.60	1.30	1.90	1.60	1.60
8	1.40	1.50	1.70	1.80	1.60
9	1.30	1.50	1.40	1.80	1.50
10	1.60	1.10	1.90	1.80	1.60
11	1.40	1.50	1.70	1.40	1.50
12	5.30	3.50	4.90	4.10	4.45
13	1.30	1.30	1.10	1.50	1.30
14	1.30	1.30	1.10	1.50	1.30
15	1.30	1.30	1.10	1.50	1.30

Восстановленные даты:

x= 1.587 sx= 0.180 p= 11.37%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	102.189	59			
Блоки	1.073	3	0.358	2.749	
Варианты	95.649	14	6.832	52.489*	0.512
Фактор А	50.703	4	12.676	97.384*	0.296
Фактор В	17.061	2	8.531	65.539*	0.229
Взаим.АВ	27.885	8	3.486	26.780*	0.512
Остат.	5.467	42	0.130		

Множественные сравнения частных средних :

0.10a 0.00a 0.00a 1.60d

1.50d 4.45ef 1.60d 1.60d
 1.50d 1.60d 1.50d 4.45f
 1.30bcd 1.30cd 1.30d

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.104$)
 0.03; 2.52; 1.57; 2.52; 1.30;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.03a 2.52d 1.57b 2.52cd
 1.30b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.081$)
 1.24; 1.18; 2.34;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.24a 1.18a 2.34b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл.16 1 Лабелла Зараженные побеги(%)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 5

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	58.50	56.70	56.20	58.20	57.40
2	59.00	59.50	55.90	56.80	57.80
3	53.10	51.60	55.40	53.10	53.30
4	69.00	63.10	62.80	65.90	65.20
5	56.60	53.30	53.20	55.30	54.60
6	34.90	33.10	34.80	33.60	34.10
7	67.00	64.10	36.80	65.90	58.45
8	77.20	74.90	75.00	76.50	75.90
9	84.10	85.90	87.00	83.80	85.20
10	52.10	52.60	54.40	54.10	53.30
11	75.60	72.20	72.30	74.30	73.60
12	81.90	81.00	84.60	84.10	82.90
13	80.70	82.90	82.20	80.60	81.60
14	80.60	8.70	82.90	82.20	63.60
15	80.60	80.70	82.20	82.90	81.60

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 65.237$ $s_x = 5.114$ $p = 7.84\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
Общее	16596.781	59		
Блоки	351.618	3	117.206	1.120
Варианты	11850.989	14	846.499	8.091*
Фактор А	5629.172	4	1407.293	13.451*
Фактор В	179.409	2	89.705	0.857
Взаим.АВ	6042.408	8	755.301	7.219*
Остат.	4394.174	42	104.623	

Множественные сравнения частных средних :

57.40bc 57.80bc 53.30b 65.20bcd
54.60b 34.10a 58.45bc 75.90defgh

85.20h 53.30b 73.60cdefgh 82.90gh
 81.60efgh 63.60bcd 81.60fgh

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 2.953$)

56.17; 51.30; 73.18; 69.93; 75.60;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

56.17a 51.30a 73.18c 69.93bc
 75.60c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 2.287$)

63.19; 65.10; 67.42;

Идентификатор расчета: табл. 16.2. Лабелла. Количество побегов, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 5

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	14.10	14.10	15.60	15.00	14.70
2	14.10	12.10	14.80	15.00	14.00
3	17.40	15.50	14.40	15.90	15.80
4	19.30	23.30	22.70	20.10	21.35
5	21.20	20.30	20.30	21.80	20.90
6	22.00	21.50	26.50	26.00	24.00
7	16.80	16.40	15.30	15.90	16.10
8	17.30	18.70	16.70	18.90	17.90
9	20.60	20.30	20.90	21.80	20.90
10	16.80	17.40	14.30	15.90	16.10
11	19.60	18.90	17.90	21.20	19.40
12	22.00	21.50	27.00	25.50	24.00
13	20.00	17.00	16.20	19.60	18.20
14	20.00	17.00	16.20	19.60	18.20
15	20.00	17.00	16.20	19.60	18.20

Восстановленные даты:

$x = 18.650$ $s_x = 0.768$ $p = 4.12\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	654.610	59			
Блоки	16.429	3	5.476	2.319	
Варианты	538.986	14	38.499	16.301*	2.182
Фактор А	336.963	4	84.241	35.668*	1.260
Фактор В	117.996	2	58.998	24.980*	0.976
Взаим.АВ	84.026	8	10.503	4.447*	2.182
Остат.	99.196	42	2.362		

Множественные сравнения частных средних :

14.70a 14.00a 15.80abc 21.35g

20.90efg 24.00i 16.10abc 17.90bcd
 20.90fg 16.10abc 19.40defg 24.00hi
 18.20cd 18.20cd18.20cd

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.444$)
 14.83; 22.08; 18.30; 19.83; 18.20;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

14.83a 22.08d 18.30b 19.83c
 18.20b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.344$)
 17.29; 18.08; 20.58;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

17.29a 18.08a 20.58b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл.16.3. Лабелла. Количество бессимптомных побегов, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	4.20	3.90	3.80	3.10	3.75
2	5.00	3.00	4.70	4.10	4.20
3	6.40	5.50	5.20	6.10	5.80
4	6.20	5.50	4.80	5.90	5.60
5	7.40	9.50	8.90	6.60	8.10
6	7.20	8.00	7.60	6.40	7.30
7	4.10	3.60	3.80	3.10	3.65
8	3.90	2.90	3.10	3.70	3.40
9	7.20	7.00	7.40	6.40	7.00
10	3.90	2.70	3.10	3.90	3.40
11	2.30	2.50	1.70	1.90	2.10
12	6.50	5.50	5.40	5.90	5.82
13	3.40	2.50	2.70	3.40	3.00
14	3.40	3.40	2.50	2.70	3.00
15	3.40	3.40	2.50	2.70	3.00

Восстановленные даты:

x= 4.608 sx= 0.297 p= 6.45%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	209.046	59			
Блоки	2.870	3	0.957	2.708	
Варианты	191.338	14	13.667	38.686*	0.844
Фактор А	108.090	4	27.023	76.490*	0.487
Фактор В	42.321	2	21.160	59.896*	0.377
Взаим. АВ	40.927	8	5.116	14.481*	0.844
Остат.	14.838	42	0.353		

Множественные сравнения частных средних :

