

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

На правах рукописи

Мохаммед Сабах Раби Мохаммед Эльсайед

**ПРИЕМЫ БОРЬБЫ С ГРИБНЫМИ БОЛЕЗНЯМИ КЛУБНЕЙ
КАРТОФЕЛЯ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

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.....	5
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1. Болезни клубней картофеля	10
1.1.1. Ризоктониоз клубней картофеля.....	10
1.1.2. Сухие гнили	13
1.2. Защитные мероприятия от болезней клубней картофеля	17
1.3. Механизм действия и защитные свойства хитозана.....	20
1.4. Механизм действия и защитные свойства кальция	25
1.5. Химический состав и защитные свойства эфирных масел.....	27
1.5.1. Эфирное масло кумина (<i>Cuminum cyminum</i>)	34
1.5.2. Эфирное масло лаванды (<i>Lavandula angustifolia</i>)	35
2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	38
2.1. Характеристика места и условий проведения исследований	38
2.2. Погодные условия в годы проведения опытов	39
2.3. Материалы и методы проведения исследований.....	44
2.3.1. Материалы исследования	44
2.3.2. Методы исследования.....	46
2.3.2.1. Лабораторные опыты как метод исследований	47
2.3.2.2. Полевые опыты.....	51
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
3.1. Лабораторные опыты.....	54
3.1.1. Выделение возбудителей болезней в чистую культуру	54
и их идентификация	54
3.1.2. Влияние хитозана на рост мицелия и прорастание спор	60
грибных изолятов <i>in vitro</i>	60
3.1.3. Влияние хитозана на степень (индекс) поражения клубней, инокулированных грибами.....	67
3.1.4. Влияние хитозана на защитные ферменты зараженных клубней.....	72

3.1.5. Определение противогрибковой активности масел кумина и лаванды и их защитного действия против болезней клубней картофеля при хранении	85
3.2. Полевые опыты.....	90
3.2.1. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на всхожесть картофеля.....	90
3.2.2. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля	95
3.2.3. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля	98
3.2.4. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на распространение ризоктониоза и сухой фузариозной гнили.....	102
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	113
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	139

Список сокращений

СД	степень деацетилирования
СА	степень ацетилирования
ФАЛ	фенилаланин аммиак-лиаза ферменты
АФК	активные формы кислорода
NO	оксид азота
ПО	пероксидазы ферменты
ПФО	полифенолоксидазы ферменты ³
pK	константа диссоциации

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Картофель относится к числу наиболее ценных продовольственных культур в большинстве стран мира. По степени использования в качестве продукта питания картофель занимает четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы (Росс, 1989). Суммарный годовой урожай картофеля в мире составляет 368,1 млн т, из них в различных регионах России производится 22,3 млн т. Средняя урожайность картофеля в России составляет около 17,0 т/га (FAOSTAT, 2018).

Одной из причин такой низкой урожайности является широкое распространение болезней, вредителей и сорняков (Анисимов и др., 2009).

В борьбе с этими патогенами рекомендован широкий ассортимент фунгицидных протравителей для предпосадочной обработки клубней, которые не всегда эффективно и длительно защищают картофель от болезней. Однако к ряду фунгицидов у этих патогенов формируется устойчивость, кроме того, они небезопасны для человека и окружающей среды, а также имеют высокую стоимость.

Один из самых экологически чистых приемов защиты растений от болезней – это создание и использование устойчивых к болезням сортов, однако и этот биологический метод имеет свои недостатки, так как гены резистентности преодолеваются патогенами вскоре после их внедрения в растения.

Поэтому требуются исследования новых альтернативных препаратов потенциально менее вредных для здоровья человека и окружающей среды.

Степень разработанности проблемы. Анализ литературы по данной проблеме свидетельствует об эффективности хитозана (Тютюрев, 1999; Ключникова, 2005; Куликов, 2006; Falcón-Rodríguez *et al.*, 2017) и кальция (Bain *et al.*, 1996; El-Gamal *et al.*, 2007; El-Mougy and Abdel-Kader, 2009; Aghofack-Nguemezi *et al.* 2014; Subhani *et al.*, 2015; Hamdi *et al.*, 2015) в борьбе с болезнями клубней картофеля и увеличении его урожайности. Однако, совместное применение хитозана и хлорида кальция в защите картофеля против болезней клубней ранее не было исследо-

вано. Также анализ литературы показывает, что применение эфирных масел в защите картофеля от болезней при хранении остается малоизученным.

Цель исследований - определить видовой состав возбудителей грибных болезней клубней картофеля в Нижнем Поволжье и усовершенствовать меры борьбы с ними на основе совместного применения хлорида кальция с хитозаном и эфирных масел в полевых условиях и при хранении.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- выявить основные виды возбудителей грибных болезней клубней картофеля в Нижнем Поволжье;
- оценить влияние хитозана на рост мицелия и жизнеспособность спор фузариоза и фомоза, и на рост мицелия ризоктониоза (*in vitro*);
- определить влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных грибами, и на защитные ферменты (*in vivo*) картофеля;
- установить фунгицидную активность масел кумина и лаванды, и их защитное действие против болезней клубней при хранении;
- определить эффективность обработки картофеля хитозаном в сочетании с хлоридом кальция, в сравнении с синтетическим протравителем Максим, КС против инфекции клубней (ризоктониоз, сухая фузариозная гниль и фомоз);
- рассчитать показатели экономической эффективности возделывания картофеля в зависимости от приемов защиты клубней от патогенов.

Научная новизна исследований. Впервые определена эффективность совместного применения хлорида кальция с хитозаном (в качестве индукторов иммунитета) при предпосадочной обработке клубней и опрыскивании растений в защите картофеля от болезней клубней при вегетации и в период хранения.

Установлено, что совместное применение хлорида кальция с хитозаном существенно увеличивает рост растений картофеля, повышает товарную урожайность, снижает степень поражения болезнями клубней.

Определена эффективность использования хитозана против фомоза картофеля при хранении, и применения эфирных масел (кумина и лаванды) для защиты клубней от сухой фузариозной гнили и фомоза в период хранения.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.

Выявлены основные виды возбудителей грибных болезней клубней картофеля в Нижнем Поволжье и установлены особенности влияния хлорида кальция, хитозана и эфирных масел (кумина и лаванды) на развитие патогенов в полевых условиях и при хранении, а также на рост, развитие и продукционный процесс картофеля.

Результаты исследований показали высокую эффективность предпосадочной обработки клубней хлоридом кальция (CaCl_2) в сочетании с хитозаном (CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т), и двукратное опрыскивание растений (CaCl_2 4 кг/га + хитозан 0,4 кг/га, с интервалом 7 дней) против инфекции клубней (ризоктониоз, сухая фузариозная гниль, и фомоз). При этом заметно увеличивалась товарная урожайность. Уровень рентабельности возделывания картофеля при использовании хлорида кальция с хитозаном против болезней составил 90,0-93,2% у сорта Невский, а при использовании фунгицида Максим – только 78,3-81,4%.

Теоретически обоснована и экспериментально доказана эффективность обработок при хранении клубней картофеля хитозаном, эфирными маслами (кумина и лаванды) против сухой фузариозной гнили и фомоза. Показана необходимость использования хитозана 0,05 кг/т, и масла кумина и лаванды 0,04 л/т.

Объект и предмет исследования. Объекты исследований: сорта картофеля - Ароза, Невский, Колобок, Санте, Романо; возбудители болезней - ризоктониоз, сухая фузариозная гниль, фомоз. Предметом исследований являлось изучение видового состава возбудителей болезней клубней картофеля и совершенствование приемов борьбы с ними на основе применения хлорида кальция и хитозана, и их комбинаций в сравнении с рекомендованными фунгицидами, а также использование хитозана и эфирных масел против болезней клубней при хранении 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 и полевые исследования, графическое и табличное отображение полученных результатов.

Степень достоверности подтверждается многолетним периодом проведения исследований с использованием современных методик закладки и проведения полевых и лабораторных опытов, статистической обработкой полученных экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

- видовой состав возбудителей грибных болезней клубней картофеля в Нижнем Поволжье;
- особенности влияния хитозана на рост мицелия и жизнеспособность спор изучаемых патогенов, и защитного действия против болезней клубней при хранении;
- эффективность применения эфирных масел против инфекций клубней при хранении;
- характер влияния совместного применения хлорида кальция с хитозаном на поражаемость клубней картофеля болезнями в полевых условиях;
- урожайность картофеля в зависимости от сортовых особенностей и применяемых защитных мероприятий;
- показатели экономической эффективности рекомендуемых приемов защиты картофеля от болезней клубней.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на международных научно-практических конференциях «Вавиловские чтения» (Саратов, 2017, 2019), «Устойчивое развитие мирового сельского хозяйства», посвященной 80-летию профессора Прохорова А.А. (Саратов, 2017).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, и 2 статьи опубликованы в журнале, входящем в международные базы данных SCOPUS.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 214 страницах стандартного компьютерного текста, иллюстрирована 30 рисунками, 26 таблицами, включает в себя 21 приложение на 76 страницах. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, предложений производству. Список

использованной литературы состоит из 216 источников, в том числе 169 иностранных.

Личный вклад автора. Автор непосредственно принимал участие в полевых исследованиях. Лично автором 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 клубней картофеля

1.1.1. Ризоктониоз клубней картофеля

Со времени первого упоминания рода *Rhizoctonia* в 1815 году Де Кандолем к этой группе было отнесено множество видов, главным образом по вегетативным признакам (Garcia et al., 2006). Род *Rhizoctonia* представляет собой гетерогенную группу нитевидных грибов, которые не производят бесполовых спор и в основном связаны с корнями растений. Эта группа очень разнообразна, она включает в себя патогены, сапрофиты и микоризные грибы на орхидных растениях и встречается во всем мире как на культивируемых, так и на некультурных почвах (Ogoshi, 1996; Garcia et al., 2006).

Первоначально классификация видов *Rhizoctonia* основывалась на фактуре склероции и ассоциации мицелия с корнями растений (Parmeter and Whitney, 1970). Специфичность классификационных признаков была распространена Ogoshi (1996) на следующие характеристики: ветвление вблизи дистальной перегородки молодых вегетативных гифальных клеток, образование перегородки вблизи точки зарождения в ветви, построение ветви, долипоровая перегородка, отсутствие зажимных соединений, отсутствие конидий и отсутствие ризоморфа. Патогенность, морфология и окраска были дополнительно использованы для классификации различных видов Ризоктоний (Garcia et al., 2006). Согласно Ogoshi (1996), изоляты Ризоктонии можно разделить на следующие три различные группы. Первая группа состоит из многоядерных грибов, таких как *Rhizoctonia oryzae* и *Rhizoctonia zeae* и биологической группы *Waitea* Warcup и Talbot. Двухядерные Ризоктониоза, которые относятся к телеоморфной форме *Ceratobasidium* Rogers, образуют вторую группу. *Rhizoctonia solani* входят в третью группу видов телеоморфной формы *Thanatephorus* Donk.

Rhizoctonia solani Kühn (teleomorph, *Thanatephorus cucumeris*) – многоядерный грибной патоген рода *Basidiomycota* с широким спектром хозяев. Этот некротрофный грибок заражает многие важные сельскохозяйственные культуры (Woodhall et al., 2007). Он представляет собой большой видовой комплекс со многими внутривидовыми группами, которые могут значительно различаться по патогенности, склеротической морфологии, культурному облику на средах и физиологии (Ogoshi, 1996). В более ранних исследованиях эти группы были организованы либо на основе особенностей патогенности, склеротической морфологии, культурального облика и физиологии, либо на основе реакций гифального анастомоза на культуральные среды. Существует четыре возможных типа реакции гифального анастомоза (C0-C3). На стадиях C0 и C1 между изолятами, предположительно принадлежащими к различным группам анастомозов (AG), не наблюдается никакого взаимодействия или почти никакого гифального слияния. Однако C2 и C3 описывают реакции изолятов, принадлежащих к одному и тому же AG. Соматическая несовместимость генетически различных изолятов в пределах AG приводит к реакции убийства, также известной как C2. Напротив, C3 описывает случай совершенного слияния изолятов, которые генетически идентичны или тесно связаны (Cubeta and Vilgalys, 1997). Поскольку на гифальные взаимодействия влияют различные факторы, такие как лабораторные и питательные условия, а также генетическая нестабильность, интерпретация анастомоза затруднена и не всегда воспроизводима (Cubeta and Vilgalys, 1997; Шалдяева и др., 2006). Однако использование молекулярных инструментов для различения AG и подгрупп внутри AG является менее трудоемким процессом и имеет ряд преимуществ по сравнению с ранее описанными методами (Okubara et al., 2008; Woodhall et al., 2007). Большинство изолятов, которые заражают растения картофеля, относятся к AG3 и достигают 95 % (Шалдяева и др., 2006).

Болезни ризоктониоза на картофеле. Болезни ризоктониоза на картофеле встречаются во всех регионах выращивания картофеля. Заражение картофеля патогеном *R. solani* может привести к тяжелым симптомам заболевания на различных подземных частях растений (Ceresini et al., 2002; Lehtonen et al., 2009; Салма-

нов, 2010). Вскоре после посадки на появляющихся побегах появляется некроз, также называемый язвой стебля, что приводит к задержке появления растений, а также к уменьшению количества стеблей и нарушению потока питательных веществ (Djéballi and Belhassen, 2010). Кроме того, гриб колонизирует столоны, которые могут в значительной степени нарушить рост растения (Banville, 1989). Наиболее очевидный симптом болезни Ризоктонии проявляется в конце сезона в виде черного налета на клубнях, когда созревающие клубни картофеля покрываются склерозией (Васильева, 2001; Woodhall et al., 2007; Atkinson et al., 2011). Другими возможными качественными дефектами на потомстве картофеля являются пороки развития или образование клубней неоднородного размера (Hide and Horrocks, 1994). Бордукова (1967) выделяет 4 вида поражения: псевдосклерозии (черные коростинки), разрозненно расположенные по поверхности клубня; тонкая черная склероциальная сетка, покрывающая часть или всю поверхность клубня; малые углубления, возникающие в виде чечевичек; промокшие язвы, сформировавшиеся на поверхности клубня.

Инфекция может исходить из клубневого и почвенного инокулята (Мухин, 2000). Carling et al. (1989) наблюдали значительное снижение урожайности клубней, задержку появления всходов растений и высокую частоту развития язвы стебля, вызванной прививкой клубней. Кроме того, клубневидный инокулят представляет собой источник распространения возбудителя на большие расстояния в новые зоны роста через семенные клубни (Кузнецова, 2005; Tsror and Peretz-Alon, 2005). Снижение урожайности и появление деформированных клубней также вызвано почвенным инокулятом. Tsror и Peretz-Alon (2005) описали явление, при котором сочетание клубневого и почвенного инокулята увеличивало тяжесть симптомов заболевания. Снижение товарной урожайности клубней из-за инфекции может составлять 21–34 % (Banville, 1989). Несколько исследований подтверждают, что AG3PT является основной подгруппой *R. solani*, заражающей картофель во всем мире и ответственной за симптомы стволовой язвы и черной парши (Пилипова и др. 2004). *Rhizoctonia solani* AG3PT обладает самой высокой способно-

стью образовывать склероции (Woodhall et al., 2007; Lehtonen et al., 2009) и, по видимому, специфичен для картофеля.

Температура и влажность почвы считаются основными факторами, влияющим на развитие ризоктониоза. Зейрука (1991) и Васильева (2001) отмечали, что температура почвы от 9 до 27 °С является идеальной для проявления патогенных свойств гриба, а при 15-21 °С и высокой влажности почвы отмечена наибольшая вредоносность возбудителя. При температуре от 20 до 28 °С была отмечена максимальная интенсивность роста гриба, а увеличение температуры на 4 °С уменьшало интенсивность роста (Шалдяева и др., 2006).

Распространенность ризоктониоза. В России развитие ризоктониоза отмечено в многих областях, например, Московской, Новгородской, Пензенской Самарской, а также на Средней Волге (Пилипова и др., 2004; Иванюк, 2005; Лысенко, 2006; Салманов, 2010; Рубцов, 2019). В Самарской области увеличение распространенности ризоктониоза достигает от 7,5 до 80 % (Кинчарова, 2007), а в период уборки урожая от 3 до 55 % (Салманов, 2010).

1.1.2. Сухие гнили

Основными патогенами сухой гнили считаются грибы фузариоза (*Fusarium* spp.), фомоза (*Phoma exigua* spp.) и альтернариоза (*Alternaria* spp.) (Макеева, 2004; Малюга, 2007, 2010; Ильященко, 2010).

Сухая фузариозная гниль. Сухая гниль, по мнению исследователей, является послеуборочным грибковым заболеванием, поражающим клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в значительной степени. Потери урожая, связанные с болезнью при хранении, составляют от 6 до 25 %, причем в некоторых случаях поражается до 60 % клубней (Stevenson et al., 2001). Заболевание, вызванное в основном несколькими видами фузариоза *F. solani* (Mart.) Sacc. var. *coeruleum* (Lib. ex Sacc.) C. Booth (syn. *F. coeruleum* (Libert) Sacc.) (teleomorph: *Nectria haematococca* Berk. & Broome), *F. sambucinum* Fuckel (syns. *F. sulphureum* Schlechtend., *F. roseum* var. *sambucinum* (Fuckel) SN. & H.) (teleomorph: *Gibberella pulicaris* (Fr.:Fr)

Sacc.), *F. oxysporum* Schlechtend.:Fr., *F. avenaceum* (Fr.:Fr.) Sacc. (teleomorph: *Gibberella avenacea* R.J. Cook), and *F. culmorum* (Wm. G. Smith) Sacc.; *F. solani* var. *coeruleum* and *F. sambucinum* (Cullen et al., 2005; Peters et al., 2008a), выражается в форме больших впалых концентрических колец; при этом полости под сгнившей областью обычно выстланы фузариозным мицелием и спорами различных цветов (Stevenson et al., 2001). Воловик (1973) отмечает, что видовой состав патогенов сухой гнили зависит от почвенно-климатических условий и срока хранения картофеля.