3.75bc	4.20c	5.80ef	5.60def
8.10i	7.30hi	3.65bc	3.40bc
7.00gh	3.40bc	2.10a	5.82f
3.00b	3.00b	3.00b	

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.172$)
 4.58; 7.00; 4.68; 3.78; 3.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

4.58c	7.00d	4.68c	3.78b
3.00a			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.133$)
 3.88; 4.16; 5.79;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

3.88a	4.16a	5.79b
-------	-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета:16.4. Лабелла. Сухая масса побегов (г)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 5

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.70	0.80	0.70	1.00	0.80
2	1.10	1.30	1.10	0.90	1.10
3	1.60	1.10	1.90	1.80	1.60
4	1.90	1.10	1.90	1.50	1.60
5	0.90	0.80	1.00	0.50	0.80
6	1.80	1.50	1.60	1.90	1.70
7	1.30	1.50	1.10	1.30	1.30
8	1.90	2.00	2.40	1.70	2.00
9	2.30	2.00	2.40	2.50	2.30
10	1.60	1.40	1.90	1.50	1.60
11	1.30	1.50	1.10	1.30	1.30
12	1.90	2.00	2.40	2.50	2.20
13	1.60	1.30	1.70	1.80	1.60
14	1.30	1.60	1.70	1.80	1.60
15	1.30	1.60	1.70	1.80	1.60

Восстановленные даты:

x= 1.540 sx= 0.115 p= 7.44%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	13.284	59			
Блоки	0.377	3	0.126	2.398	
Варианты	10.704	14	0.765	14.578*	0.325
Фактор А	3.664	4	0.916	17.466*	0.188
Фактор В	3.472	2	1.736	33.100*	0.145
Взаим.АВ	3.568	8	0.446	8.504*	0.325
Остат.	2.203	42	0.052		

Множественные сравнения частных средних :

0.80a 1.10abc 1.60de 1.60de

0.80a 1.70ef 1.30bcd 2.00fgh
 2.30h 1.60de 1.30cd 2.20gh
 1.60de 1.60de 1.60de

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.066$)
 1.17; 1.37; 1.87; 1.70; 1.60;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

1.17a 1.37b 1.87d 1.70cd
 1.60c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.051$)
 1.38; 1.36; 1.88;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

1.38a 1.36a 1.88b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 17.1. Лабелла. Сухая масса корней (г)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс. B-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	0.19	0.22	0.24	0.15	0.20
2	0.20	0.19	0.18	0.15	0.18
3	0.24	0.27	0.29	0.20	0.25
4	0.23	0.27	0.29	0.21	0.25
5	0.27	0.31	0.24	0.26	0.27
6	0.19	0.20	0.24	0.17	0.20
7	0.27	0.31	0.21	0.29	0.27
8	0.42	0.39	0.38	0.31	0.38
9	0.46	0.35	0.37	0.42	0.40
10	0.19	0.20	0.24	0.17	0.20
11	0.40	0.38	0.34	0.30	0.36
12	0.47	0.35	0.39	0.43	0.41
13	0.33	0.29	0.26	0.28	0.29
14	0.33	0.26	0.28	0.29	0.29
15	0.33	0.28	0.26	0.29	0.29

Восстановленные даты:

x= 0.282 sx= 0.018 p= 6.21%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	0.373	59			
Блоки	0.012	3	0.004	3.305*	
Варианты	0.310	14	0.022	18.049*	0.050
Фактор А	0.156	4	0.039	31.799*	0.029
Фактор В	0.051	2	0.025	20.635*	0.022
Взаим. АВ	0.103	8	0.013	10.527*	0.050
Остат.	0.051	42	0.001		

Множественные сравнения частных средних :

0.20ab 0.18a 0.25bcde 0.25bcde

0.27de 0.20ab 0.27cde 0.38ghi
 0.40hi 0.20a 0.36fgh 0.41i
 0.29e 0.29e0.29e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.010$)
 0.21; 0.24; 0.35; 0.32; 0.29;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

0.21a 0.24b 0.35d 0.32d
 0.29c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.008$)
 0.24; 0.29; 0.31;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

0.24a 0.29b 0.31b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 17.2. Лабелла. Количество клубней, шт

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (A*B)-R
(A-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора A = 5

Число градаций фактора B = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	7.40	7.30	7.30	6.40	7.10
2	3.10	3.40	3.00	2.90	3.10
3	7.40	7.70	7.30	6.80	7.30
4	11.00	9.70	10.80	10.10	10.40
5	11.20	12.70	12.50	10.80	11.80
6	11.00	9.50	10.80	9.10	10.10
7	5.50	5.00	4.90	4.60	5.00
8	7.40	7.70	7.30	6.80	7.30
9	9.70	10.30	7.40	8.20	8.90
10	6.00	5.90	4.90	4.20	5.25
11	3.10	3.60	3.30	2.40	3.10
12	8.40	9.80	10.00	9.00	9.30
13	7.40	7.70	7.30	6.40	7.20
14	7.40	7.70	7.30	6.40	7.20
15	7.40	7.70	7.30	6.40	7.20

Восстановленные даты:

x= 7.350 sx= 0.269 p= 3.67%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	377.530	59			
Блоки	9.067	3	3.022	10.404*	
Варианты	356.261	14	25.447	87.593*	0.765
Фактор А	194.735	4	48.684	167.576*	0.442
Фактор В	46.325	2	23.162	79.728*	0.342
Взаим.АВ	115.202	8	14.400	49.568*	0.765
Остат.	12.202	42	0.291		

Множественные сравнения частных средних :

7.10de 3.10a 7.30e 10.40i

11.80j 10.10hi 5.00bc 7.30e
 8.90fg 5.25c 3.10a 9.30g
 7.20e 7.20e7.20e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.156$)
 5.83; 10.77; 7.07; 5.88; 7.20;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

5.83a 10.77d 7.07bc 5.88a
 7.20c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.121$)
 6.99; 6.50; 8.56;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

6.99b 6.50a 8.56c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 17.3. Лабелла. Общий вес клубней (г)

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 5

Число градаций фактора В = 3

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	5.60	5.90	4.60	4.10	5.05
2	8.10	9.80	9.50	8.80	9.05
3	8.40	9.80	9.60	9.00	9.20
4	8.60	9.90	9.70	10.20	9.60
5	13.30	11.60	16.50	12.00	13.35
6	14.20	12.30	12.70	14.00	13.30
7	5.00	5.90	4.90	4.40	5.05
8	3.10	3.60	3.30	2.40	3.10
9	8.80	9.10	9.50	8.90	9.08
10	4.60	3.00	4.70	4.10	4.10
11	6.60	7.20	7.50	6.30	6.90
12	13.00	11.50	13.50	12.00	12.50
13	6.60	7.20	7.10	6.70	6.90
14	6.60	7.20	7.10	6.70	6.90
15	6.60	7.20	7.10	6.70	6.90