Патогены обычно быстро растут на картофельно-декстрозном агаре (КДА). *F. solani* var. *coeruleum* производит плотный, белый мицелий, который может с возрастом развить синюю, сине-зеленую или фиолетовую пигментацию. Он образует макроконидии, микроконидии и хламидоспоры в культуре. *F. sambucinum* может производить плотный воздушный мицелий при выращивании на КДА. При наличии воздушного мицелия он может быть белым, коричневым, розовым или красновато-коричневым. Микроконидии обычно отсутствуют в культуре, в то время как хламидоспоры и макроконидии присутствуют.

Начальные симптомы фузариозной сухой гнили появляются на клубнях в местах ран в виде неглубоких мелких коричневых очагов примерно через месяц хранения. Очаги поражения увеличиваются во всех направлениях, перидерма в итоге пропадает и может сморщиваться концентрическими кольцами по мере высыхания мертвой ткани, лежащей под ней (Воловик и др., 1987; Stevenson et al., 2001). Полости под сгнившим участком обычно выстланы мицелием фузариоза и спорами различных цветов. Полностью сгнившие клубни сморщиваются и мумифицируются. Очаги сухой гнили могут быть поражены бактериальными патогенами, вызывающими мягкий гниlostный распад, особенно когда клубни влажные или находятся в условиях хранения с высокой относительной влажностью (Бордукова, 1967; Stevenson et al., 2001).

Сухая гниль – это одновременно болезнь, переносимая почвой и семенными клубнями (Leach, 1985; Cullen et al., 2005). Почвы, зараженные *Fusarium* spp., в

течение многих лет являться грибковыми размножителями и источником инокулята (Burgess, 1981; Leach, 1985; Peters et al., 2008b).

Семенной клубень исследователи рассматривают как основной источник инокулята (Cullen et al., 2005). Посадка зараженных семенных клубней приводит к заражению почвы вокруг потомственных клубней. Такая почва, прилипшая к поверхности клубней и оборудования, в конечном итоге заражает клубни через раны, вызванные механизированной уборкой и обработкой. Наиболее быстро сухая гниль будет развиваться во время хранения клубней при высокой влажности и температуре 15–20 °С, но может распространяться даже при самых низких температурах, используемых для хранения картофеля (Stevenson et al., 2001).

Фомоз. Род *Phoma* географически широко распространен и состоит из большой группы грибов, которые встречаются во многих экологических местах. Было показано, что Фомоз, кроме нескольких безвредных сапробных видов, является важным грибковым растением патогенного рода, встречающимся на распространенных культурах. Родовое название *Phoma*, в первую очередь, было зарезервировано исключительно для патогенов стебля растений (Saccardo, 1880), но в настоящее время род включает патогены, оппортунисты, а также сапробы из гораздо более широкого спектра субстратов. Фомоз картофеля имеет много названий, таких как язва, гангрена, гниль петлицы, карманная гниль, сухая фомозная гниль и фомозная гниль клубней.

Согласно Larwood and Hide (1971) *Phoma exigua* var. *foveata* является основной причиной возникновения гангрены. O'Brien and Rich (1976) причислили *Phoma exigua* Desm. var. *foveata* (Foister) Voerema к причинным агентам и дали другие термины в качестве синонимов. Гриб относится к несовершенным грибам. Фомоз производит коричневый септатный разветвленный мицелий. Пикнидии черные, погруженные в эрупмент, рассеянные и достигающие 160 мкм в диаметре. Пикнидиоспоры бесцветные одноклеточные размером 3,7–6 × 1,8–3,7 мкм.

В России первое сообщение о фомозе на стеблях картофеля было сделано в 1937 г., в 1957 г. пораженные фомозом клубни были выявлены на Дальнем Востоке, а в 1959 г. в Читинской области (Воловик, 1973). Распространение заболевания

в Московской области констатировала Луткова (1982), в Самарской области – Макеева (2004) и Кинчарова (2007).

Гангрена может поражать клубни и стебли. Ряд авторов отмечает две формы проявления болезни на клубнях: язвенную и некрозную (Попкова и др., 1980; Букреев, 1986). Малюга (2007) описывает, помимо язвенной, некрозную, столонную, глазковую и столонную формы заболевания.

Симптомы заболевания не проявляются во время сбора урожая, но развиваются на клубнях во время хранения. Мелкие темные впалые очаги, напоминающие следы большого пальца, развиваются на поверхности клубней и обычно связаны с ранами. Они могут варьироваться от 6 до 50 мм и имеют четко очерченные края. Кожица над впалым поражением часто рвется, придавая ему вид рваной петлицы, с чем связано происхождение термина «пуговица гнилая». На ранних стадиях поражения имеют вид светло-коричневой водянистой гнили, переходящей в пурпурную или черную гниль с розовыми крапинками, что позволяет путать его с фузариозной гнилью. Полости развиваются по мере высыхания тканей. Черные пикниды развиваются как внутри, так и на поверхности зараженных клубней (Воловик и др., 1987).

В период цветения признаки поражения обнаруживаются на стеблях картофеля. Заболевание проявляется в форме туманных удлиненных пятен, на которых в последующем образуются многочисленные мелкие светло- и темно-коричневые пикниды. Число пораженных фомозом стеблей постоянно увеличивается в связи с распространением инфекции от ранее пораженных растений. В период вегетации инфекция распространяется пикноспорами, формирующимися в пикнидах.

Фомоз может распространяться зараженным семенным картофелем и является, в первую очередь, заболеванием клубней картофеля, активно развивающимся при хранении. Травмы клубней располагают к заражению. Факторы, способствующие заживлению ран, такие как умеренная температура и относительно высокая влажность воздуха в течение нескольких дней после сбора урожая ускоряют заживление ран и снижают распространенность и тяжесть заболевания. По-видимому, гриб может жить в почве в течение нескольких лет. Foister (1952) счи-

тает, что болезнь вездесуща. Она наносит наибольший ущерб, когда клубни хранятся при низкой температуре или перевозятся в холодных условиях. Заражение происходит до сбора урожая или во время хранения, чему способствует зараженная почва, прилипшая к клубням. Высокая влажность почвы и отсутствие ней элементов, необходимых для полноценного развития растений, благоприятствуют распространению болезни.

Возбудители (*Fusarium* и *Phoma*) при совместном инфицировании существенно изменяют характер развития гнилей. Гриб *Phoma* в состоянии самостоятельно проникнуть через неповрежденные покровные ткани, кроме того, может поражать клубни, поврежденные и пораженные другими гнилями. Заражая клубни в основном в период вегетации и уборки, он создает предпосылки для быстрого развития сухих фузариозных гнилей, при этом также способствует развитию фомозной гнили. В связи с тем что гриб *Phoma* является медленно растущим, фомозные язвы часто заселяются более агрессивными и быстрорастущими грибами рода *Fusarium* (Шкаликов и др., 2001; Малюга, 2002).

Вредоносность сухих гнилей заключается не только в гибели клубней при хранении, но и в том, что пораженные клубни, высаженные в почву, становятся причиной значительного выпада растений (Воловик, 1973). Вероятно, что фомозная сухая гниль имеет более широкое распространение, но ее часто относят к сухой фузариозной гнили. Фомозная сухая гниль может наносить значительный ущерб. Так в совхозе «Таежный» Красноярского края в 1965/1966 гг. 80 % семенных клубней погибло в результате поражения картофеля фомозом.

Салманов (2010) сообщил о том, что распространенность сухих гнилей рода *Phoma* в Самарской области в период уборки составила 2–3 %.

1.2. Защитные мероприятия от болезней клубней картофеля

На возникновение болезней влияют многие факторы, включая абиотические и биотические факторы, а также культурные практики (Fiers et al., 2012). Вследствие постоянно роста населения производство продуктов питания необходимо

увеличить. Важным фактором в росте количества произведенной продукции является сокращение потерь от болезней при ее выращивании и хранении.

Одним из наиболее распространенных экологически безопасных методов защиты культурных растений против вредных воздействий патогенов является создание болезнеустойчивых сортов с высоким биологическим потенциалом урожайности. Однако патогенные микроорганизмы преодолевают созданные им препятствия и у них возникают гены вирулентности к генам устойчивости гораздо быстрее, чем создаются новые высокоустойчивые сорта растений, к тому же новые расы патогенных микроорганизмов становятся более агрессивными в сравнении со старыми, поэтому работы в этом направлении активно продолжаются (Дмитриев, 2005; Мельничук, 2011).

В борьбе с болезнями картофеля часто применяются химические вещества. Однако из-за обострившихся экологических проблем и растущего проявления резистентности среди патогенов использование химических веществ должно быть сокращено. Традиционные стратегии контроля включают такие культурные практики, как адаптированные системы севооборота, научно подобранные системы орошения и внесения удобрений, а также оптимизированные условия хранения (Fiers et al., 2012). Альтернативным подходом к борьбе с вредителями является использование средств биологического контроля. Известно, что корни картофеля, столоны и клубни являются хозяевами важного микробного сообщества, которое представляет собой ценный источник полезных микроорганизмов. Положительные реакции, возникающие из данного синергетизма, могут быть вызваны, в частности, питательной и пространственной конкуренцией, микопаразитизмом или индуцированной системной резистентностью (ИСП). Например, непатогенный *Streptomyces* spp., который был выделен из паршевых поражений клубней картофеля, снижал вероятность тяжелого заболевания, вызванного патогенными *Streptomyces turgidiscabies* в тепличных условиях (Hiltunen et al., 2009).

В ходе экспериментов на культурах *in vitro* штаммы бацилл ингибировали рост AG2, AG4, AG5 и AG7, при этом специфический антагонизм у тестируемых штаммов бацилл, обнаруживаемый против AG3, отсутствовал (Virgen-Calleros et

al., 2000). Не наблюдали авторы и ни одного заболевания, снижающего действие какого-либо из испытанных штаммов *Bacillus*. Напротив, *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42, входящий в состав коммерчески доступного биологического почвенного кондиционера RhizoVital® 42, значительно уменьшил данную гниль на салате, вызванную *R. solani* AG1-IB (Chowdhury et al., 2013).

Применение *Pythium oligandrum* на семенных клубнях также значительно уменьшило симптомы заболевания на столонах, вызванного *R. solani* AG3PT в полевых условиях (Ikeda et al., 2012). Кроме того, изоляты *Trichoderma virens*, *Trichoderma atroviride* и *Trichoderma barbatum* способствовали росту растений картофеля и одновременно уменьшали симптомы заболевания на стеблях картофеля и столонах, инокулированных *R. solani* (Hicks et al., 2014). Wilson et al. (2008) описали снижение заболевания черной паршой из-за комбинированного применения флутоланила и *Trichoderma harzianum* в полевых условиях. Однако положительный эффект варьиров в разных экспериментах, а общий товарный выход клубней был ниже по сравнению с неинокулированным контролем.

Ряд авторов считает, что *Burkholderia cepacia* обладает высоким потенциалом в качестве биоконтрольного агента против *F. oxysporum* и *F. culmorum* в условиях хранения (Ресер et al., 2009). El-Kot (2008) установил, что *Trichoderma harzianum* Rifai, *Epicoccum Link* ex Steudel sp., *Streptomyces endus* Anderson & Gottlieb были перспективными биоагентами для борьбы с сухой гнилью картофеля, вызванной *F. sambucinum*.

Борьба с патогенами предусматривает оптимальный севооборот с растениями, не являющимися их хозяевами. Например, сидераты культур *Brassica*, используемых в севообороте, способствовали снижению заболеваемости почвенными болезнями, в том числе *R. solani* (Larkin et al., 2007). Bains et al. (2002) установили, что *Beta vulgaris*, *Brassica campestris*, *Hordeum vulgare* и *Pisum sativum* не были заражены пятью испытанными изолятами *R. solani* и поэтому пригодны для севооборота с картофелем. Вследствие того, что *R. solani* AG3 был выделен из корней различных растений (Bains et al., 2002), выбор соответствующих культур и стратегий борьбы с сорняками требуют особого внимания.

Имеющиеся в настоящее время стратегии борьбы не позволяют эффективно бороться с болезнями, вызванными грибом *R. solani* на картофеле. Еще одним аспектом обозначенной проблемы является образование полностью меланизированных склероций, которые сохраняются в различных условиях окружающей среды в течение длительного времени, способствуя накоплению почвенного инокулята (Ritchie et al., 2013). Широкое распространение данного заболевания и отсутствие эффективных стратегий борьбы с ним делают необходимым создания новых механизмов контроля над распространением заболевания.

1.3. Механизм действия и защитные свойства хитозана

Хитозан является природным безопасным и дешевым биополимером, полученным из хитина, основного компонента экзоскелета членистоногих и клеточных стенок грибов, а также второго возобновляемого источника углерода после лигноцеллюлозной биомассы (Kurita, 2006).

Конструкция хитозана представляет собой β -(1,4) N-ацетилглюкозаминовый полимер, собираемый из хитина (рисунок 1), (Hadwiger, 2013). Таким образом, хитозан является гетерополимером, состоящим из остатков N-ацетилглюкозамина и глюкозамина. Относительное количество глюкозаминных остатков в молекуле полимера определяет его степень деацетилирования (СД), а доля N-ацетилглюкозаминных остатков его степень ацетилирования (СА).

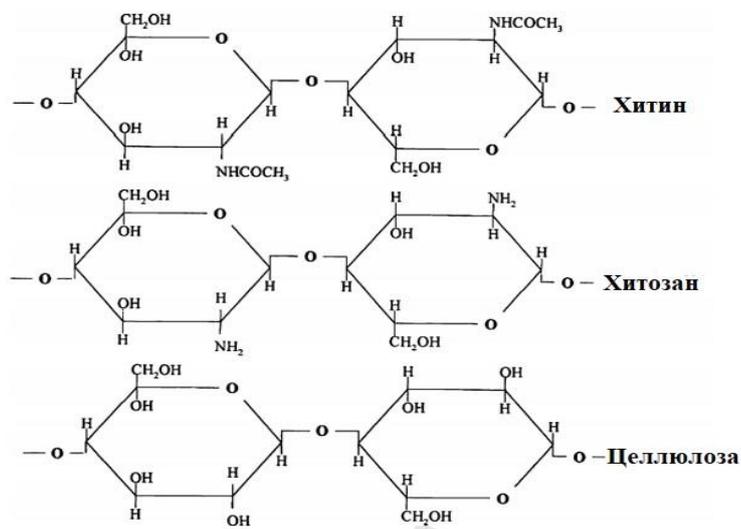


Рисунок 1 – Структурные формулы хитина, хитозана и целлюлозы
(Hadwiger, 2013)

В присутствии кислот свободные аминогруппы хитозана акцептируют протоны, приобретая положительный заряд, и хитозан образует водорастворимые соли аналогично другим аминам. При этом в первую очередь от степени протонирования его свободных аминогрупп зависит растворимость хитозанового полимера. В среднем, хитозан хорошо растворяется, когда протонирована по крайней мере половина его свободных аминогрупп, то есть когда рН раствора соответствует значению рК полимера. Для образцов хитозана с молекулярной массой 10–100 кДа и СД 80–90 % величина рК лежит в районе 6,2–6,5 (рК ГА равно 8,1). С увеличением молекулярной массы и СА хитозана значение рК снижается.

Хитозан вызывает многочисленные биологические реакции у растений, зависящие от его структуры и концентрации, а также от вида и стадии развития растения. После первого сообщения о вызывающем действии хитозана на растения гороха и томатов (Walker-Simmons et al., 1983) было показано, что хитозан усиливает защитные реакции организма на абиотические и биотические стрессы. Начальный окислительный всплеск с накоплением перекиси водорода (H_2O_2) наблюдался в различных растениях, обработанных хитозаном (Iriti and Varoni, 2015), а также в культурах растительных клеток (Malerba et al., 2011). Считается, что это может привести к индукции ферментов защиты растений и к синтезу вторичных метаболитов, таких как полифенолы, лигнин, флавоноиды и фитоалексины, наблюдаемые у многих видов растений, обработанных хитозаном.

Другие биохимические и молекулярные изменения, наблюдаемые в растениях, питающихся хитозаном, включают аппозицию каллозы (Faoro and Iriti, 2007), увеличение цитозольного Ca^{2+} (Zuppini et al., 2003), активацию MAP-киназ (Yin et al., 2010), ингибирование H^+ -АТФазы плазматической мембраны, изменения хроматина (Hadwiger, 2008; Iriti and Faoro, 2009), синтез алкалоидов (Orlita et al., 2008) и фиторегуляторов (жасмоновой кислоты и абсцизовой кислоты) (Doares et al., 1995; Iriti and Faoro, 2008).

Механизм действия хитозана на растение и патогены в настоящее время изучен недостаточно. К различным механизмам его антимикробного действия относятся:

1. Взаимодействие с фосфолипидами плазматической мембраны и гистоновыми белками, приводящее к нарушению мембраны бактериальной клетки с утечкой внутриклеточных веществ (Liang et al., 2014);
2. Взаимодействие с отрицательно заряженными компонентами клеточной поверхности, приводящее к ингибированию активности H^+ -АТФазы и хемиосмотически обусловленному транспорту (García-Rincóna et al., 2010);
3. Взаимодействие с компонентами микробной клеточной стенки, приводящее к нарушению целостности клеточной стенки и изменению внутриклеточной ультраструктуры (Geisberger et al., 2013);
4. Хелатирование микроэлементов, приводящее к ингибированию продукции токсинов и росту микробов (Reddy et al., 1998);
5. Взаимодействие с заряженными фосфатными группами ДНК/РНК, приводящее к ингибированию синтеза мРНК и белков (Liu et al., 2001);
6. Осаждение на бактериальной поверхности (высокомолекулярный хитозан), приводящее к закупорке потока питательных веществ (Vishu et al., 2005).

Для индукции защитных реакций у растений хитозан может непосредственно влиять на экспрессию генов, взаимодействуя с хроматином (Hadwiger, 2015), и/или связываться со специфическими рецепторами. Хитозан-связывающий белок, принадлежащий к семейству гликопротеиновых лектинов, он был выделен из листьев *Brassica campestris* (Chen and Xu, 2005). Кроме того, хитозан может индуцировать рецепторный ген киназы (Petutschnig et al., 2010).

Индукционная активность хитозана против грибных болезней. В груше хитозан может полностью предотвратить прорастание спор и рост грибов *Alternaria kikuchiana* и *Physalospora piricola* (Meng et al., 2010). Хитозан подавлял рост *Botrytis cinerea* в жидкой культуре и болезнь серой плесени, вызванную грибом на отслоившихся листьях виноградной лозы и гнилью в гроздях винного винограда (Reglinski et al., 2010). В рисе (*Oryza sativa*) хитозан проявлял выраженную проти-

вогрибковую активность против *Rhizoctonia solani*, возбудителя фитофтороза рисовой оболочки (Liu et al., 2012). Хитозан в сочетании с гвоздичным маслом или эндоспорами *Bacillus subtilis* защищал зрелые плоды мандарина от *Penicillium digitatum*, возбудителя зеленой плесени цитрусовых (Shao et al., 2015).

После распознавания молекулы хитозана специфическим клеточным рецептором, второй мессенджер(ы) должен трансдуцировать сигнал, чтобы вызвать физиологические реакции. В ряде работ сообщается об участии таких молекул, как активные формы кислорода (АФК), Ca^{2+} , оксид азота (NO), фитогормоны, в опосредованном хитозаном сигнальном пути. АФК, в частности H_2O_2 , регулирует ряд реакций, индуцируемых хитозаном у многих видов растений (Złotek et al., 2014; Singh, 2016).

Ca^{2+} регулирует активность каллозинтазы в ответ на выделение хитозана как у однодольных, так и у двудольных видов (Faoro et al., 2007). Возможная сигнальная роль NO была исследована у проростков перламутрового проса, где степень защиты хитозаном от патогенов снижалась при обработке ингибитором NO-синтазы (Hadwiger, 2013); что касается фитогормонов, то хитозан индуцировал быстрое накопление жасмоновой кислоты в рисе и *Phaseolus vulgaris* (Iriti and Faoro, 2009).

В качестве экзогенного элиситора хитозан может индуцировать резистентность организма хозяина, повышая активность ряда элементов, связанных с защитой ферментов, таких как фенилаланин аммиак-лиаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, каталаза и супероксиддисмутаза.

Фенилаланин аммиак-лиаза – фермент, который катализирует биотрансформацию L-фенилаланина в аммиак и транс-коричную кислоту (MacDonald and D’Cunha, 2007). Фенилаланиновая аммиак-лиаза как ключевой фермент фенилпропаноидного пути индуцируется в тканях хозяина после заражения патогенами растительных тканей и абиотическими препаратами-элисителями, такими как хитозан (Khan et al., 2003). Активность фенилаланиновой аммиак-лиазы в кожуре ягод столового винограда, опрысканных 1%-м хитозаном, была в 2 раза выше, чем в необработанном контроле. Как предуборочные, так и послеуборочные

обработки хитозаном значительно снижали заболеваемость серой плесенью и были эффективны для борьбы с гниением столового винограда (Romanazzi et al., 2002). Сообщалось также, что аналогичная индуцированная активность фенилаланиновая аммиак-лиаза повышается в ответ на действие эликсира с хитозаном в рисе и пшенице (Li et al., 2013a).

Пероксидаза широко распространена в высших растениях и способствует окислению фенольных и эндиольных косубстратов, образуя перекись водорода. Обработка хитозаном значительно увеличила активность пероксидазы в мякоти вокруг раны плода груши (Meng et al., 2010). При этом экспрессия гена пероксидазы в обработанных хитозаном плодах сохранялась относительно выше, чем в контрольных плодах (Ma et al., 2013).

Полифенолоксидаза, катализирующая фенольные вещества для синтеза лигнина, широко распространена среди покрытосеменных растений и, как предполагается, участвует в защите растений, способствуя образованию лигнина, который укрепляет структуры клеточной стенки, предотвращая проникновение патогена (Li and Zhu, 2013). Хитозан значительно увеличил активность полифенолоксидазы в проростках риса после инокуляции двух патогенов риса (Li et al., 2013a).

Возрастающий спрос на продовольствие, связанный с высокими темпами роста населения, стимулирует теоретический и практический интерес к агрономически открытиям, цель которых значительное повышение продуктивности растений. Однако это имело следствием постоянного широкого использования химических удобрений и пестицидов. Для того чтобы остановить эту пагубную тенденцию, многие исследователи обратили пристальное внимание на проблему сельскохозяйственного применения препаратов на основе хитозана, которые в ряде случаев повышали продуктивность растений.

Так, хитозан (250–500 ppm), благодаря двум обработкам с интервалом 7 дней от предцветущей до постцветущей стадии, способствовал увеличению продуктивности плодов растений клубники сорта Фестиваль на 56 % по сравнению с необработанными ягодами (Mutka et al., 2017). Хитозан высокой (124 кДа) и низ-

кой (66,4 кДа) молекулярной массы, полученный авторами (с основным деацелированием хитина и степенью ацетилирования 13,7 и 15,2 % соответственно), а также гидролизованное производное хитозана (13,2 кДа), примененные на 31, 45 и 59-е сутки после посадки, привели к значительному увеличению клубней у двух различных сортов картофеля (Falcón-Rodríguez et al., 2017). Внекорневое внесение 0,5%-го хитозана (с интервалом 7 дней, начиная с двух недель после пересадки) увеличили массу и диаметр плодов, а также урожайность болгарского перца *Capsicum annuum* (Mahmood et al., 2017).

Интересные результаты были получены при использовании хитозана для защиты растений от абиотических стрессов. Хитозан (1 мг/мл), добавленный за 2 дня до экспозиции растений к дегидратационному стрессу, повысил засухоустойчивость клевера белого *Trifolium repens* за счет усиления накопления стресс-защитных метаболитов (Li et al., 2017). Опрыскивание хитозаном (200–400 мкл/л) трижды: непосредственно перед стадией цветения, при 50%-ом цветении и при полном цветении значительно снизил негативное влияние засухи на выход сухого вещества и масла *Thymus daenensis* (Bistgani et al., 2017).

1.4. Механизм действия и защитные свойства кальция

Кальций (Ca) является одним из трех вторичных питательных веществ, наряду с магнием (Mg) и серой (S), которые необходимы растениям для здорового роста. Кальций играет важную роль в жизни растений: участвует в обменных процессах поглощения других питательных веществ; способствует правильному удлинению растительных клеток; укрепляет структуру клеточной стенки. Кальций является неотъемлемой частью клеточной стенки растения; образует соединения бектата кальция, которые придают устойчивость клеточным стенкам и связывают клетки вместе; он участвует в ферментативных и гормональных процессах, способствует защите растения от теплового стресса, улучшая функцию устьиц и участвуя в индукции белков теплового шока; защищает растения от болезней; улучшает качество плодов; играет положительную роль в регуляции работы

устьиц (Mengel and Kirkby, 2001).

По мнению Arvin et al. (2005), увеличение содержания кальция в растении повышает устойчивость растительных тканей к бактериальным фитопатогенам, а также усиливает структурные свойства клеточных стенок и мембран.

Кальций является одним из самых важных элементов в почве, а также важным фактором роста и развития растений, в том числе картофеля (Kleinhenz and Palta, 2002). Ozgen et al. (2003) считают, что содержание Са в почве может влиять как на количество клубней картофеля, так и на размер клубней, увеличивая содержание Са в почве, можно увеличить средний размер клубней и уменьшить их количество. Исследователи утверждают, что Са транспортируется в клубень вместе с водой через корни на столонах и клубнях, а применение Са может увеличить его концентрацию в клубне и уменьшить при хранении гниль и внутренние дефекты, такие как полая сердцевина, коричневый центр и внутреннее коричневое пятно (Hirschi, 2004).

Ozgen et al. (2006) установили, что применение растворимых источников Са (нитрата кальция и хлорида кальция) без гипса увеличивало концентрацию Са в клубне и уменьшало частоту появления внутреннего коричневого пятна. Modisane (2007) констатировал, что повышение уровня кальция с 44 (контроль) до 176, 352 и 704 мг/L сульфата кальция оказывает значительное влияние на рост и качество урожая картофеля.

Gunter and Palta (2008) считают, что в целом для производства картофеля применение Са рекомендуется только в том случае, если засеянная почва содержит обменного Са ниже 300 мг кг^{-1} . Palta (2010) эмперически доказала, что увеличение количества кальция в почве увеличивает его содержание в клубнях и уменьшает количество физиологических нарушений, таких как внутреннее коричневое пятно и «полное сердце», при этом кальций, содержащийся в клубнях, крайне важен для здоровья ростка и кожуры клубня.

Несомненно, что кальций влияет на устойчивость растений к болезням. Увеличение содержания кальция в различных органах растений считается эффективным методом повышения естественной устойчивости к болезням. Кальций

может применяться как до, так и после уборки урожая. Его внесение перед сбором урожая уменьшило потери при хранении, вызванные *Gloesporium* spp. в яблоках, а обработка яблок после сбора урожая привела к уменьшению поражения, вызванного *Penicillium expansum*. Необходимо заметить, что обработка фруктов и овощей непосредственно после сбора урожая дает больший эффект для повышения устойчивости культур к болезням.

Считается, что вызванная кальцием резистентность органов хранения к послеуборочным заболеваниям обусловлена взаимодействием между определенными компонентами клеточной стенки и ионами Са. Механизм резистентности, связанный с тканями с высоким содержанием Са, возможно, включает в себя снижение скорости мацерации клеточной стенки в результате повышения структурной целостности. Кроме того, Са ингибирует активность полигалактуроназы в низких концентрациях. Обработка кальцием увеличила содержание кальция как в целых ягодах винограда, так и в кожуре, что привело к уменьшению гнили, вызванной *Botrytis cinerea* в гроздьях.

1.5. Химический состав и защитные свойства эфирных масел

Термин «эфирное масло» был введен в научный оборот в XVI в. швейцарским реформатором медицины Парацельсом фон Хоэнхаймом. Растительные эфирные масла обычно представляют собой сложные смеси природных соединений как полярных, так и неполярных (Macwan et al., 2016). Хорошо известные своими антисептическими и лекарственными свойствами (анальгетические, седативные, противовоспалительные, спазмолитические, местные анестетики, антиканцерогенные) они используются при бальзамировании, а благодаря своей антимикробной и антиоксидантной активности – в качестве натуральных добавок в пищу и продукты питания (Burt et al., 2003; Tongnuanchan, 2014). Эфирные масла извлекаются из различных частей ароматического растения (листья, цветы, семена или кора, кожура плодов) с использованием различных технологий, включая дистилляцию воды или пара, экстракцию растворителем, экспрессию под давлением.

ем, сверхкритической флюидной экстракцией или докритической экстракцией (Wang et al., 2004).

Эфирные масла могут оказывать фунгицидное или фунгистатическое действие на патогенные микроорганизмы растений или они могут создавать условия, благоприятные для появления и увеличения количества антагонистических микроорганизмов на растениях-хозяевах (Scheuerell and Mahafee, 2002). Эфирные масла и их основные компоненты обладают широким спектром биологической активности, которая может иметь большое значение, главное преимущество эфирных масел заключается в том, что они признаны безопасными (Burt, 2004).

Они состоят из терпеноидов и нетерпеноидных летучих углеводов (Baser and Demirci, 2011). Основные составляющие их структуры – это углерод и водород, которые добавляются «функциональной группой». Функциональная группа представляет собой группу атомов, форма которых определяет характерные химические свойства молекулы. Существует шесть классов (функциональных групп) органических соединений. В алфавитном порядке перечисления – это альдегиды, кетоны, простые эфиры, сложные эфиры, спирты и фенолы.

Терпены – самый большой класс соединений, из встречающихся в эфирных маслах, они также называются изопреноидами (Baser and Demirci, 2011), т.к. состоят из молекул изопрена. Каждая его молекула (иногда называемая изопреновой единицей) содержит пять атомов углерода, один из которых связан двойной связью. Простейшими терпенами являются монотерпены, содержащие две молекулы изопрена. Сесквитерпены имеют три молекулы изопрена, а дитерпены – четыре (Buckle, 2015). Наиболее распространенными в природе являются такие монотерпены, как шампен, нерол, пинен, мирцен, лимонен и цитраль. К классу сесквитерпенов относятся кардинал и фарнезол, к дитерпенам – фитол и витамин А1.

Сесквитерпены благодаря своей структуре являются менее летучими, чем монотерпены. Они обладают сильным запахом, противовоспалительными и антибактериальными свойствами (Buckle, 2004). Существуют неоспоримые доказательства того, что они также обладают противогрибковой активностью (Jasicka-Misiak et al., 2004).

Терпены можно подразделить на ациклические или циклические группы, данная классификация связана с их структурой. Ациклические терпены линейны, как и монотерпен β -мирцен. Циклические терпены имеют кольцеобразную структуру, как монотерпен п-цимен. Моноциклические, бициклические и трициклические монотерпены, имеющие одно, два или три неароматических кольца, встречаются в эфирных маслах (Baser and Demirci, 2007).

К кислородсодержащим производным терпеновым углеводородам относятся спирты, альдегиды, кетоны и сложные эфиры. Данные соединения отвечают за характерные запахи и ароматы эфирных масел. Спирты или терпеновые спирты можно найти во многих эфирных маслах. В структуре они имеют гидроксильную группу, присоединенную к одному из их атомов углерода. Монотерпеновые спирты (монотерпенолы) считаются хорошими антисептиками, обладающими антибактериальными и противогрибковыми свойствами (Buckle, 2004). Примерами терпеновых спиртов являются линалоол в *Lavandula angustifolia*, гераниол в *Symbopogon martini* и терпинен-4-ол в *Melaleuca alternifolia*. Известно, что гераниол обладает противогрибковой активностью (Buckle, 2004).

Противомикробные свойства эфирного масла и взаимодействие компонентов эфирных масел были описаны в ряде зарубежных и отечественных исследованиях. В некоторых научных исследованиях указывается на то, что противомикробная активность эфирного масла тесно связана с его основными компонентами, а также с его способностью взаимодействовать с некоторыми второстепенными компонентами (Hussain et al., 2008). Зарубежные ученые указали на тот факт, что некоторые из этих соединений проявляли значительные противомикробные свойства при отдельном тестировании (Amorim et al., 2008).

Описано, что эфирные масла, содержащие альдегиды или фенолы, такие как коричный альдегид, цитраль, карвакрол, эвгенол или тимол в качестве основных компонентов продемонстрировали более высокую антибактериальную активность по сравнению с эфирными маслами, содержащими терпеновые спирты. Эфирные масла, содержащие кетоны или сложные эфиры, такие как β -мирцен, α -туйон или геранилацетат обладали более слабой активностью. Различные терпеноидные

компоненты эфирных масел могут взаимодействовать, снижая или повышая противомикробную эффективность (Giovannoni, 2001). Взаимодействие между соединениями эфирных масел может вызывать четыре вида эффекта: индифферентный, аддитивный, антагонистический или синергетический (Pei et al., 2009). Аддитивный эффект между компонентами эфирных масел наблюдается, когда совокупный эффект равен сумме отдельных. Антагонистические отношения наблюдаются, когда эффект одного или обоих соединений меньше при их совместном применении, чем при индивидуальном.

Синергизм наблюдается, когда эффект комбинированных веществ превышает сумму отдельных эффектов, в то время как отсутствие взаимодействия определяется как индифферентность (Burt, 2004). Некоторые исследователи пришли к выводу, что цельные эфирные масла обладают большей противобактериальной активностью, чем основные компоненты при пропорциональном смешивании (Jiang et al., 2011). Это свидетельствует о том, что второстепенные компоненты имеют решающее значение для активности и могут проявлять синергетический эффект. Например, было обнаружено, что два структурно сходных основных компонента эфирного масла орегано, карвакрол и тимол, дают дополнительный эффект при тестировании *S. aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* (Lambert et al., 2001). Ultee et al. (2000) указали на проявление синергизма между карвакролом и его биологическим предшественником п-цименом, направленном против вегетативных клеток *Bacillus cereus*. Можно предположить, что п-цимен набухает в мембранах бактериальных клеток в большей степени, чем карвакрол. Благодаря этому механизму п-цимен, вероятно, позволяет более легко транспортировать карвакрол в клетку. Таким образом, синергетический эффект достигается при совместном использовании двух препаратов.

Обычно соединения со сходной структурой проявляют скорее аддитивный чем синергетический эффект. Возникновение аддитивного взаимодействия некоторых эфирных масел связано с их основными фенольными соединениями (карвакролом и тимолом) (Isidoro and Almeida, 2006). Антагонистический эффект объяс-

няется взаимодействием между неоксигенированными и оксигенированными монотерпеновыми углеводородами (Goni et al., 2009).

Известа противогрибковая активность эфирных масел. Химическая обработка в значительной степени эффективна против патогенных грибов, однако могут быть выработаны устойчивые по своей природе штаммы и виды. Возникновение и тяжесть грибковой инфекции зависят от заряда инокулята, резистентности хозяина. Эфирные масла могут представлять собой один из наиболее перспективных натуральных продуктов для ингибирования грибов (Hu et al., 2017). Так, многие виды эфирных масел, полученных из разных растений или трав, проявляли сильные противогрибковые свойства (Hu et al., 2017). Эфирные масла, как и другие фитохимические вещества могут ослаблять рост микробов и развитие биопленки с помощью специальных механизмов (Huldgaard et al., 2012). Это свойство имеет особое значение: хорошо известно, что помимо определенного порогового значения роста микроорганизмы запускают определенный механизм, ведущий к синтезу и продуцированию молекул, микробных коммуникационных сигналов и развитию определенных параметров патогенности, в том числе образование биопленки.