Восстановленные даты:

x= 8.065 sx= 0.407 p= 5.05%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	610.716	59			
Блоки	4.362	3	1.454	2.191	
Варианты	578.486	14	41.320	62.272*	1.157
Фактор А	276.536	4	69.134	104.189*	0.668
Фактор В	165.689	2	82.845	124.851*	0.517
Взаим.АВ	136.261	8	17.033	25.669*	1.157
Остат.	27.869	42	0.664		

Множественные сравнения частных средних :

5.05b 9.05fghi 9.20hi 9.60i

13.35l 13.30kl 5.05b 3.10a
 9.08ghi 4.10ab 6.90cde 12.50jkl
 6.90de 6.90e6.90e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.235$)
 7.77; 12.08; 5.74; 7.83; 6.90;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

7.77c 12.08d 5.74a 7.83c
 6.90b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.182$)
 6.14; 7.86; 10.20;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

6.14a 7.86b 10.20c

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 18 2016

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	91.90	92.30	91.40	91.60	91.80
2	91.70	92.50	91.00	90.00	91.30
3	94.10	93.60	92.40	93.10	93.30
4	97.90	99.30	100.00	100.00	99.30
5	93.40	95.90	96.60	95.30	95.30
6	98.30	98.90	97.70	99.90	98.70
7	98.40	98.40	100.00	100.00	99.20
8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9	96.30	98.70	96.70	98.30	97.50
10	91.90	92.10	91.20	91.60	91.70
11	99.20	99.20	100.00	100.00	99.60
12	94.90	93.80	92.70	93.40	93.70
13	93.40	95.90	96.40	95.10	95.20
14	91.70	92.10	91.00	90.00	91.20
15	91.70	92.50	91.00	90.00	91.30
16	98.40	98.40	100.00	100.00	99.20
17	91.70	92.10	91.20	60.60	83.90
18	91.90	91.80	93.50	93.20	92.60

Восстановленные даты:

x= 94.711 sx= 1.886 p= 1.99%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	2027.232	71			
Блоки	41.366	3	13.789	0.969	
Варианты	1259.887	17	74.111	5.206*	5.336
Фактор А	717.938	8	89.742	6.304*	3.773
Фактор В	24.826	1	24.826	1.744	
Взаим. АВ	517.123	8	64.640	4.541*	5.336
Остат.	725.979	51	14.235		

Множественные сравнения частных средних :

91.80b 91.30b 93.30bcdefg 99.30fgh
 95.30bcdefgh 98.70cdefgh 99.20defgh 100.00h
 97.50bcdefgh 91.70b 99.60gh 93.70bcdefgh
 95.20bcdefgh 91.20b 91.30b 99.20efgh
 83.90a 92.60bc

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 1.334$)

91.55; 96.30; 97.00; 99.60; 94.60; 96.65; 93.20; 95.25;
 88.25;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

91.55ab 96.30cd 97.00cd 99.60d
 94.60bc 96.65cd 93.20bc 95.25bc
 88.25a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.629$)

94.12; 95.30;

Идентификатор расчета: табл. 18 2017

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	91.90	91.90	93.80	93.60	92.80
2	91.90	91.60	93.30	93.60	92.60
3	94.10	93.60	92.40	93.10	93.30
4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	91.90	92.70	93.80	93.60	93.00
6	91.40	92.00	91.00	90.00	91.10
7	99.20	99.20	100.00	100.00	99.60
8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9	93.60	95.90	96.60	95.50	95.40
10	98.30	98.70	97.70	98.90	98.40
11	97.90	99.30	100.00	100.00	99.30
12	92.40	95.30	95.60	95.10	94.60
13	96.10	98.70	96.50	98.30	97.40
14	91.90	92.00	93.30	92.00	92.30
15	91.70	92.10	91.20	90.60	91.40
16	95.30	96.50	95.70	98.10	96.40
17	91.70	92.10	91.20	90.60	91.40
18	91.90	92.00	93.30	93.60	92.70

Восстановленные даты:

x= 95.094 sx= 0.419 p= 0.44%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	765.098	71			
Блоки	8.420	3	2.807	4.004*	
Варианты	720.928	17	42.408	60.497*	1.184
Фактор А	456.000	8	57.000	81.315*	0.837
Фактор В	4.410	1	4.410	6.291*	0.395
Взаим. АВ	260.518	8	32.565	46.456*	1.184
Остат.	35.750	51	0.701		

Множественные сравнения частных средних :

92.80cd 92.60bcd 93.30d 100.00lm
 93.00d 91.10a 99.60klm 100.00m
 95.40fg 98.40ijk 99.30jklm 94.60ef
 97.40hi 92.30abcd 91.40ab 96.40gh
 91.40ab 92.70bcd

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.296$)

92.70; 96.65; 92.05; 99.80; 96.90; 96.95; 94.85; 93.90;
 92.05;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

92.70a 96.65def 92.05a 99.80g
 96.90ef 96.95f 94.85c 93.90b
 92.05a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.140$)

94.84; 95.34;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

94.84a 95.34b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 18 2018

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс. В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	94.10	94.60	92.40	93.60	93.68
2	94.10	93.60	92.40	93.10	93.30
3	94.50	94.60	92.40	93.70	93.80
4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	95.10	96.40	95.20	98.10	96.20
6	91.70	91.60	93.10	93.20	92.40
7	99.20	99.20	100.00	100.00	99.60
8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9	92.40	95.20	95.10	95.30	94.50
10	94.10	93.60	92.40	93.10	93.30
11	99.20	99.20	100.00	100.00	99.60
12	95.90	93.40	96.60	95.30	95.30
13	92.40	95.20	94.10	95.10	94.20
14	91.30	91.80	93.40	93.00	92.38
15	93.60	95.90	95.50	96.60	95.40
16	94.10	93.10	92.10	93.10	93.10
17	91.70	92.10	91.20	90.60	91.40
18	91.90	91.80	93.50	93.20	92.60