Благодаря своим обширным противомикробным свойствам многие эфирные масла могут быть использованы для контроля бактериальной порчи, сохранения качества и безопасности продуктов питания и продления срока их годности (Fratianni et al., 2010). По мнению Freiesleben and Jäger (2014), противогрибковые агенты могут дезактивировать грибок, нарушая структуру и функцию мембран или органелл грибковой клетки и/или ингибируя синтез ядерного материала или белка.

Разрушение клеточной мембраны, изменение и ингибирование клеточной стенки. Клеточная стенка грибка играет важную роль в росте и жизнеспособности грибов. Три основных структурных элемента: глюкан, хитин и маннан, как правило, считаются мишенями для терапевтического воздействия. Хитин, длинный линейный гомополимер β -1,4-связанного N-ацетилглюкозамина (GlcNAc), синтезируется в реакции, катализируемой хитинсинтазой. Хитин необходим для

строительства клеточной стенки и, следовательно, для выживания грибов. Ингибирование полимеризации хитина может влиять на созревание клеточной стенки, образование перегородки и образование зародышевого кольца, нарушая деление и рост клеток (Wu et al., 2008). Трансанетол, основной компонент анисового масла, продемонстрировал противогрибковую активность в отношении мицелиального грибка *Mucor mucedo* IFO 7684, сопровождающуюся морфологическими изменениями гиф, такими как набухшие гифы на кончиках (Yutani et al., 2011). Анетол дозозависимо ингибировал активность хитинсинтазы (CHS) в проницаемых гифах. Эфирное масло из эпикарпа *Citrus sinensis* (в состав которого входит лимонен – 84,2%) может подавлять рост *Aspergillus niger*; это также приводит к необратимым вредным морфологическим изменениям (в частности, к потере цитоплазмы у грибковых гиф и появлению зачатков гиф) (Gogoi et al., 2008). Iscan et al. (2016) выявили обширное повреждение клеточной стенки грибов и цитоплазматической мембраны после воздействия тимохинона, основного компонента эфирного масла семян черного тмина. Кроме того, эфирное масло чайного дерева и его компоненты способны изменять как проницаемость, так и мембранную текучесть *Candida albicans*, изменяя свойства мембраны и нарушая функции, связанные с мембраной. Действие такого эфирного масла вызывает также истончение и деформацию стенки гиф, и последующее разрушение клеточной стенки, а также окончательную трансформацию в уплощенные и пустые кончики гиф, раздвоенные в почкоподобные структуры (Hammer et al., 2004). Некоторые эфирные масла или их компоненты могут действовать на сингулярном или множественном уровне. Эфирное масло *Litsea cubeba* и его компонент цитраль способны проявлять противогрибковую активность в отношении *Fusarium moniliforme*, *F. solani*, *Alternaria alternata* и *A. niger* путем повреждения их клеточной стенки и клеточной мембраны в различной степени, утечку цитоплазмы и частично путем ингибирования биосинтеза ДНК, РНК, белка и пептидогликана; кроме того, они могут ингибировать биосинтез эргостерола *C. albicans*. Аналогичный эффект проявляют *Coriaria nepalensis* и *Coriandrum sativum* как цельными эфирными маслами, так и некоторыми их компонентами, которые действуют путем нарушения нормальных

путей биосинтеза стеролов, что приводит к снижению биосинтеза эргостерола. Эргостерин — это соединение, похожее на холестерин, присутствующее в клеточной мембране грибка. Отсутствие или пониженное присутствие эргостерола в мембранах грибка приводит к осмотической и метаболической нестабильности грибковых клеток, нарушая репродуктивную и инфекционную активность (Rajput and Karuppayil, 2013).

Дисфункция митохондрии грибов. Некоторые эфирные масла могут влиять на эффективность митохондрий, ингибируя действие митохондриальных дегидрогеназ, участвующих в биосинтезе АТФ, таких как лактатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа и сукцинатдегидрогеназа. Chen et al. (2013) описали, как эфирное масло *Anethum graveolens* действует в качестве противогрибкового агента благодаря нарушению цикла лимонной кислоты и ингибированию синтеза АТФ в митохондриях *C. albicans*. В другой ситуации эфирное масло *Origanum compactum*, *Artemisia herba alba* и *Cinnamomum camphora* продемонстрировало увеличение числа цитоплазматических мутаций мелких клеток, то есть повреждения митохондрий у *Saccharomyces cerevisiae* (Bakkali et al., 2006). Naque et al. (2016) указали на то, что терпеноиды могут играть ключевую роль в уменьшении содержания митохондрий, приводя к изменению уровня активных форм кислорода (АФК) и образованию АТФ.

Ингибирование эффлюксных насосов. H^+ -АТФаза грибковой плазматической мембраны играет важную роль в физиологии грибковой клетки, поддерживая большой трансмембранный электрохимический градиент протонов через клеточную мембрану, необходимый для поглощения питательных веществ.

H^+ -АТФаза также регулирует внутриклеточный рН и рост грибковых клеток; при этом она участвует в патогенности грибов благодаря своим воздействиям на диморфизм, усвоение питательных веществ и подкисление среды (Set-Young et al., 1997; Naque et al., 2016). Ингибирование H^+ -АТФазы приводит к внутриклеточному подкислению и гибели клеток. Ahmad et al. (2013) считают, что эвгенол и тимол являются отличными фунгицидными агентами, в том числе устойчивыми к

азолам, и действие, вероятно, находится на мембранном уровне. Оба соединения ингибируют активность H^+ -АТФазы.

Тимол и карвакрол, основные химические компоненты тимьянового масла, проявляли синергетический противогрибковый эффект при применении противогрибкового препарата Флуконазол группы азолов, подавляя избыточную экспрессию генов эффлюксного насоса CDR1 и MDR1 у *C. albicans*. Оба монотерпена ингибировали отток на 70–90 %, демонстрируя их высокую эффективность в отношении блокирования транспортеров лекарственных средств.

1.5.1. Эфирное масло кумина (*Cuminum cyminum*)

Cuminum cyminum представляет собой небольшое однолетнее и травянистое растение, относящееся к семейству Зонтичные. Это одна из популярных специй, регулярно используемая в качестве ароматизатора. Растение активно культивируется в Аравии, Индии, Китае и в странах, граничащих со Средиземным морем (Thirreswamy and Naidu, 2005). Семена кумина напоминают семена тмина, имеют продолговатую форму, однако более утолщены посередине, сжаты сбоку девятью тонкими гребешками желто-коричневыми по цвету длиной около 5 мм, как и другие члены семейства Зонтичные, например тмин, петрушка и укроп (Hashim and El-Kiey, 1962). Данное растение однолетнее, оно имеет тонкие ветвистые стебли высотой 20–30 см. Листья длиной 5–10 см, перистые или двоякоперистые нитевидные. Цветки небольшие, белые или розовые, представляют собой зонтичное соцветие. Плоды – боковые веретенообразные или яйцевидные семечки длиной 4–5 мм, содержащие одно семя. В настоящее время кумин является второй по популярности специей в мире после черного перца, что связано с его специфическим ароматом. Кумин популярен в Индии, Пакистане, Северной Африке, Шри-Ланке, Северной Мексике, на Ближнем Востоке, Кубе и в западно-китайских кухнях Сычуани и Синьцзяна. Все сорта тмина используются в традиционной и ветеринарной медицине в качестве стимулирующего, ветрогонного, вяжущего средства, а также в качестве средства от несварения желудка, метеоризма и диареи (Norman,

1990). Куминальдегид, цимен и терпеноиды являются основными составляющими эфирных масел кумина (El-Hamidi and Ahmed, 1966).

Kamble (2015) обнаружил, что эфирное масло кумина сильно ингибировало все клинические изоляты *Candida albicans* и недрожжеподобного грибка *Candida* с зонами задержки роста от 27 до 72 мм. Масло *C. Cuminum* проявляет более высокую антибактериальную и противогрибковую активность с высокой эффективностью в отношении штаммов *Vibrio spp.* с диаметром зон ингибирования роста в пределах от 11 до 23 мм и значениями МИК (минимальная ингибирующая концентрация) и МБК (минимальная бактерицидная концентрация) в диапазоне от (0,078–0,31 мг/мл) до (0,31–1,25 мг/мл) соответственно (Hajlaoui et al., 2010). Mohammadpour et al., (2012) обнаружили, что эфирное масло кумина показало сильное ингибирующее влияние на рост грибов видов *Aspergillus in vitro*. Масло кумина обладает хорошей противогрибковой активностью, особенно в отношении патогенных грибов человека, таких как дерматофиты, а также в отношении фитопатогенных грибов *in vitro*, например *B. cinerea*, *F. oxysporum* и *Aspergillus quitensis* (Romagnol et al. 2010).

1.5.2. Эфирное масло лаванды (*Lavandula angustifolia*)

Лаванда является представителем рода *Lavandula* семейства Яснотковые, группы ароматических растений, которая включает розмарин, мяту, базилик и шалфей. *Lavandula angustifolia*, или лаванда английская включает в себя более чем 50 сортов, родиной которых является Средиземноморье. Цветет она в конце весны и в начале лета, при этом цветение может продолжаться до конца августа. Лаванда имеет ароматные цветы, из которых дистиллируется эфирное масло. Несмотря на то, что эфирное масло производится как из листьев, так и из цветов коммерческую ценность имеет только эфирное масло, произведенное из цветков, поскольку в цветах вырабатывается значительно больше эфирного масла, чем в листьях (Upson and Andrews, 2004).

Эфирное масло, изготовленное из цветков лаванды, использовалось еще в греко-римский период европейской истории, когда лаванду добавляли в воду при стирке для придания приятного аромата белью. Культура описана в средневековых источниках в качестве растения, избавляющего от многих заболеваний, включая паралич, педикулез, мигрени, эпилепсию, обмороки, одышку, «сердечную страсть» (вероятные приступы паники, сердцебиение или другие проблемы, связанные с нарушением сердечной деятельности), простуду, апоплексию, укусы, судороги и гиперемиию. Эфирное масло лаванды, производимое в Англии, использовалось во время Второй мировой войны вместе со сфагновым мхом для дезинфекции ран и их заживления (Lis-Balchin, 2002). Традиционное использование лаванды, обладающей противогрибковыми, антибактериальными, антидепрессантными, противовоспалительными, ветрогонными, болеутоляющими и седативными свойствами, является причиной возрождению интереса к лавандовому маслу в настоящее время (Cavanagh and Wilkinson, 2002). Эфирное масло лаванды также потенциальный заменитель традиционных антибиотиков и противогрибковых средств. Экспериментально установлено, что оно активно в отношении устойчивых штаммов бактерий, таких как приобретенные в больнице инфекции, метициллин-резистентные *Staphylococcus aureus* и ванкомицин-резистентные *Enterococcus faecalis*, а также трудно поддаваемые лечению грибковые инфекции, например *Candida* (Cavanagh and Wilkinson, 2002).

Широкое использование эфирного масла лаванды в традиционной медицине и фармацевтической промышленности привело к росту интереса к эфирному маслу лаванды и в других сферах деятельности человека. Было установлено, что лаванда является эффективным фумигантом для хранения пищевых продуктов, таких как мука, рис и пшеница, при этом полная смертность насекомых демонстрируется через 24 часа после воздействия на рисового долгоносика и усача тонкого (Rozman et al., 2007, 2006). Интерес к вопросу об использовании эфирного масла как составляющему продуктов питания резко возрос с 1990-х годов прошлого века, что связано с его приятным ароматом и вкусом, а также способности контролировать рост возбудителей инфекционных болезней. Согласно отчетам Продо-

вольственной и сельскохозяйственной организации ООН, порча продуктов питания и ухудшение их качества приводят к потере 10–40 % всех продуктов питания, производимых в мире, наиболее страдают плодовые и овощные культуры (Gustavsson et al., 2011).

Возрастающая обеспокоенность по поводу негативного воздействия синтетических средств контроля и консервации на окружающую среду и здоровье человека привела к появлению более безопасных альтернатив химическим пестицидам, гербицидам, противомикробным препаратам и консервантам, причем лаванда во многих случаях способна стать данной альтернативой. Эфирное масло лаванды прошло испытания в качестве консерванта ряда продуктов, в том числе мяса и рыбы. При консервации говяжьего фарша было обнаружено, что лаванда в количестве до 0,50 мг/л эффективна в предотвращении роста *Escherichia coli*, основного возбудителя опасного отравления при переработке мяса, и даже более эффективна против *S. aureus* при дозе 0,25 мкг/мл (Djenane et al., 2012).

Установлено, что эфирное масло лаванды эффективно в борьбе с грибковыми инфекциями как до, так и после уборки урожая. Было доказано, что эфирное масло лаванды вызывает цитоплазматическую коагуляцию, вакуолизацию, ссыхание гиф, нарушение спорообразования, гибель гиф, ингибирование прорастания спор и удлинение зародышевой трубки у грибов. Потенциальный контроль над возбудителями болезней сельскохозяйственных культур, такими как фитофтора, склеротин и ботритис, возбудителями болезней, вызванных белой гнилью и серой гнилью, несомненно может значительно снизить потери урожая различных культур (Zambonelli et al., 1996; Moon et al., 2007; Soylu et al., 2010).

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.

Территория опытного поля, являющаяся частью (КФХ) Моисеев А.В. находится в северной части Правобережья, на Приволжской возвышенности, в Базарно-Карабулакском районе Саратовской области.

Полевые опыты проводились в черноземной зоне. Почва опытного участка представляет собой чернозем выщелочный среднемощный среднесуглинистый крупно-песчаный средне пылевато-иловатый.

Подстилающими породами являются палеогены меловые и третичные, отложения, представленные мелом, мергелем, опоками, песчаником и глинами, перекрыты современными делювиальными суглинками и глинами.

У черноземов выщелоченных среднесуглинистых уменьшается содержание илистой фракции и мощность $A+B_1$ до 51–56 см, но увеличивается песчаная фракция до 42,6–45,4 %. Содержание гумуса снижается от 5,5 до 4,0 %, почва становится мало- и слабо-гумусированной. Отношение СГК : СФК 1,5–2,0; ЕКО – 40–50 мг-экв. /100 г почвы, уменьшается сумма поглощенных оснований до 20–22 мг-экв. /100 г почвы.

В черноземе выщелочном принято выделять горизонты $A+B_1+B_2+BC+C$. Мощность горизонта А равнялась 35–45см, $A+B_1$ – 90–100см. Структура почвы – зернистая, книзу ореховая.

Вскипание отмечается в нижней части горизонта B_2 или в верхней части С почвы.

Запас влаги, доступной растениям, в первом слое почвы в начале вегетации в окультуренных почвах был равен 130–150 мм. Плотность пахотного горизонта составляла 1,1–1,2 г/см³.

Общая порозность достигала 45–50 %. Содержание легкогидролизуемого азота составляло 50–80 мг/кг почвы. Приемы регулирования содержания гумуса и легкогидролизуемого азота включали сидерацию, а также внесением органических и минеральных удобрений. Содержание в пахотном горизонте подвижного фосфора составляло 80–120 мг/кг почвы, обменного калия – 150–200 мг/кг почвы.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в зоне проведения исследований почва по физическим свойствам отвечала биологическим требованиям выращивания культуры картофеля.

Обеспеченность основными элементами питания азотом и фосфором была средней, а обменным калием – высокой. Следовательно, при соблюдении всех приемов выращивания данной культуры и выпадении среднемноголетнего количества осадков возможно получение высоких урожаев картофеля. При этом для получения стабильных урожаев с хорошими товарными и пищевыми качествами клубней картофеля необходима его эффективная защита от поражения грибными болезнями.

2.2. Погодные условия в годы проведения опытов

Район землепользования 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 преобладание в течении года большого количества ясных безоблачных дней, холодной и малоснежной зимы, непродолжительной засушливой весны, жаркого лета.

Основные показатели погодных условий основываются на многолетних данных метеостанции г. Петровска.

Среднегодовая сумма осадков изменяется по годам от 360 до 410 мм.

Наиболее жарким месяцем в данном регионе является июль, максимальная температура воздуха в отдельные периоды достигает 40 °С. Наиболее холодный месяц – январь. Средняя температура зимой опускается до –36 °С.

Последние весенние заморозки наблюдаются в конце мая и даже в начале июня, а первые осенние заморозки – в конце сентября, а в отдельные годы и в начале сентября.

Безморозный период длится 146 дней, сумма активных температур в регионе ($t > +10$ °С) составляет 2600–2700 °С, что обеспечивает созревание выращиваемых в зоне культур .

Наличие частых ветров-суховеев, высоких весенне-летних температур и низкой относительной влажностью воздуха (от 36 до 40 %) не позволяет растениям полностью использовать осадки теплого периода, что отрицательно сказывается на урожайности культур.

Устойчивый снежный покров устанавливается в 1-й декаде декабря и исчезает, как правило, в 3-й декаде месяца март. Наибольшая высота снежного покрова достигает 26 см.

Анализируя природные условия зоны и их соответствие биологическим требованиям выращивания картофеля, можно сделать вывод о том, что в условиях Нижнего Поволжья картофель можно культивировать, поэтому крайне необходимо выявить наиболее перспективных приемов защиты данной сельскохозяйственной культуры от поражения грибными болезнями.

Погодные условия в годы проведения исследований, описанные по данным метеостанции г. Петровска, представлены в таблицах 1–6.

В 2016 г. количество выпавших осадков превышало среднеголетние показатели во все фазы развития растений, начиная от всходов и до конца вегетации картофеля (таблица 1).

Таблица 1 – Количество осадков в вегетационный период 2016 г., мм
(по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатель	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август	Сумма, мм
	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И			
Среднегодовое значение	10	12	16	8	18	16	16	13	16	16	14	156		
Среднедекадное значение	14	19	17	19	24	19	22	24	22	24	19	225		
Отклонение	+4	+7	+1	+11	+6	+3	+6	+11	+6	+8	+5	-		

Прохладная погода в начале мая в период бутонизации вплоть до начала цветения, а затем теплая устойчивая погода в фазу цветения и клубнеобразования обеспечили хороший рост и развитие растений картофеля, что в конечном результате способствовало получению более высокого урожая по всем вариантам опыта (таблица 2).

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха в вегетационный период 2016 г., °С (по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатели	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август
	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И		
Среднегодовое значение	10,5	12,7	15,8	16,3	17,7	19,7	20,8	21,0	21,7	21,4	21,4		
Среднедекадное значение	10,1	12,6	14,9	18,1	18,4	20,4	22,1	24,1	23,8	24,0	22,1		
Отклонение	-0,4	-0,1	-0,9	+1,8	+0,7	+0,7	+1,3	+3,1	+2,1	+2,6	-0,3		

Следует отметить, что в сложившихся погодных условиях поражение растений грибными болезнями было выше, чем в другие годы исследований.

В 2017 г. количество осадков (таблица 3) за вегетационный период было несколько меньше чем среднегодовое показатели. При этом их распределение было неблагоприятным с учетом биологических потребностей культуры.

Таблица 3 – Количество осадков в вегетационный период 2017 г., мм
(по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатели	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август	Сумма, мм
	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И			
Среднемноголетние значения	10	12	16	8	18	16	16	13	16	16	14	156		
Среднедекадное значение	12	14	18	19	9	10	8	14	11	8	4	127		
Отклонение	+2	+3	+2	+11	-9	-6	-8	+1	-5	-8	-10	-		

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 (таблица 4).

Таблица 4 – Среднемесячная температура воздуха в вегетационный период 2017 г., °С (по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатели	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август
	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И	П	Ш	И		
Среднемноголетние значения	10,5	12,7	15,8	16,3	17,7	19,7	20,8	21,0	21,7	21,4	21,4		
Среднедекадное значение	10,7	14,5	16,3	18,1	19,1	20,4	21,9	22,1	24,0	23,8	24,6		
Отклонение	+0,2	+1,8	+0,5	+1,8	+1,4	+0,7	+1,1	+1,1	+2,3	+2,4	+3,2		

В 2018 г. количество выпавших осадков значительно отличалось по сравнению с другими годами исследований и было заметно ниже среднемноголетних показателей (таблицы 5 и 6).

Таблица 5 – Количество осадков в вегетационный период 2018 г., мм
(по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатели	Апрель	Май			Июнь			Июль			Август	Сумма, мм
	Ш	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	
Среднемноголетние значения	10	12	16	8	18	16	16	13	16	16	14	156
Среднедекадное значение	8	11	8	3	0	4	0	21,6	23,4	23,4	2,0	103
Отклонение	-2	-1	-8	-5	-18	-12	-16	+8,6	+7,4	+7,4	-12	-

При этом распределение осадков в течении вегетации складывались следующим образом: от всходов до начала клубнеобразования растения испытывали недостаток влаги при среднесуточных температурах, превышающих среднемноголетние; затем в период массового клубнеобразования прошли обильные дожди, что несколько исправило неблагоприятные условия для роста растений.

Однако урожайность была ниже чем в другие годы исследований, при этом так же было меньше поражений картофеля болезнями.

Таблица 6 – Среднемесячная температура воздуха в вегетационный период 2018 г., °С (по данным метеорологической станции г. Петровск)

Показатели	Апрель	Май			Июнь			Июль			Август
	Ш	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І
Среднемноголетние значения	10,5	12,7	15,8	16,3	17,7	19,7	20,8	21,0	21,7	21,4	21,4
Среднедекадное значение	10,9	18,8	15,8	17,2	19,1	21,4	22,8	23,1	22,8	23,2	21,9
Отклонение	+0,4	+6,1	0	+0,9	+1,4	+1,7	+2,0	+2,1	+1,1	+1,8	+0,5

За вегетационный период выпало следующее количество осадков: 225 мм в 2016 г., 127 мм в 2017 г., 103 мм в 2018 г. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову достигал 0,8 (среднее по годам).

2.3. Материалы и методы проведения исследований

2.3.1. Материалы исследования

Сорта картофеля и возбудители болезни. Для исследований были использованы 5 сортов картофеля разных групп созревания: ранний (Ароза), среднеранние (Санте, Романо и Невский) и среднеспелый (Колобок).

Восприимчивый к ризоктониозу был сорт Санте, умеренно-восприимчивый – сорт Романо, умеренно-устойчивыми – сорта Колобок, Ароза, Невский (таблица 7, таблица 7.1).

Исследовались основные болезни культуры, относящиеся к группе почвенно-клубневых инфекций: ризоктониоз – *Rhizoctonia solani* Röhn, сухая фузариозная гниль – *Fusarium* spp., фомоз – *Phoma exigua* f. sp. *foveata* Malc. et E. G. Gray; Альтернариоз – *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. и *Altrnaria tenuissima* (Nees et T.Nees: Fr.) Wiltshire.

Таблица 7 – Характеристика сортов картофеля по хозяйственно-полезным признакам

№ п/п	Сорт	Срок созревания	Развитие ботвы	Окраска цветков	Форма клубней	Размер клубней	Цвет кожуры	Цвет мякоти	Крахмал	Урожайность	Устойчивость к болезням			
											фитофтороз	ризоктониоз	мозаичные	парша обыкновен-
1	Ароза	9	6	КФ	О	7	К	8	6	5	5	7	7	7
2	Колобок	5	7	Б	О	7	Ж	6	8	7	3	7	7	5
3	Санте	7	9	Б	О	7	Ж	7	6	7	8	3	8	5
4	Романо	7	7	КФ	О	5	Р	5	5	7	5	5	5	3
5	Невский	7	9	Б	О	7	Б	4	5	9	5	7	7	5

Примечание: условные обозначения приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Основные показатели оценки сортов картофеля, балл

№	Показатель	Балл
3	Срок созревания	9 – ранний (70–80 дней), 7 – среднеранний (80–90 дней), 5 – сред- незрелый (90–110), 3 – среднепоздний (110–120 дней), 1 – позд- ний (120 и более дней)
4	Развитие ботвы	9 – очень хорошее, 7 – хорошее, 5 – среднее, 3 – слабое, (нет смы- кания растений)
5	Окраска цветков	Б – белые, КФ – красно-фиолетовые, СФ – сине- фиолетовые
6	Форма клубней	О – круглая, округло-овальная, овальная, Д – длинно-овальная
7	Размер клубней	3 – мелкие, 5 – редкие, 7 – крупные, 9 – очень крупные
8	Цвет кожуры	Б – белый, П – палево-желтый, Ж – желтый, Р – розовый, К – красный
9	Цвет мякоти	4 – белый, 5 – желтовато-белый, 6 – светло-желтый, 7 – от светло- желтого до желтого, 8 – желтый
10	Крахмал	9–18–20 %, 8–16–18 %, 7–14–16 %, 6–12–16 %, 5–10– 12 %, 3–10 %
11	Урожайность	9 – очень высокая, 7 – высокая, 5 – средняя, 3 – низкая
12– 15	Устойчивость к болезням	1–3 – восприимчив, 4–5 – умеренно восприимчив, 6–7 – умеренно устойчив, 8–9 – устойчив

Химические соединения, исследуемые в работе. Хитозан пищевой, произ-
водства ООО «Хитозановые технологии» (г.Энгельс). Молекулярная масса 100–
200 кДа. Степень деацетилирования не менее 80 %. Хитозан получают из хитина
из панцирей крабов путем удаления ацила с помощью гидроксида натрия.

Приготовление хитозана. Исходный раствор (20 г/л) получен растворением
20 г хитозана в 1 л 0,5%-й уксусной кислоты, в термошейкере при 40 °С/24 ч; рН
доводили до 5,5–6 добавлением 1 М NaOH.

Хлорид кальция (Кальций хлористый CaCl₂) производства «Русская Дымка».
Бесцветные кристаллы без запаха, горько-соленого вкуса. Содержит 27 % каль-
ция. Молекулярная масса 110,98. Хлорид кальция получается в виде побочного
продукта при производстве бертолетовой соли и гипохлорита кальция по ГОСТ
450-77. Кальция хлорид очень легко растворяется в воде (4:1), образуя ионы каль-
ция и хлорида. Кальций способствует росту растений, а хлорид является важным
микроэлементом для растений и играет большую роль в фотосинтезе растений.

Максим, КС – фунгицид контактного действия. Действующее вещество:
флудноксонил в концентрации 25 г/л. Препарат относится к уникальному химиче-

скому классу фунгицидов – фенилпироллы, и представляет собой аналог природных антимикотических веществ.

Максим, КС относится к третьему классу опасности (умеренно опасное вещество). Не фитотоксичен (токсичен для рыб).

Применяется для протравливания клубней семенного картофеля от гнилей перед посадкой и в период хранения.

Семенной картофель обрабатывают препаратом перед закладкой на хранение против фузариоза, фомоза, мокрой гнили, альтернариоза, серебристой парши и ризоктониоза, черной ножки. Для этой цели проводят опрыскивание клубней раствором из расчета 0,4 л/т клубней, расход рабочей жидкости – 10 л/т. Максим, КС имеет ряд преимуществ по сравнению с другими препаратами: низкие нормы расхода; продолжительное и мягкое защитное действие; длительная остаточная активность; удобная в применении жидкая препаративная форма.

Эфирные масла лаванды (*Lavandula angustifolia*) и кумина (*Cuminum cuminum*) были предоставлены отделом экстракции эфирных масел Национального исследовательского центра (12622, ул. Эль-Бехус, Гиза, Египет).

Выделение эфирного масла из воздушно-сухого сырья (цветков лаванды и семян кумина) осуществляли методом пародистилляции при атмосферном давлении в стеклянном аппарате, дистиллят отбирали в течение 6 ч.

Качественный и количественный составы образцов эфирного масла проводили на хроматографе с масс-селективным детектором Thermo Scientific, Trace GC Ultra / ISQ Single Quadrupole MS.

2.3.2. Методы исследования

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

2.3.2.1. Лабораторные опыты как методы исследований

Выделение возбудителей болезней в чистую культуру и их идентификация. Грибные изоляты, выделенные из почвы и пораженных клубней по методу Асеева и др. (1991); Sneh et al. (2004) и определенные до вида, содержались в лаборатории.

Изоляты грибов поддерживали на агаризованной среде картофельно-глюкозном агаре (КГА) при 20–24 °С и пересеивали каждые 3–4 недели. Перед заражением растений грибы пассировали через чувствительное растение-хозяин для повышения агрессивности (Тютюрев, 1999).

Для определения видового состава возбудителей (их морфологических признаков) использовали методы, предложенные Garcia et al. (2006); Ogoshi (1996); Кирай. и др. (1974); Билай (1977, 1989); Попов (1978).

Влияние хитозана на рост мицелия и прорастание спор штаммы грибов. По методике Yao and Tian (2005) мицелиальные диски (диаметром 5 мм), полученные из 2-недельной (фомоз) или 7-дневной (фузариоз, ризоктониоз и альтернариоз) культуры гриба помещали в центр чашек Петри (90 мм), содержащих 20 мл КГА с хитозаном в концентрации 0; 0,125; 0,25; 0,5, или 1%, а затем инкубировали при 25 °С в темноте.

Рост мицелия определяли путем измерения диаметра колонии после семи дней или двух недель (фомоз) инокуляции. Каждую обработку повторяли 3 раза, а эксперимент – трижды.

Для оценки влияния хитозана на прорастание спор (фомоз, фузариоз и альтернариоз) пятьдесят микролитров суспензии спор переносили в пробирки Эппендорфа, содержащие 500 мкл жидкой среды с различными концентрациями хитозана (0; 0,125; 0,25; 0,5, или 1%).

Образцы инкубировали при 25 ± 2 °С в течение 12 часов. Споры считались проросшими, когда зародышевая трубка расширялась как минимум вдвое по длине самой споры (Griffin, 1994).

Проросшие споры подсчитывали с использованием гемоцитометра Нойбауэра и световой микроскопии при 40×. Скорость прорастания измерялась приблизительно для 100 спор. Каждую обработку повторяли 3 раза, а эксперимент проводили трижды.

Влияние хитозана на степень (индекс) поражения клубней, инокулированных грибами. По методу Vi et al. (2006) для экспериментов *in vivo* использовали раствор хитозана в концентрации 0,0; 0,0125; 0,025; 0,05 и 0,1 кг/т, растворенный в 0,5 ммоль/л⁻¹ ледяной уксусной кислоты.

В клубне вырезали равномерный углубление (глубиной 3 мм и диаметром 3 мм) с помощью стерильного рассекающего скальпеля и затем в каждый разрез инокулировали 20 МКл конидиальной суспензии (фомоз, фузариоз и альтернариоз) (1×10^6 спор мл⁻¹) или мицелия ризоктониоза. После 2 часов инокуляции клубни обрабатывали хитозаном в вышеуказанных концентрациях, в качестве контроля использовали стерильную дистиллированную воду.

Инокулированные клубни помещали в пластиковые контейнеры (190 мм × 157 мм × 90 мм) с влажными ватными дисками для поддержания высокой относительной влажности и хранили в течение 30 дней при (10 °С), после чего следовал клубневой анализ по общепринятым методикам.

Степень поражения фузариозного гнили оценивали по индексу поражения Г.Т. Бебре (1988) по следующей формуле:

$$x = \frac{dh}{DH} \cdot 100 \quad ,$$

где x – индекс поражения;

d – диаметр язвы (поражения), мм;

h – глубина язвы (поражения), мм;

D – длина клубня, мм;

H – ширина клубня, мм.

Определение степени поражения фомозного гнили проводили по индексу поражения Ф.М. Попова (1978) по следующей формуле:

$$x = \frac{dh}{n},$$

где x – индекс поражения (индекс Попова);

d – диаметр язвы (поражения), мм;

h – глубина язвы (поражения), мм;

n – инкубационный период, сут.

Каждую обработку осуществляли в трех повторностях по 10 клубней. Эксперимент повторяли три раза.

При оценке влияние различных концентраций хитозана и эфирных масел на рост мицелия и жизнеспособность конидий *Fusarium sambucinum* и *Phoma exigua* var. *foveate* и *Alternaria alternata* и эфирных масел на степень поражения клубней, инокулированных спорами фузариоза и фомоза, использовали формулу для расчета отклонения от контроля (таблицы 9–12, гл.3).

Отклонение от контроля рассчитывается и выражается в процентах по следующей формуле (El-Mohamedy et al., 2016) (%):

$$K_{\text{отк}} = \frac{T-C}{C} \cdot 100, \quad ,$$

где T – средний диаметр колоний грибов (или проросших конидий) в опыте,

C – контроль.

Влияние хитозана на защитные ферменты зараженных клубней

1. Экстракция неочищенного фермента. Приблизительно 3 г образцов ткани были взяты на 3–4 мм ниже обработанной стороны картофеля с помощью сверла для пробок из нержавеющей стали через 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6 и 7 дней после обработки хитозаном в концентрации 0,05 кг/т. Каждый образец упаковывали и замораживали в жидком азоте и хранили при -80 °С до экстракции неочищенного фермента. Образцы измельчали с помощью 1%-го поливинилпирролидона с различными буферами для экстракции различных ферментов: 3 мл натрий-фосфатного буфера (50 ммоль/л-1, рН 7,5) для пероксидазы (ПО), 3 мл натрий-фосфатного буфера (0,1 ммоль/л-1, рН 6,4) для полифенолоксидазы (ПФО) и 3 мл 0,05 ммоль/л-1 боратного буфера натрия (рН 8,8; 5 ммоль/л-1 β -меркаптоэтанол) для фенилаланин-

аммиак-лиазы (ФАЛ). Образцы центрифугировали (15000 g) при 4 °C в течение 30 минут. Супернатанты использовались в качестве источников неочищенного фермента для оценки ферментативной активности.

2. Определение защитных ферментов. Активность ПО определяли по методике Venisse (2001). В качестве субстрата использовался гваякол. Абсорбцию измеряли при 470 нм. Активность ПФО определяли по методике Jiang (2002). Абсорбцию измеряли при 420 нм. Активность ФАЛ оценивали по методике Assis et al. (2001). Абсорбцию измеряли при 290 нм. Количество белка в пробе определяли с использованием бычьего сывороточного альбумина в качестве стандарта по методу Bradford (1976).

Определение противогрибковой активности эфирных масел. Для экспериментов *in vitro*: грибковые мицелиальные диски (5 мм) помещали в центр чашек Петри (90 мм), содержащих 20 мл КГА с эфирным маслом лаванды и кумина в концентрации 0,0; 0,1; 0,2; и 0,4 %, а затем инкубировали при 25 °C в темноте. Рост мицелия определяли путем измерения диаметра колонии после 7 дней инокуляции (Soylu et al., 2010).

Для экспериментов *In vivo*: на середине каждого клубня делали равномерный разрез (3 × 3 × 3 мм) с использованием стерильного рассекающего скальпеля и затем в каждый разрез инокулировали 20 мкл конидиальной суспензии фузариоза или фомоза (1×10^6 спор мл⁻¹). После 2 часов инокуляции клубни обрабатывали маслом в концентрации 0,0; 0,01; 0,02; и 0,04 л/т. Инокулированные клубни помещали в пластиковых контейнерах (190 × 157 × 90 мм) с влажными ватными дисками для поддержания высокой относительной влажности и хранили при температуре (10 °C). Степень поражения оценивали после 21 дня инокуляции (Bang, 2007; Soylu et al., 2010).

Приготовление инокулята из грибных изолятов. Для приготовления инокулята использовали ядра ячменя, зараженные грибковыми изолятами.