Восстановленные даты:

x= 95.042 sx= 0.467 p= 0.49%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	df	ms	F	НСР
Общее	607.675	71			
Блоки	3.938	3	1.313	1.502	
Варианты	559.167	17	32.892	37.638*	1.322
Фактор А	392.875	8	49.109	56.195*	0.935
Фактор В	7.979	1	7.979	9.130*	0.441
Взаим. АВ	158.313	8	19.789	22.644*	1.322
Остат.	44.569	51	0.874		

Множественные сравнения частных средних :

93.68bcd 93.30bcd 93.80bcd 100.00jk
 96.20g 92.40ab 99.60ijk 100.00k
 94.50def 93.30bcd 99.60hijk 95.30efg
 94.20cdef 92.38ab 95.40fg 93.10bcd
 91.40a 92.60ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.331$)

93.49; 96.90; 94.30; 99.80; 93.90; 97.45; 93.29; 94.25;
 92.00;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

93.49b 96.90cd 94.30b 99.80e
 93.90b 97.45d 93.29b 94.25b
 92.00a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.156$)

95.38; 94.71;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

95.38b 94.71a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл 19. 2016 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	30.30	29.30	30.70	29.30	29.90
2	38.70	37.30	37.50	39.30	38.20
3	42.10	44.50	45.20	42.60	43.60
4	34.40	35.20	35.10	34.10	34.70
5	34.10	35.50	35.10	34.10	34.70
6	41.20	40.80	42.70	40.10	41.20
7	42.10	44.50	45.20	41.80	43.40
8	46.90	49.60	50.30	47.20	48.50
9	30.30	27.30	30.40	29.30	29.33
10	35.30	35.70	37.50	36.90	36.35
11	41.90	38.70	37.60	40.90	39.78
12	42.30	40.80	43.10	41.00	41.80
13	37.30	37.30	35.10	39.10	37.20
14	38.30	37.30	35.50	39.30	37.60
15	33.70	32.90	32.10	32.50	32.80
16	46.80	45.30	45.50	47.60	46.30
17	33.10	32.90	31.90	32.50	32.60
18	34.90	35.20	36.10	34.60	35.20

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 37.953$ $s_x = 0.629$ $p = 1.66\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	2072.700	71			
Блоки	1.245	3	0.415	0.262	
Варианты	1990.783	17	117.105	74.033*	1.779
Фактор А	1072.805	8	134.101	84.777*	1.258
Фактор В	296.836	1	296.836	187.657*	0.593
Взаим.АВ	621.143	8	77.643	49.085*	1.779
Остат.	80.672	51	1.582		

Множественные сравнения частных средних :

29.90a 38.20hi 43.60m 34.70e
 34.70de 41.20jk 43.40lm 48.50o
 29.33a 36.35efgh 39.78ij 41.80klm
 37.20fgh 37.60gh 32.80c 46.30n
 32.60bc 35.20e

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.445$)

34.05; 39.15; 37.95; 45.95; 32.84; 40.79; 37.40; 39.55;
 33.90;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

34.05a 39.15de 37.95cd 45.95g
 32.84a 40.79f 37.40bc 39.55ef
 33.90a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.210$)

35.92; 39.98;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

35.92a 39.98b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл.19. 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	38.70	37.10	37.50	39.10	38.10
2	37.50	37.90	35.10	39.10	37.40
3	46.80	45.10	45.50	47.80	46.30
4	37.30	37.30	35.10	39.10	37.20
5	34.50	33.40	33.60	32.10	33.40
6	42.20	44.90	45.50	41.80	43.60
7	46.10	44.20	43.80	47.10	45.30
8	46.90	49.10	50.20	46.20	48.10
9	34.50	33.40	33.60	32.10	33.40
10	39.90	38.10	37.50	40.80	39.08
11	46.80	45.30	45.50	47.60	46.30
12	45.10	44.10	43.50	46.10	44.70
13	34.70	34.40	33.60	32.50	33.80
14	46.10	44.20	43.80	47.10	45.30
15	37.50	37.90	35.10	39.50	37.50
16	42.30	43.80	43.60	41.50	42.80
17	31.10	32.90	31.90	32.50	32.10
18	34.10	35.50	35.10	34.10	34.70

Восстановленные даты:

$x = 39.949$ $s_x = 0.669$ $p = 1.68\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	2041.200	71			
Блоки	8.356	3	2.785	1.555	
Варианты	1941.496	17	114.206	63.761*	1.893
Фактор А	1147.430	8	143.429	80.077*	1.338
Фактор В	158.064	1	158.064	88.248*	0.631
Взаим.АВ	636.002	8	79.500	44.385*	1.893
Остат.	91.348	51	1.791		

Множественные сравнения частных средних :

38.10f 37.40def 46.30lmn 37.20cdef
 33.40ab 43.60hijk 45.30jklm 48.10n
 33.40ab 39.08f 46.30mn 44.70ijklm
 33.80ab 45.30klm 37.50ef 42.80ghi
 32.10a 34.70b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.473$)

37.75; 41.75; 38.50; 46.70; 36.24; 45.50; 39.55; 40.15;
 33.40;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

37.75c 41.75f 38.50cd 46.70h
 36.24b 45.50gh 39.55de 40.15e
 33.40a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.223$)

38.47; 41.43;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

38.47a 41.43b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл.19. 2018 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	30.30	29.10	30.70	29.10	29.80
2	33.80	35.20	35.10	33.10	34.30
3	46.10	44.70	43.90	46.10	45.20
4	37.70	37.30	35.10	39.10	37.30
5	33.70	32.90	32.10	32.50	32.80
6	41.20	40.80	42.70	40.10	41.20
7	46.10	44.10	43.50	47.10	45.20
8	46.80	45.10	45.50	47.40	46.20
9	33.70	32.60	32.10	32.40	32.70
10	37.30	36.90	35.10	39.10	37.10
11	42.10	44.50	45.20	41.80	43.40
12	41.70	41.90	42.80	40.40	41.70
13	34.70	34.40	33.60	32.50	33.80
14	37.30	37.30	35.10	39.10	37.20
15	33.70	32.90	32.10	32.50	32.80
16	34.90	35.30	36.40	34.60	35.30
17	33.80	32.90	32.40	32.50	32.90
18	34.40	35.20	35.10	34.10	34.70

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 37.422$ $s_x = 0.578$ $p = 1.55\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР
Общее	1850.964	71		
Блоки	3.264	3	1.088	0.814
Варианты	1779.503	17	104.677	78.281*
Фактор А	1384.453	8	173.057	129.417*
Фактор В	59.779	1	59.779	44.704*
Взаим.АВ	335.271	8	41.909	31.341*
Остат.	68.197	51	1.337	