Инокуляцию производили следующим образом: ядра ячменя дважды автоклавировали и затем инокулировали тремя пробками из чашки Петри, колонизированной исследуемыми грибами, которые выращивали на картофельном глюкоз-

ном агаре (КГА) при 20–22 °С в течение пяти дней (десять дней для фомоза). Ядра инкубировали в течение трех недель при температуре 25 °С (Genzel, 2017).

2.3.2.2. Полевые опыты

Исследования проводили в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне. Искусственное заражение ризоктониозом и сухой гнилью проводили по методике Gaskill (1968) и Genzel (2017).

При посадке инокуляцию осуществляли путем помещения в ряды ниже семенных клубней, зараженных патогенами ядер зерна в дозе (10 г/куст).

Схемы опытов представлены в таблице 8. Опыт был заложен рендомизированным методом. Изучались препараты (соединения) для обработки клубней и растений.

Площадь одной делянки 10,5 м² (2,1 × 5). Схема посадки 70 × 30 см. Исследования проводились в двухфакторном опыте, заложенном в трехкратной повторности (на двух сортах картофеля – Ароза и Невский).

Предпосадочная обработка хлоридом кальция, хитозаном, Максим КС проводилась непосредственно при посадке путем опрыскивания клубней растворами с расходом:

- 1- хлоридом кальция (0,05 кг/т) + (через 2 ч) хитозаном (0,05 кг/т);
- 2- хлоридом кальция (0,1 кг/т) + (через 2 ч) хитозаном (0,05 кг/т);
- 3- Максим, КС (0,4 л/т).

Расход рабочей жидкости – 10 л/т.

Контролем служили клубни, обработанные водой.

В период вегетации растения картофеля опрыскивали дважды в фазу бутонизации с повтором через 7 дней, с расходом:

- 1- хлоридом кальция (2 кг/га) с интервалом 7 дней, хитозаном (0,4 кг/га);
- 2- хлоридом кальция (4 кг/га) с интервалом 7 дней, хитозаном (0,4 кг/га).

Расход рабочей жидкости – 400 л/га.

Контролем служили растения, обработанные водой.

Норма расхода фунгицида определяли согласно рекомендациям «Государственными каталогами..., 2016».

Для хитозана и хлорида кальция оптимальную норму расхода подбирали эмпирическим путем так, чтобы она была наиболее эффективна и нефитотоксична.

Таблица 8 – Схема опытов

№	Вариант	Обработка клубней, расход рабочей жидкости – 10 л/т	Опрыскивание растений, расход рабочей жидкости – 400 л/га
1	Контроль	водой	водой
2	CaCl ₂ + + Хитозан	0,05 кг/т 0,05 кг/т	2 кг/га 0,4 кг/га
3	CaCl ₂ + + Хитозан	0,1 кг/т 0,05 кг/т	4 кг/га 0,4 кг/га
4	Максим, КС	0,4 л/т	-

В период вегетации учитывали всхожесть, измеряли высоту, подсчитывали количество стеблей. Во время уборки вели подсчет количества клубней, пораженных ризоктониозом. Клубни с делянки взвешивали. При хранении проводили анализ клубней, зараженных фузариозной сухой гнилью.

В период уборки урожая проводили учет пораженности клубней ризоктониозом, по 6-балльной шкале (Попкова и др., 1986) определяют процентное содержание поверхности клубня, покрытой склероциями ризоктониоза: 0 – клубни без визуальных признаков болезни; 1 – поражено 10 % поверхности клубня; 2 – 11–20 %; 3 – 21–30 %; 4 – 31–50 %; 5 – более 50 %. Распространение ризоктониоза выражали в % и вычисляли по следующей формуле:

$$R = \sum(ab) \times 100 / Nr,$$

где R – распространение ризоктониоза %;

$\sum(ab)$ – сумма числа больных клубней (a) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее количество просмотренных клубней (здоровых и больных);

r – число баллов в шкале учета.

В период хранения (через 2 месяца после закладки) проводили анализ клубней на пораженность фузариозной гнилью (по визуальным признакам болезней).

Распространение болезней выражали в процентах и вычисляли по формуле (Чумаков и др., 1990):

$$P = n \times 100/N,$$

где P – распространение болезней (количество больных клубней в %);

n – число больных клубней в пробах, шт.;

N – общее количество клубней в пробах, шт.

Полученные экспериментальные данные подвергался статистической обработке методом дисперсионного анализа при 95%-м уровне достоверности с помощью программы Microsoft Office Excel 2016 и пакета программ по статистике «SAS», версия 9.4 (SAS Institute Inc. 2013, Cary, NC, USA).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Лабораторные опыты

3.1.1. Выделение возбудителей болезней в чистую культуру и их идентификация

Основными видами, вызывающими фузариозную сухую гниль (рисунок 2), были: *Fusarium sambucinum* fückel (62,6 %); *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (25,3 %); и *F. solani* (Mart) Sacc. (12,1 %). Конидии указанных видов отличались числом поперечных перегородок и особенностью строения верхней и нижней клеток. Изучали грибы рода *Fusarium* путем культивирования на питательной среде (КГА) и микроскопирования.

Fusarium sambucinum Fuckel имеет рыхлый, пушистый бело-розовый мицелий. Веретено-серповидные эллиптически изогнутые макроконидии образуются в воздушном мицелии, им характерен одинаковый диаметр по всей длине или утолщение ближе к верху. Верхняя клетка – короткая, неравнобокая, резко суживающаяся в виде сосочка, прямая или слегка загнутая. Ножка ясно выраженная. Обычно конидии имеют 3–5 перегородок. Микроконидии отмечались редко и в небольшом количестве. Вид *Fusarium sambucinum* встречался в 62,6 % случаев.

Fusarium avenaceum (Fr.) Sacc. имеет воздушный, хорошо развитый, рыхлый, паутинистый мицелий, на агаре белый или пурпурный. Макроконидии, образующиеся в спородохиях или пионнотах, а также в воздушном мицелии, шиловидные или нитевидные, эллиптически изогнутые. У вершины они изогнуты сильнее, иногда почти прямые, обычно одинаковые по диаметру на протяжении всей длины от нижней до верхней клетки, к основанию и к вершине суженные, как правило, с 5 перегородками (40–91 %), с верхней нитевидно удлиненной клеткой, с довольно хорошо выраженной ножкой у основания.



Рисунок 2 – Сухая фузариозная гниль клубней картофеля, комплекс грибов из рода *Fusarium spp.*

В воздушном мицелии иногда образуются более мелкие макроконидии эллиптической, ланцетовидной или веретеновидной формы, без ясно выраженной ножки, с 1–3 перегородками или без них. Вид *Fusarium avenaceum* встречался в 25,3 % случаев.

Fusarium solani (Mart) Sacc. имеет воздушный, пушисто-порошачий, белый мицелий. Веретеновидно-серповидные, эллиптически изогнутые макроконидии – очень выровненные, практически одинаковые по величине, редко почти прямые с короткой слегка суженной и тупой верхней клеткой, с ножкой или без ножки у основания. Большинство (95 %) конидий имело 3 перегородки. Микроконидии встречаются в массовом количестве. Вид *Fusarium solani* встречался в 12,1 % случаев.

В ходе экспериментальных опытов был выделен возбудитель болезни *Phoma exigua* var. *foveata* (рисунок 3). На питательной среде через 7 дней после посева его колонии вырастают на 7,5 см; они регулярные, зеленовато-оливковые из-за выделения пигментов цветом воздушного мицелия.

При нанесении капли гидроксида натрия пигменты обесцвечиваются до фиолетового/красного цвета. Пикнидии шаровидные до субглобозных с 1–3 непиллярными или пиллярными остиолами, которые могут отсутствовать или видны только в виде бледного пятна; голые или с мицелиальными наростами. Конидиальная – матрица от беловатого до бледно-бурого цвета. Конидии в основном асептатные, эллипсоидные до аллантаидных, с несколькими мелкими, рассеянными гуттулами, изредка более крупные по одному септату.

Род *Rhizoctonia solani* Rühn (рисунок 4) характеризуется темноокрашенным мицелием и темными неправильной формы склероциями. Мицелий имеет темно-бурую окраску, хорошо видимые частые перегородки которого ветвятся под прямым углом.

Среди обнаруженных видов рода *Alternaria* на клубнях картофеля встречались всего два – *Alternaria alternata* и *Alternaria tenuissima*. Они относятся к так называемым мелкоспоровым видам *Alternaria*.

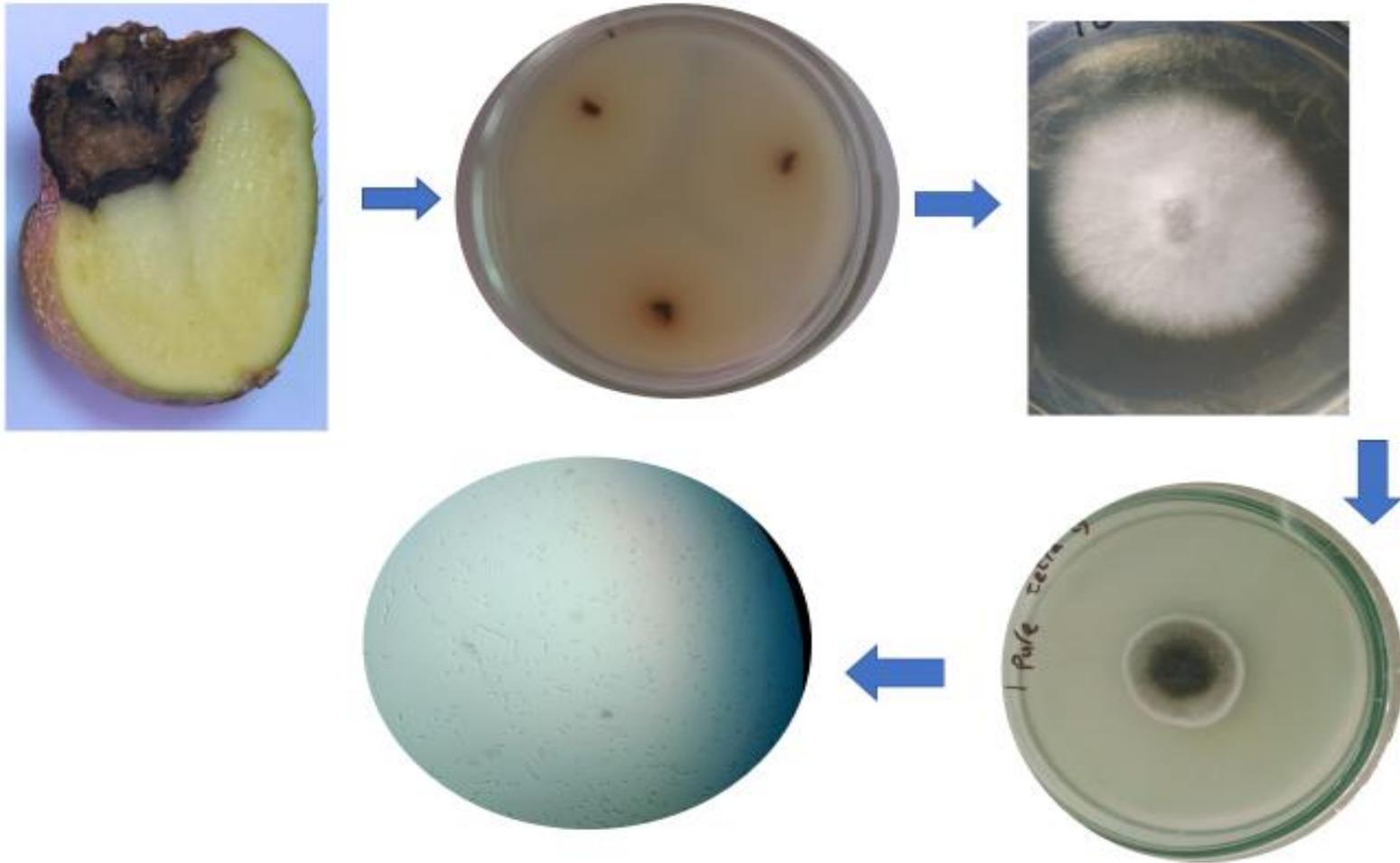


Рисунок 3 – Фомоз клубней картофеля *Phoma exigua* var. *foveata*

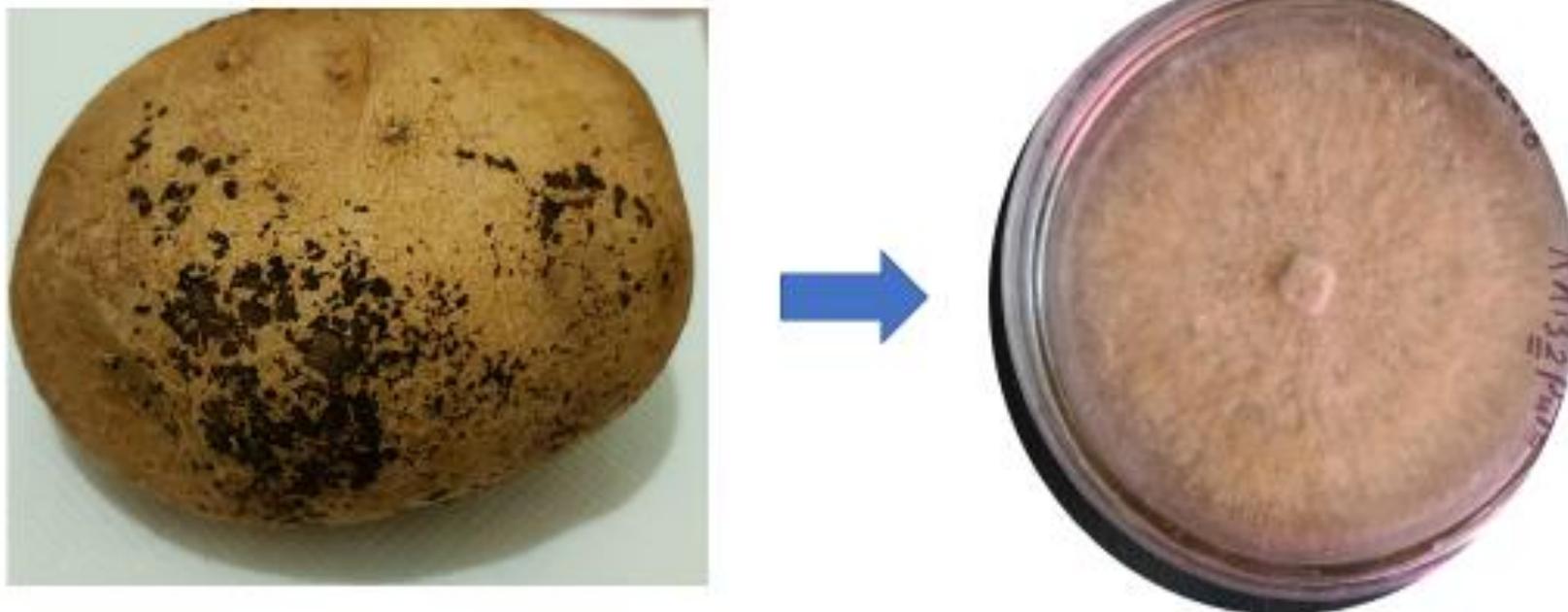


Рисунок 4 – Ризоктониоз картофеля *Rhizoctonia solani*

Колонии *A. alternate* имеют окраску от черной до оливко-черного или сероватую, а у *A. tenuissima* она коричневая с рыхлой, густой текстурой. Мицелий *A. alternata* – обильный, разветвленный, сегментированный, коричневатый, а у *A. tenuissima* – разветвленный, сегментированный, оливковый, серый. Конидии *A. alternata* – темно-коричневые, грушевидные с короткими коническими носиками или без них. Для них характерны вертикальных и 6–8 поперечных перегородки, колонии растут в длинных цепях по 5–15 конидий и 10–30 единиц. Конидии *A. tenuissima* – светло-золотисто-коричневого цвета, имеют склонность к сужению, колонии растут индивидуально или в коротких цепях по 2–5 единиц.

3.1.2. Влияние хитозана на рост мицелия и прорастание спор грибных изолятов *in vitro*

Влияние хитозана на рост мицелия in vitro \ Хитозан в разных концентрациях заметно ингибировал рост мицелия (приложение 5). Степень подавления роста мицелия, обработанного хитозаном при концентрации 0,5 и 1%, составила до 91,7–100 % у *Rhizoctonia solani* ($НСП_{05} = 2,5$) (рисунок 5).

Наблюдения подтвердили аналогичные данные о противогрибковом действии хитозана на рост мицелия *Rhizoctonia solani* (Freddo et al., 2014).

Степень подавления роста мицелия *Fusarium sambucinum*, обработанного хитозаном при концентрации 0,5 и 1%, составила до 92,5–100 % ($НСП_{05} = 2,6$) (рисунок 6); у *Phoma exigua var. foveate* ($НСП_{05} = 3,6$)– 89–100 % соответственно (рисунок 7).

К механизмам антимикробного действия хитозана исследователи относят взаимодействие с отрицательно заряженными компонентами клеточной поверхности, приводящее к ингибированию активности H^+ -АТФазы и хемиосмотически обусловленному транспорту (García-Rincóna et al., 2010).

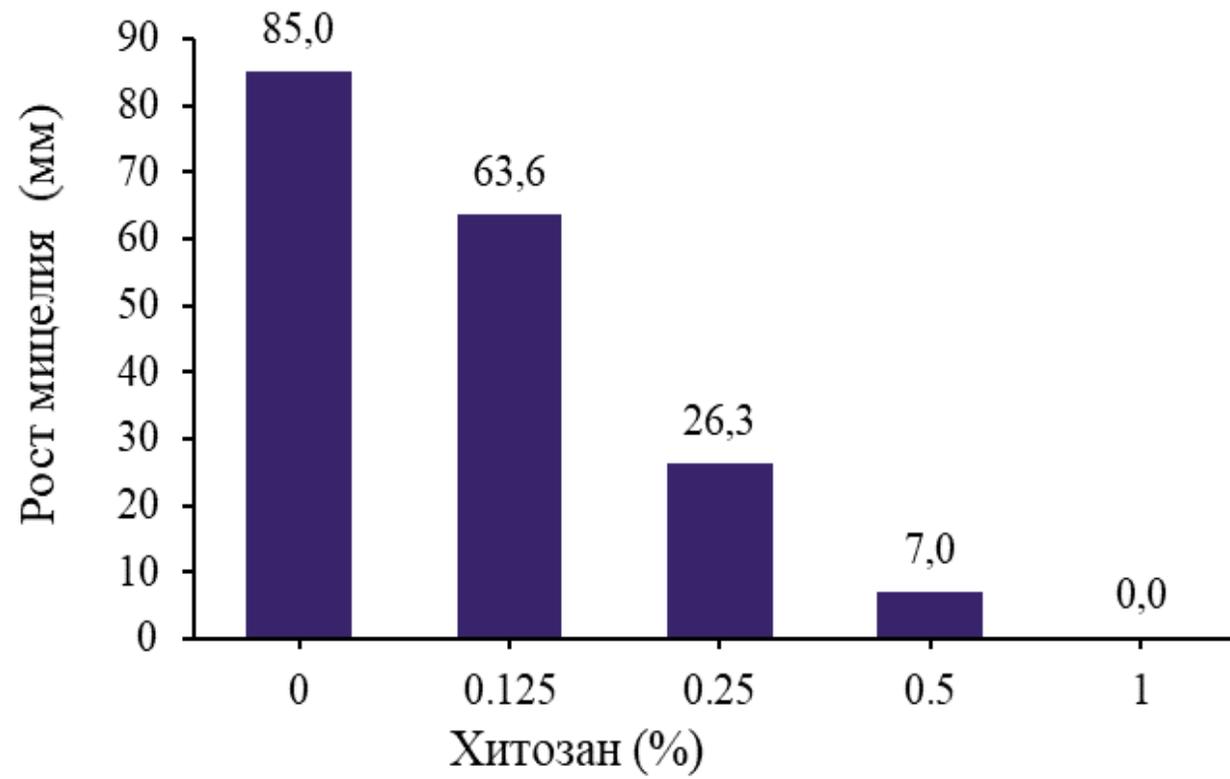


Рисунок 5 – Влияние хитозана на рост мицелия *Rhizoctonia solani*
(НСР₀₅ = 2,5)

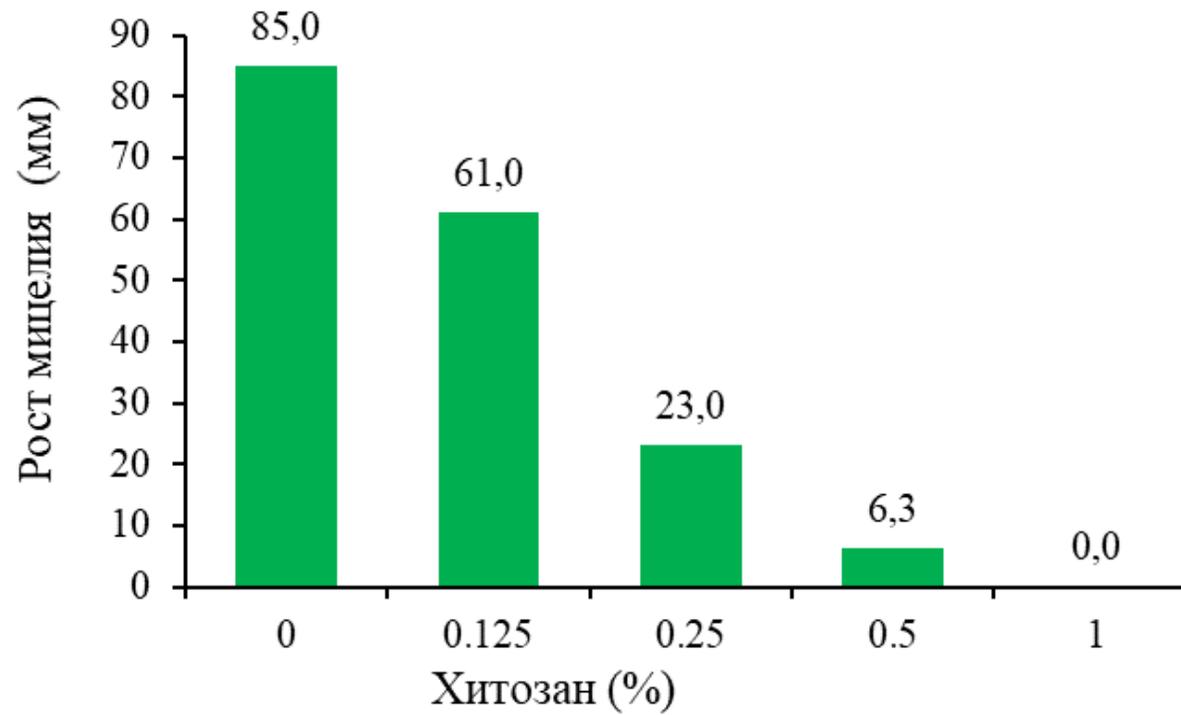


Рисунок 6 – Влияние хитозана на рост мицелия *Fusarium sambucinum*

(НСР₀₅ = 2,6)

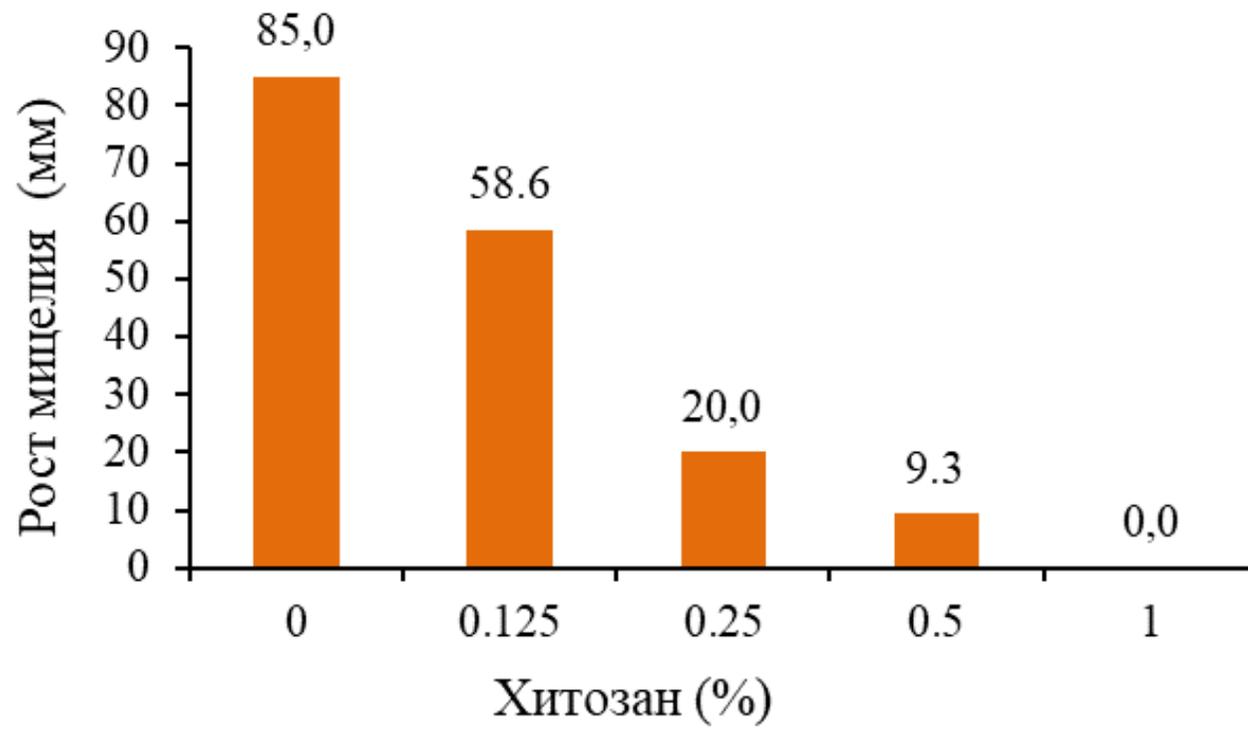


Рисунок 7 – Влияние хитозана на рост мицелия *Phoma exigua* var. *foveate*
(НСР₀₅ = 3,6)

Взаимодействие с фосфолипидами плазматической мембраны и гистоновыми белками приводит к нарушению мембраны бактериальной клетки с утечкой внутриклеточных веществ (Liang et al., 2014). Хелатирование микроэлементов имеет следствием к ингибированию продукции токсинов и росту микробов (Reddy et al., 1998). Взаимодействие с заряженными фосфатными группами ДНК/РНК приводит к ингибированию синтеза мРНК и белков (Liu et al., 2001).

Степень подавления роста мицелия *in vitro*, обработанного хитозаном при концентрации 0,5 %, составила в среднем 93,3 % (*Rhizoctonia solani* – 91,7 %, *Fusarium sambucinum* – 92,5 %, *Phoma exigua* var *foveate* – 89,0 % и *Alternaria alternata* – 100 %, в последне варианте рост мицелия полностью прекратился).

Антимикробная активность хитозана наблюдалась в отношении различных микроорганизмов, включая грибы, водоросли и некоторые бактерии. Однако на антимикробное действие влияют как внутренние факторы, такие как тип хитозана, степень полимеризации хитозана, естественная питательная составляющая, химический или питательный состав субстратов (возможны несколько вариантов), так и условия окружающей среды (например, активность воды субстрата или влажность или и то и другое одновременно).

Хитозан обладает фунгицидным действием против нескольких грибов. Минимальные ингибирующие концентрации для конкретных целевых организмов варьируют от 0,001 до 1,0 % и зависят от множества факторов, таких как рН среды роста, степень полимеризации хитозана и наличие или отсутствие веществ, ограничивающих действие хитозана, например, липидов и белков.

Ингибирующее действие хитозана также имело место на почвенных фитопатогенных грибах. Ингибирующая активность хитозана была выше при рН 6,0, чем при рН 7,5, когда большинство аминокрупп находятся в свободноосновной форме. Наибольшую противогрибковую и пизатин-индуцирующую активность хитозана проявляли олигомеры хитозана из семи и более остатков. Почвенные фитопатогенные грибы *Fusarium solani* и *Colletotrichum lindemuthianum* были ингибированы хитозаном.

Взаимодействие хитозана с компонентами микробной клеточной стенки, приводящее к нарушению целостности клеточной стенки и изменению внутриклеточной ультраструктуры, было отмечено (Geisberger et al., 2013).

Из-за положительного заряда на С-2 мономера глюкозамина ниже рН 6 хитозан становится более растворимым, при этом он обладает лучшей антимикробной активностью, чем хитин. Точный механизм антимикробного действия хитина, хитозана и их производных до сих пор неизвестен, но учеными предложены различные механизмы. Не сомненно, что взаимодействие между положительно заряженными молекулами хитозана и отрицательно заряженными мембранами микробных клеток приводит к утечке белковых и других внутриклеточных компонентов.

Степень подавления роста мицелия *Alternaria alternata*, обработанного хитозаном при концентрации 0,5 %, составила 100 % (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние различных концентраций хитозана на рост мицелия и жизнеспособность конидий *A. alternata*

Вариант опыта	Концентрация, %	<i>Alternaria alternata</i>			
		линейный рост, мм	отклонение от контроля, %	количество проросших конидий, %	отклонение от контроля, %
Хитозан	0,125	57,3	-32,7	85,5	-12,7
	0,25	20,6	-77,1	74	-24,4
	0,5	0,0	-100	48	-51
	1,0	0,0	-100	0,0	-100
	0,0 (Контроль)	90	0,0	98	0,0

Влияние хитозана на жизнеспособность спор *F. Solani*, *P. exigua* var. *foveate* и *A. alternata in vitro* также был значительно ингибирован хитозаном при различных концентрациях, а ингибирующее действие усиливалось с увеличением концентрации хитозана.

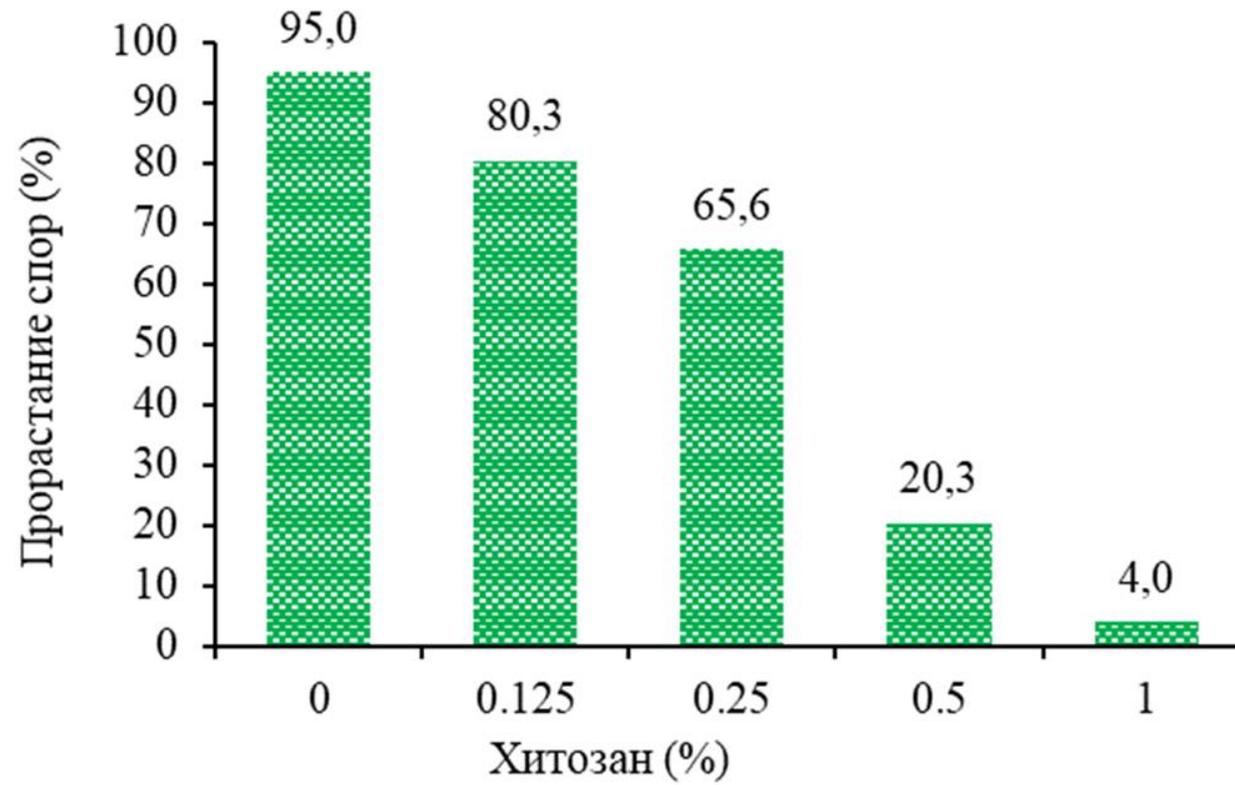


Рисунок 8 – Влияние хитозана на прорастание спор *Fusarium sambucinum* ($HC_{P_{05}} = 5,2$)

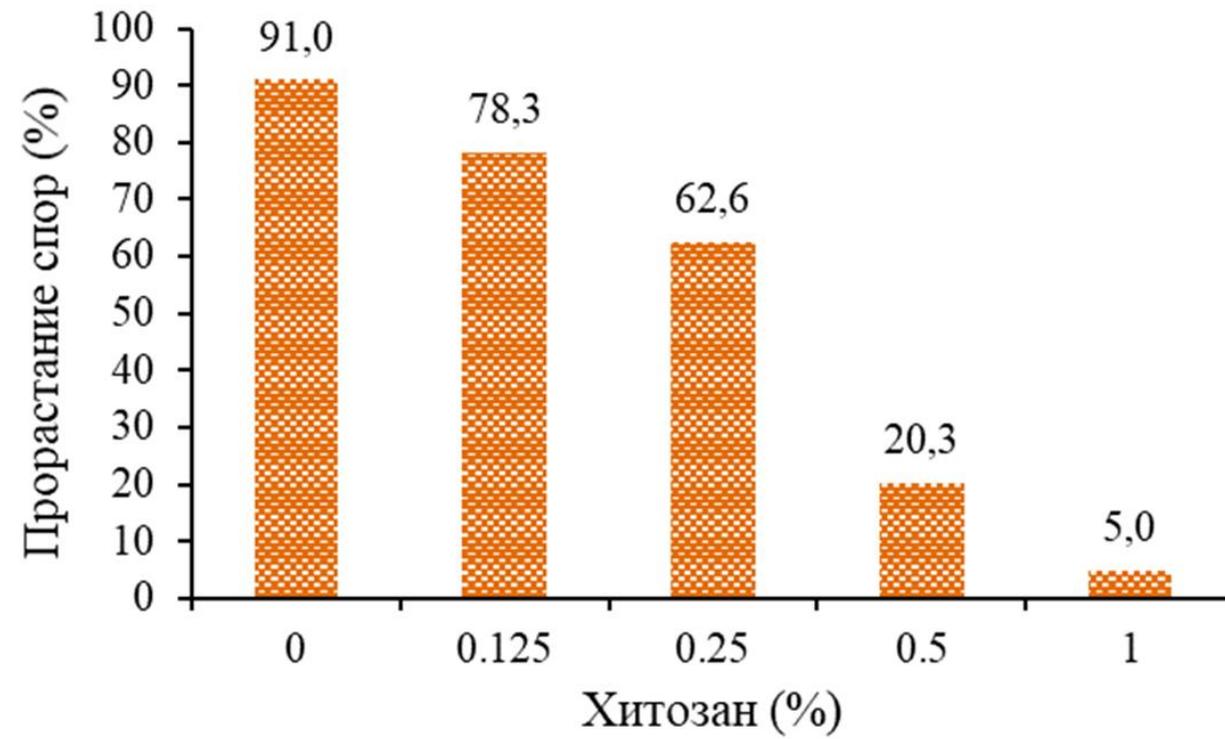


Рисунок 9 – Влияние хитозана на прорастание спор *Phoma exigua* var. *foveate* ($HCp_{05} = 6,2$)

Хитозан 1%-й концентрации при взаимодействии с компонентами почти полностью ингибировал прорастание спор *F. sambucinum* и *P. exigua* var. *foveate* (рисунки 8, 9). При этой же концентрации прорастание спор *Fusarium sambucinum* составило 4 % (95 % в контрольном варианте), процент прорастания спор *Phoma exigua* var. *Foveate* равнялся 5 % (контроль – 91%), а у *A. Alternata* – 0 % и (контроль – 98 %) соответственно. Необходимо отметить, что хитозан при концентрации 0,5 % почти полностью прекратил интенсивное прорастание спор *F. solani* и *P. exigua* var. *foveate* (20,3 %), а в варианте *A. Alternate* снизил свою эффективность до 48 % проросших конидий, что только на 51 % превысило показатель на контроле, т. е. почти половина конидий *A. Alternate* осталось жизнеспособными (приложение 6).