Множественные сравнения частных средних :

Идентификатор расчета: табл. 20 2016 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	3.00	2.50	2.60	3.10	2.80
2	3.90	2.90	3.40	4.10	3.58
3	3.20	2.30	2.60	3.10	2.80
4	3.20	2.30	2.60	3.10	2.80
5	4.50	3.50	3.90	4.10	4.00
6	5.10	3.90	4.70	4.30	4.50
7	3.90	2.60	3.10	3.90	3.38
8	5.10	3.90	4.90	4.50	4.60
9	3.40	3.10	2.70	3.60	3.20
10	3.40	3.10	2.90	3.80	3.30
11	4.60	3.50	3.70	4.20	4.00
12	3.40	3.10	2.50	3.40	3.10
13	3.30	3.10	2.90	3.50	3.20
14	4.60	3.00	4.70	4.10	4.10
15	2.50	2.10	2.90	2.70	2.55
16	4.20	3.90	3.80	3.10	3.75
17	2.70	3.10	2.40	2.60	2.70
18	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 3.403$ $s_x = 0.175$ $p = 5.15\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	38.279	71			
Блоки	5.072	3	1.691	13.766*	
Варианты	26.945	17	1.585	12.907*	0.496
Фактор А	16.022	8	2.003	16.308*	0.350
Фактор В	3.556	1	3.556	28.953*	0.165
Взаим.АВ	7.367	8	0.921	7.499*	0.496
Остат.	6.263	51	0.123		

Множественные сравнения частных средних :

2.80abc	3.58defgh	2.80abc	2.80abc
4.00fghi	4.50ij	3.38cde	4.60j
3.20bcde	3.30cde	4.00ghi	3.10abcd
3.20bcde	4.10hij	2.55a	3.75efgh
2.70ab	2.90abc		

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.124$)

3.19; 2.80; 4.25; 3.99; 3.25; 3.55; 3.65; 3.15;
2.80;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

3.19bcd	2.80a	4.25g	3.99fg
3.25cd	3.55de	3.65ef	3.15abc
2.80a			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.058$)

3.18; 3.62;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

3.18a	3.62b
-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 20 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	3.20	3.20	2.90	3.90	3.30
2	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90
3	3.40	3.10	2.90	3.80	3.30
4	4.50	3.90	3.70	3.30	3.85
5	4.60	3.30	4.40	4.10	4.10
6	5.00	3.60	4.70	4.30	4.40
7	3.90	2.60	3.10	3.90	3.38
8	5.40	3.90	4.90	4.60	4.70
9	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90
10	3.90	2.70	3.10	3.90	3.40
11	4.10	3.90	3.70	3.70	3.85
12	3.20	2.30	2.20	3.10	2.70
13	4.00	2.90	3.10	3.60	3.40
14	4.60	3.00	4.70	4.10	4.10
15	2.50	2.10	2.90	2.70	2.55
16	3.90	2.90	3.10	3.70	3.40
17	2.50	2.10	2.90	2.70	2.55
18	2.70	3.10	2.40	2.60	2.70

Восстановленные даты:

x= 3.415 sx= 0.191 p= 5.59%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	41.033	71			
Блоки	5.535	3	1.845	12.660*	
Варианты	28.066	17	1.651	11.329*	0.540
Фактор А	17.834	8	2.229	15.297*	0.382
Фактор В	1.773	1	1.773	12.168*	0.180
Взаим.АВ	8.458	8	1.057	7.255*	0.540
Остат.	7.432	51	0.146		

Множественные сравнения частных средних :

3.30cdefg	2.90abcde	3.30bcdefg	3.85fghij
4.10hij	4.40jk	3.38defg	4.70k
2.90abcde	3.40efg	3.85ghij	2.70abc
3.40efg	4.10ij	2.55a	3.40efg
2.55a	2.70ab		

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.135$)

3.10; 3.57; 4.25; 4.04; 3.15; 3.28; 3.75; 2.98;
2.62;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

3.10b	3.57cd	4.25f	4.04ef
3.15b	3.28bc	3.75de	2.98ab
2.62a			

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.064$)

3.26; 3.57;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

3.26a	3.57b
-------	-------

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 20 2018 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	3.30	3.10	2.90	3.50	3.20
2	4.20	2.80	3.10	3.90	3.50
3	3.40	3.10	2.70	3.60	3.20
4	4.20	3.90	3.80	3.10	3.75
5	4.50	3.90	3.70	3.30	3.85
6	4.60	3.50	4.20	4.10	4.10
7	3.90	2.70	3.10	3.90	3.40
8	3.30	4.40	4.60	4.10	4.10
9	2.90	3.90	3.10	3.70	3.40
10	4.10	3.90	3.70	3.70	3.85
11	4.10	3.90	3.70	3.70	3.85
12	3.30	3.50	3.00	3.40	3.30
13	3.40	3.10	2.70	3.60	3.20
14	4.30	3.90	3.50	3.30	3.75
15	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90
16	4.50	3.90	3.70	3.30	3.85
17	2.70	3.10	2.40	2.60	2.70
18	3.30	2.90	2.60	2.80	2.90

Восстановленные даты:

x= 3.489 sx= 0.195 p= 5.59%

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	21.751	71			
Блоки	1.903	3	0.634	4.171*	
Варианты	12.091	17	0.711	4.676*	0.552
Фактор А	6.701	8	0.838	5.507*	0.390
Фактор В	2.569	1	2.569	16.891*	0.184
Взаим.АВ	2.821	8	0.353	2.318*	0.552
Остат.	7.757	51	0.152		

Множественные сравнения частных средних :

3.20abcd 3.50bcdef 3.20abcd 3.75cdef
 3.85def 4.10ef 3.40bcd 4.10f
 3.40bcd 3.85def 3.85def 3.30abcd
 3.20abcd 3.75def 2.90ab 3.85def
 2.70a 2.90ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.138$)

3.35; 3.48; 3.98; 3.75; 3.63; 3.58; 3.48; 3.38;
 2.80;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

3.35b 3.48b 3.98c 3.75bc
 3.63bc 3.58bc 3.48b 3.38b
 2.80a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.065$)

3.30; 3.68;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

3.30a 3.68b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 22 2016 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	34.70	32.90	32.60	34.10	33.58
2	37.30	38.90	35.40	39.10	37.67
3	38.90	38.00	37.60	39.90	38.60
4	19.90	23.70	22.87	20.20	21.67
5	19.90	23.30	22.80	20.60	21.65
6	34.70	33.10	32.90	34.90	33.90
7	21.90	21.10	25.00	25.20	23.30
8	16.30	18.70	15.70	18.50	17.30
9	34.90	36.70	36.40	34.80	35.70
10	33.50	32.90	32.70	33.70	33.20
11	22.90	21.30	25.00	25.20	23.60
12	19.30	23.30	22.40	20.10	21.27
13	17.50	19.70	17.00	20.20	18.60
14	34.90	37.10	36.40	34.80	35.80
15	38.90	37.30	37.80	40.40	38.60
16	35.90	35.70	37.50	37.70	36.70
17	58.50	56.50	56.60	57.20	57.20
18	42.20	40.60	42.70	40.10	41.40

Восстановленные даты:

$x = 31.652$ $s_x = 0.713$ $p = 2.25\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	7186.084	71			
Блоки	6.004	3	2.001	0.985	
Варианты	7076.413	17	416.260	204.782*	2.016
Фактор А	4975.766	8	621.971	305.983*	1.426
Фактор В	31.481	1	31.481	15.487*	0.672
Взаим.АВ	2069.167	8	258.646	127.243*	2.016
Остат.	103.667	51	2.033		

Множественные сравнения частных средних :

33.58fgh 37.67klm 38.60m 21.67cd
 21.65cd 33.90ghi 23.30cd 17.30a
 35.70hijk 33.20efg 23.60d 21.27bc
 18.60a 35.80ijk 38.60lm 36.70jklm
 57.20o 41.40n

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.504$)

35.62; 30.13; 27.77; 20.30; 34.45; 22.44; 27.20; 37.65;
 49.30;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

35.62f 30.13d 27.77c 20.30a
 34.45ef 22.44b 27.20c 37.65g
 49.30h

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.238$)

32.31; 30.99;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

32.31b 30.99a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 22. 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	32.70	31.50	30.70	29.90	31.20
2	34.90	36.70	36.40	34.80	35.70
3	34.70	32.90	32.90	34.30	33.70
4	22.90	21.30	24.60	25.20	23.50
5	30.30	27.50	29.40	29.30	29.12
6	39.90	37.10	37.60	39.40	38.50
7	23.20	23.50	25.00	25.50	24.30
8	16.90	17.40	15.80	15.90	16.50
9	33.70	32.90	32.90	34.10	33.40
10	33.50	33.70	37.50	36.90	35.40
11	23.20	24.50	26.00	26.70	25.10
12	17.90	19.70	17.10	18.90	18.40
13	22.60	21.30	24.10	25.20	23.30
14	33.70	32.90	32.70	34.30	33.40
15	38.90	37.30	37.60	39.40	38.30
16	34.90	37.10	36.40	34.80	35.80
17	58.50	55.40	55.10	58.20	56.80
18	42.10	45.20	44.10	41.80	43.30

Восстановленные даты:

$x = 31.985$ $s_x = 0.653$ $p = 2.04\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	6335.312	71			
Блоки	7.863	3	2.621	1.537	
Варианты	6240.468	17	367.086	215.234*	1.847
Фактор А	5015.633	8	626.954	367.603*	1.306
Фактор В	48.181	1	48.181	28.250*	0.616
Взаим.АВ	1176.655	8	147.082	86.239*	1.847
Остат.	86.982	51	1.706		

Множественные сравнения частных средних :

31.20e 35.70jk 33.70hi 23.50c
 29.12d 38.50m 24.30c 16.50a
 33.40fghi 35.40ijk 25.10c 18.40b
 23.30c 33.40gh 38.30lm 35.80k
 56.80o 43.30n

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.462$)

33.45; 28.60; 33.81; 20.40; 34.40; 21.75; 28.35; 37.05;
 50.05;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

33.45de 28.60c 33.81e 20.40a
 34.40e 21.75b 28.35c 37.05f
 50.05g

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.218$)

32.80; 31.17;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

32.80b 31.17a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 22. 2018 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	35.10	32.90	32.70	34.90	33.90
2	35.90	36.10	36.40	34.80	35.80
3	32.70	32.50	29.70	29.90	31.20
4	30.30	27.50	29.00	29.30	29.03
5	19.70	23.30	22.70	20.50	21.55
6	37.30	38.30	35.70	39.10	37.60
7	19.90	23.30	22.80	20.60	21.65
8	17.70	19.70	18.10	18.50	18.50
9	33.70	32.90	32.70	33.90	33.30
10	33.70	32.50	32.70	33.90	33.20
11	23.80	24.50	26.00	26.70	25.25
12	19.90	23.30	22.80	20.20	21.55
13	17.20	19.70	17.10	20.00	18.50
14	33.50	32.90	32.70	33.70	33.20
15	38.90	37.30	37.60	39.40	38.30
16	35.50	35.70	37.50	37.70	36.60
17	58.50	56.50	56.20	57.20	57.10
18	42.20	40.60	42.70	40.10	41.40

Восстановленные даты:

$x = 31.535$ $s_x = 0.637$ $p = 2.02\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	6381.524	71			
Блоки	1.228	3	0.409	0.252	
Варианты	6297.553	17	370.444	228.329*	1.801
Фактор А	4787.484	8	598.436	368.856*	1.274
Фактор В	8.353	1	8.353	5.149*	0.600
Взаим.АВ	1501.715	8	187.714	115.701*	1.801
Остат.	82.743	51	1.622		

Множественные сравнения частных средних :

33.90i 35.80jkl 31.20f 29.03e
 21.55c 37.60lm 21.65c 18.50a
 33.30i 33.20ghi 25.25d 21.55bc
 18.50a 33.20hi 38.30m 36.60klm
 57.10o 41.40n

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.450$)

34.85; 30.11; 29.58; 20.07; 33.25; 23.40; 25.85; 37.45;
 49.25;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

34.85f 30.11d 29.58d 20.07a
 33.25e 23.40b 25.85c 37.45g
 49.25h

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.212$)

31.19; 31.88;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

31.19a 31.88b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 24 2016 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9
Число градаций фактора В = 2
Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	16.80	17.10	15.80	15.90	16.40
2	17.10	18.30	15.90	18.70	17.50
3	16.80	17.70	15.40	17.70	16.90
4	19.40	16.90	17.40	19.00	18.17
5	19.00	16.70	17.20	19.30	18.05
6	17.00	18.50	16.90	18.80	17.80
7	19.40	18.90	17.90	21.00	19.30
8	19.80	23.80	22.90	20.10	21.65
9	16.80	17.70	15.40	16.90	16.70
10	17.30	18.10	15.90	18.70	17.50
11	20.70	17.60	17.10	19.30	18.67
12	20.50	19.30	17.60	21.40	19.70
13	16.50	17.60	15.40	16.90	16.60
14	19.60	18.50	17.90	21.20	19.30
15	16.80	17.40	14.30	15.90	16.10
16	19.40	16.90	17.10	19.30	18.17
17	17.40	15.50	14.40	15.60	15.73
18	16.80	17.50	15.40	15.90	16.40

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 17.814$ $s_x = 0.524$ $p = 2.94\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	244.626	71			
Блоки	33.516	3	11.172	10.184*	
Варианты	155.161	17	9.127	8.320*	1.481
Фактор А	110.840	8	13.855	12.629*	1.047
Фактор В	30.671	1	30.671	27.958*	0.494
Взаим.АВ	13.651	8	1.706	1.555	
Остат.	55.949	51	1.097		

Множественные сравнения частных средних :

16.40abc 17.50bcdef 16.90abcde 18.17defghi
 18.05cdefghi 17.80bcdefgh 19.30ghi 21.65j
 16.70abcde 17.50bcdef 18.67fghi 19.70i
 16.60abcde 19.30hi 16.10ab 18.17efghi
 15.73a 16.40abc

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.370$)

16.95; 17.54; 17.92; 20.48; 17.10; 19.19; 17.95; 17.14;
 16.06;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

16.95ab 17.54b 17.92b 20.48d
 17.10ab 19.19c 17.95b 17.14ab
 16.06a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.175$)

17.16; 18.47;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

17.16a 18.47b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 24. 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	20.50	17.30	17.10	19.00	18.48
2	16.60	18.40	15.50	18.70	17.30
3	20.70	17.60	17.10	19.30	18.67
4	17.00	18.50	16.90	18.80	17.80
5	20.60	19.40	17.90	21.70	19.90
6	20.20	17.70	17.20	19.60	18.68
7	20.80	19.70	17.60	21.50	19.90
8	21.80	23.80	22.90	20.50	22.25
9	16.40	17.50	15.40	15.90	16.30
10	16.70	18.80	16.90	18.80	17.80
11	20.50	19.50	17.80	21.40	19.80
12	19.50	23.30	22.90	20.50	21.55
13	16.80	17.50	15.40	15.90	16.40
14	20.80	23.80	23.90	20.50	22.25
15	16.90	17.70	15.80	16.90	16.82
16	20.40	17.40	17.20	19.30	18.58
17	16.40	15.00	14.30	15.10	15.20
18	17.70	18.80	15.90	18.80	17.80

Восстановленные даты:

$x = 18.638$ $s_x = 0.645$ $p = 3.46\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	382.729	71			
Блоки	23.512	3	7.837	4.716*	
Варианты	274.462	17	16.145	9.715*	1.823
Фактор А	157.412	8	19.677	11.840*	1.289
Фактор В	34.849	1	34.849	20.969*	0.608
Взаим. АВ	82.201	8	10.275	6.183*	1.823
Остат.	84.755	51	1.662		

Множественные сравнения частных средних :

18.48cdef 17.30bcd 18.67def 17.80cdef
 19.90fg 18.68def 19.90fg 22.25hi
 16.30ab 17.80cdef 19.80efg 21.55ghi
 16.40abc 22.25i 16.82abcd 18.58def
 15.20a 17.80bcde

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.456$)

17.89; 18.24; 19.29; 21.08; 17.05; 20.68; 19.32; 17.70;
 16.50;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

17.89ab 18.24bcd 19.29cd 21.08f
 17.05ab 20.68ef 19.32d 17.70ab
 16.50a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.215$)

17.94; 19.33;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

17.94a 19.33b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 24. 2018 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	16.40	17.50	15.40	15.90	16.30
2	16.40	17.50	15.80	15.90	16.40
3	20.00	16.30	17.40	19.90	18.40
4	20.70	17.60	17.20	19.60	18.78
5	20.60	19.30	19.10	21.80	20.20
6	19.30	23.30	22.70	20.10	21.35
7	20.40	19.30	19.50	21.60	20.20
8	21.30	23.50	23.70	21.70	22.55
9	19.60	16.20	17.00	19.60	18.10
10	20.00	16.60	17.20	19.50	18.33
11	20.90	19.80	19.10	21.00	20.20
12	21.80	23.80	23.70	20.50	22.45
13	16.80	17.50	15.40	15.90	16.40
14	21.90	23.90	23.70	20.70	22.55
15	17.30	18.10	15.90	18.70	17.50
16	0.00	20.50	19.30	20.40	15.05
17	16.80	17.40	14.30	15.90	16.10
18	16.80	17.70	15.40	16.90	16.70

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 18.753$ $s_{\bar{x}} = 1.372$ $p = 7.32\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	799.160	71			
Блоки	15.402	3	5.134	0.681	
Варианты	399.554	17	23.503	3.120*	3.882
Фактор А	286.965	8	35.871	4.762*	2.745
Фактор В	25.684	1	25.684	3.409	
Взаим. АВ	86.905	8	10.863	1.442	
Остат.	384.204	51	7.533		

Множественные сравнения частных средних :

16.30ab 16.40ab 18.40abcdef 18.78abcdef
 20.20bcdef 21.35cdef 20.20bcdef 22.55ef
 18.10abcdef 18.33abcdef 20.20bcdef 22.45def
 16.40ab 22.55f 17.50abc 15.05a
 16.10ab 16.70ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.970$)

16.35; 18.59; 20.78; 21.38; 18.21; 21.32; 19.47; 16.27;
 16.40;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

16.35a 18.59abcde 20.78cde 21.38e
 18.21abc 21.32de 19.47bcde 16.27a
 16.40a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.457$)

18.16; 19.35;

*****+

Идентификатор расчета: табл. 25. 2016 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	16.20	13.70	13.70	15.80	14.85
2	16.70	15.00	14.80	17.10	15.90
3	15.20	13.70	13.90	15.80	14.65
4	16.80	17.50	15.40	15.90	16.40
5	16.80	17.50	15.40	15.90	16.40
6	16.00	17.50	15.40	15.50	16.10
7	17.40	18.10	16.90	18.80	17.80
8	20.70	17.60	17.20	19.60	18.78
9	15.00	13.60	12.90	15.50	14.25
10	16.40	15.00	14.30	17.10	15.70
11	16.30	18.10	15.90	18.10	17.10
12	18.70	17.30	17.20	19.10	18.08
13	15.00	13.70	12.90	15.80	14.35
14	17.30	18.10	15.90	18.70	17.50
15	15.00	13.60	12.90	15.50	14.25
16	16.80	17.50	15.10	15.40	16.20
17	15.00	13.00	12.90	15.30	14.05
18	16.00	14.60	14.30	17.10	15.50

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 15.992$ $s_x = 0.409$ $p = 2.56\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	215.635	71			
Блоки	40.656	3	13.552	20.267*	
Варианты	140.876	17	8.287	12.393*	1.156
Фактор А	92.705	8	11.588	17.330*	0.818
Фактор В	34.440	1	34.440	51.504*	0.385
Взаим. АВ	13.731	8	1.716	2.567*	1.156
Остат.	34.103	51	0.669		

Множественные сравнения частных средних :

14.85abcde 15.90defgh 14.65abcd 16.40ghi
 16.40ghi 16.10efgh 17.80jkl 18.78l
 14.25ab 15.70cdefg 17.10hijk 18.08kl
 14.35ab 17.50ijk 14.25ab 16.20fgh
 14.05a 15.50bcdefg

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.289$)

15.38; 15.53; 16.25; 18.29; 14.98; 17.59; 15.93; 15.23;
 14.78;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

15.38abc 15.53abc 16.25c 18.29e
 14.98a 17.59de 15.93bc 15.23ab
 14.78a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.136$)

15.30; 16.68;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

15.30a 16.68b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Идентификатор расчета: табл. 25. 2017 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	15.20	14.40	14.30	17.10	15.25
2	15.70	13.90	13.90	15.90	14.85
3	16.40	14.60	14.30	17.10	15.60
4	15.00	14.10	14.00	17.10	15.05
5	16.30	18.10	15.90	18.10	17.10
6	16.40	14.60	14.30	17.10	15.60
7	17.30	18.10	15.90	18.30	17.40
8	20.80	19.30	17.50	20.40	19.50
9	15.00	13.10	13.10	15.40	14.15
10	16.00	13.10	14.00	17.10	15.05
11	17.00	18.10	15.70	18.40	17.30
12	18.70	17.30	17.20	19.10	18.08
13	15.00	13.10	12.70	15.40	14.05
14	20.40	17.30	17.20	19.40	18.57
15	15.00	13.00	12.90	15.30	14.05
16	15.20	14.80	14.30	17.10	15.35
17	14.00	13.10	12.70	15.20	13.75
18	15.70	13.70	13.90	15.30	14.65

Восстановленные даты:

$\bar{x} = 15.853$ $s_x = 0.328$ $p = 2.07\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	291.079	71			
Блоки	69.172	3	23.057	53.708*	
Варианты	200.013	17	11.765	27.406*	0.927
Фактор А	136.994	8	17.124	39.888*	0.655
Фактор В	14.409	1	14.409	33.562*	0.309
Взаим.АВ	48.610	8	6.076	14.154*	0.927
Остат.	21.895	51	0.429		

Множественные сравнения частных средних :

15.25cde 14.85bcde 15.60e 15.05bcde
 17.10fghi 15.60e 17.40hi 19.50k
 14.15ab 15.05bcde 17.30ghi 18.08ij
 14.05ab 18.57jk 14.05ab 15.35de
 13.75a 14.65abcde

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.232$)

15.05; 15.32; 16.35; 18.45; 14.60; 17.69; 16.31; 14.70;
 14.20;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

15.05bc 15.32c 16.35e 18.45g
 14.60ab 17.69f 16.31de 14.70abc
 14.20a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.109$)

15.41; 16.30;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

15.41a 16.30b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо по критерию Дункана

.....

Идентификатор расчета: табл. 25. 2018 год

ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (А*В)-R
(А-фикс.В-фикс.)

Число градаций фактора А = 9

Число градаций фактора В = 2

Число блоков R = 4

Таблица исходных данных

	1	2	3	4	Средняя
1	15.20	14.10	14.50	16.40	15.05
2	17.20	14.80	14.00	17.40	15.85
3	16.30	19.50	16.90	18.50	17.80
4	16.30	18.10	15.90	18.50	17.20
5	20.40	17.30	17.20	19.40	18.57
6	20.90	19.80	19.50	21.40	20.40
7	20.30	19.20	17.50	19.40	19.10
8	21.90	19.80	19.70	22.60	21.00
9	17.80	17.50	15.30	15.40	16.50
10	17.80	18.50	15.90	15.40	16.90
11	20.70	17.30	17.70	19.40	18.77
12	21.90	20.80	19.30	22.00	21.00
13	15.20	14.40	14.50	16.10	15.05
14	21.90	19.80	19.50	21.60	20.70
15	17.20	14.80	14.30	17.10	15.85
16	16.30	19.50	16.90	18.50	17.80
17	15.00	13.10	13.50	15.40	14.25
18	15.20	14.40	14.30	17.10	15.25

Восстановленные даты:

 $x = 17.614$ $s_x = 0.514$ $p = 2.92\%$

Таблица дисперсионного анализа

Источник	SS	dfms	F	НСР	
Общее	428.266	71			
Блоки	42.569	3	14.190	13.440*	
Варианты	331.852	17	19.521	18.490*	1.453
Фактор А	232.297	8	29.037	27.503*	1.028
Фактор В	50.997	1	50.997	48.303*	0.484
Взаим.АВ	48.559	8	6.070	5.749*	1.453
Остат.	53.844	51	1.056		

Множественные сравнения частных средних :

15.05ab 15.85abcd 17.80efghi 17.20defgh
 18.57ghi 20.40jklm 19.10ij 21.00lm
 16.50bcdef 16.90cdef 18.77hi 21.00m
 15.05ab 20.70klm 15.85abcd 17.80fghi
 14.25a 15.25ab

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору А: ($S_a = 0.363$)

15.45; 17.50; 19.49; 20.05; 16.70; 19.89; 17.88; 16.83;
 14.75;

Множественные сравнения частных средних для фактора А:

15.45a 17.50cd 19.49efg 20.05g
 16.70bc 19.89fg 17.88d 16.83cd
 14.75a

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана

Средние по фактору В: ($S_b = 0.171$)

16.77; 18.46;

Множественные сравнения частных средних для фактора В:

16.77a 18.46b

Варианты, сопровождаемые одинаковыми латинскими буквами,
 различаются незначимо по критерию Дункана