Влияние хитозана на ингибирование роста грибов, таких как *Botrytis cinerea*, коррелировало с уменьшением афлатоксина, выделением фитоалексина и фенольных предшественников, усилением продукции хитиназ и другими факторами, влияющими на степень защиты растений. Ранее сообщалось, что прямой контакт *Aspergillus flavus* с хитозаном приводит к ослаблению и набуханию гифов. Фунгистатические свойства хитозана против *Rhizopus stolonifer* были связаны с его способностью индуцировать морфологические изменения в клеточной стенке (El Ghaouth et al., 2002). Однако хитозан проявляет свою антибактериальную активность только в кислой среде из-за своей плохой растворимости выше pH 6,5. Таким образом, водорастворимые производные хитозана могут быть хорошими кандидатами в качестве поликатионного биоцида. Хитозан также ингибирует выработку токсинов *Alternaria alternata* и мацерирующих ферментов *Erwinia* в дополнение к выделению фитоалексина (Bhaskara et al., 1998).

3.1.3. Влияние хитозана на степень (индекс) поражения клубней, инокулированных грибами

Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных Phoma exigua var. *Foveate*; *Fusarium sambucinum*; *Rhizoctonia solani*. Обработка хитозаном

в концентрации 0,0125; 0,025; 0,05 и 0,10 кг/т значительно уменьшила степень поражения клубней картофеля, инокулированных фомозом (рисунок 10); фузариозом (рисунок 11) и ризоктониозом (рисунок 12).

Действие хитозана усиливается с увеличением концентрации от 0,0 до 0,1 кг/т. Однако обработка хитозаном в концентрации 0,1 кг/т вызвало фитотоксичность, что привело к потемнению кожуры клубней.

Анализируя максимально эффективное и нефитотоксичное влияние хитозана (норм расхода 0,05 кг/т, или концентрации 0,05 %) на степень поражения клубней при инокуляции патогенами, вызывающими болезни клубней картофеля, было установлено, что сорт Колобок поражается грибной инфекцией менее по сравнению с сортом Санте (приложение 7).

На контрольных вариантах при выращивании сорта Колобок интенсивность поражения клубней варьировал в зависимости от патогена от 32,3 до 41,6 % (в среднем 35,5 %), в то время как на сорте Санте эти же показатели изменялись от 42,0 до 46,3 % (44,2 %).

При фунгицидном воздействии хитозана на клубни сорта Колобок индекс поражения *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sambucinum*, *Phoma exigua* var. *foveate* составил 10,6; 13,3 и 18 % соответственно.

На клубнях сорта Санте индекс поражения аналогичными патогенами составил 15,6; 17,0 и 21,6 % соответственно.

Обработка хитозаном в концентрации 0,05 кг/т уменьшила степень поражения фомозом на 57,1 и 62,7 % у клубней сортов Колобок и Санте (рисунок 10); фузариозом у сортов Колобок и Санте степень поражения практически одинаковая (рисунок 11); ризоктониозом – на 67,1 и 62,8 % у сортов Колобок и Санте соответственно (рисунок 12).

Обработка хитозаном в дозе 0,05 кг/т уменьшила степень поражения фомозом на 57,1 и 62,7 % у клубней сортов Колобок и Санте соответственно; фузариозом у сортов Колобок и Санте степень снижения поражения практически одинаковая – на 61,5%; ризоктониозом на 67,1 и 62,8 % у клубней сортов Колобок и Санте соответственно.

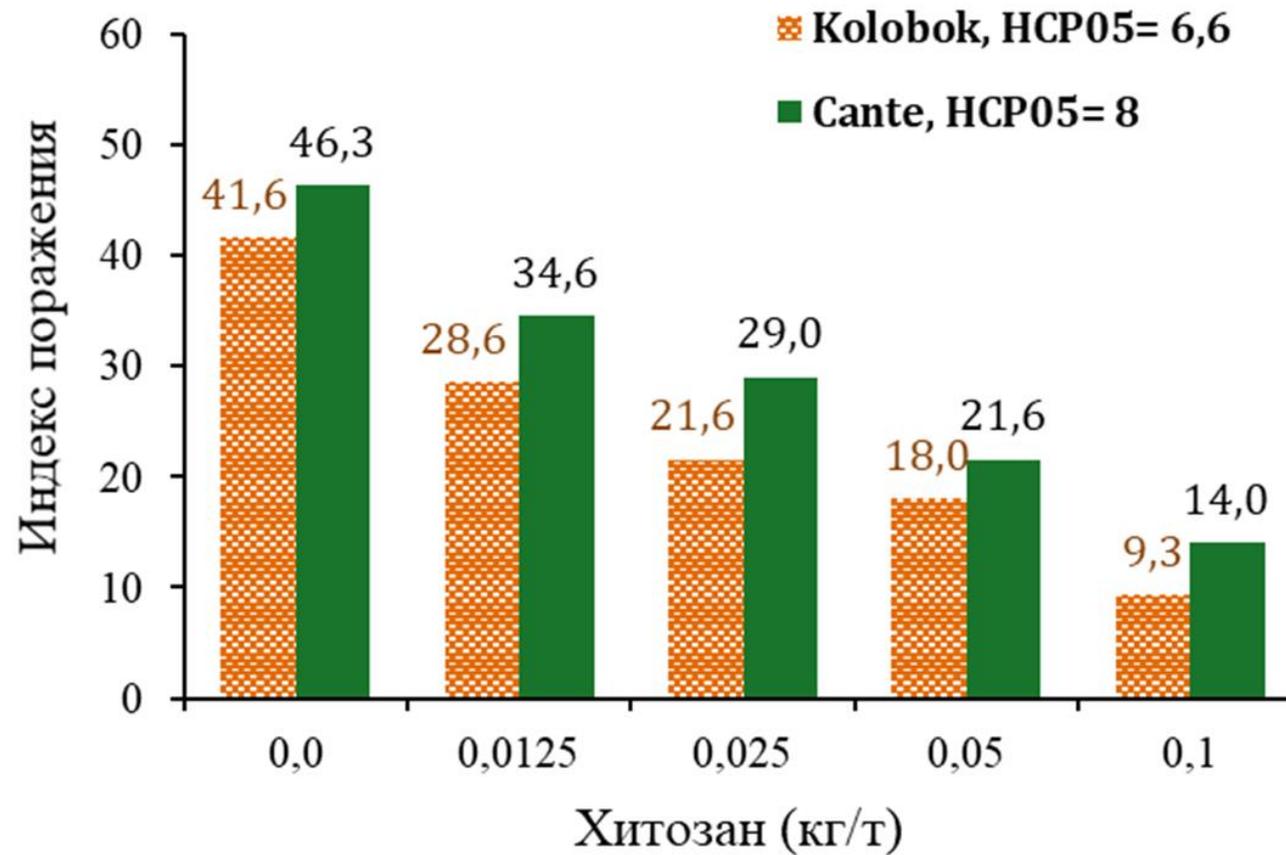


Рисунок 10 – Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Колобок и Санте (НСР₀₅ для сорта Колобок = 6,6; НСР₀₅ для сорта Санте = 8,0)

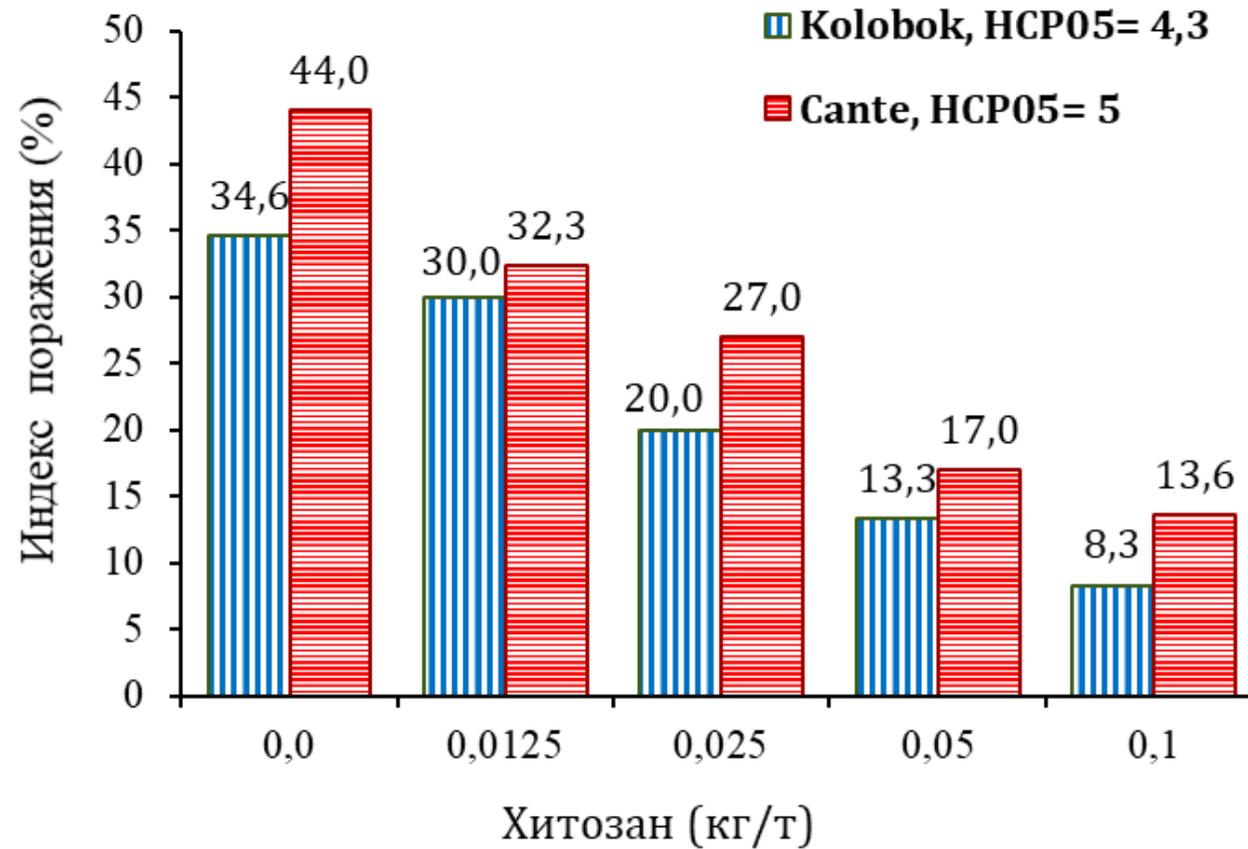


Рисунок 11 – Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Fusarium sambucinum*, сорта Колобок и Санте (HCP₀₅ для сорта Колобок = 4,3; HCP₀₅ для сорта Санте = 5,0)

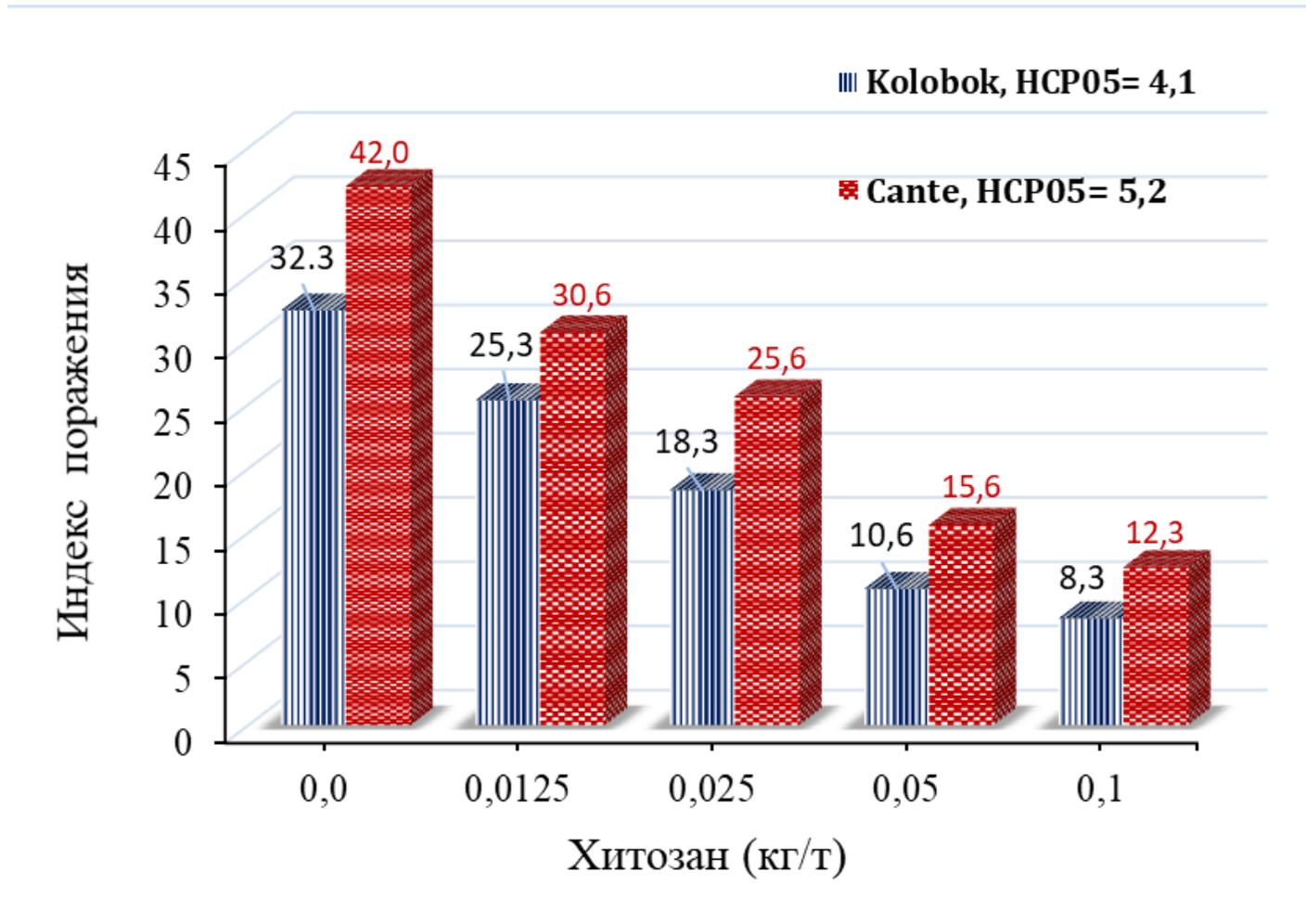


Рисунок 12 – Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорта Колобок и Санте (HCP₀₅ для сорта Колобок = 4,1; HCP₀₅ для сорта Санте = 5,2)

3.1.4. Влияние хитозана на защитные ферменты зараженных клубней

Влияние хитозана на защитные ферменты клубней зараженных ризоктониозом (приложение 8). Хитозан индуцировал высокий уровень экспрессии пероксидазы (ПО) у обоих сортов (рисунок 13 А, Б). У сорта Колобок значительное повышение активности пероксидазы наблюдалось после первого дня, затем следовало сильное повышение активности до четвертого дня (рисунок 13 А). У сорта Санте этот эффект был более слабым и замедленным, первый пик активности пероксидазы проявился только после трех дней обработки (рисунок 13 Б).

Индукция активности пероксидазы достигала самого высокого уровня через 4–5 дней после обработки у сортов Колобок и Санте соответственно (рисунок 14 А, Б). Характер активности полифенолоксидазы (ПФО) в обработанных клубнях был выше, чем в контроле у обоих сортов.

Элиситоры – это вещества, которые могут вызывать защитные реакции при воздействии на растительные ткани или культивируемые растительные клетки (олигосахариды, гликопротеины, пептиды и липиды). Хорошо изученные олигосахаридные элиситоры включают олигоглюкан, олигохитин, олигохитозан и олигогалактуроновую кислоту. Когда растение, выработавшее механизм резистентности, сталкивается с патогеном, в местах попытки заражения происходит быстрая высоколокализованная гибель клеток (гиперчувствительная гибель клеток). Различные биохимические защитные реакции происходят в окружающих клетках: к ним относятся выработка активных форм кислорода, структурные изменения в клеточной стенке, накопление защитных белков и биосинтез фитоалексина.

Предпосевная и послеуборочная обработка многих культур хитозаном и его производными приводит к подавлению гниения при хранении во таких продуктах, как помидоры, картофель, клубника, цитрусовые, яблоки, бананы, виноград и многие другие овощи и фрукты. В ряде исследований отмечается, что хитозан обладает множественными механизмами действия, характеризующимися прямыми антимикробными свойствами, пленкообразующей активностью и индукцией защитных сил хозяина (Romanazzi et al., 2003).

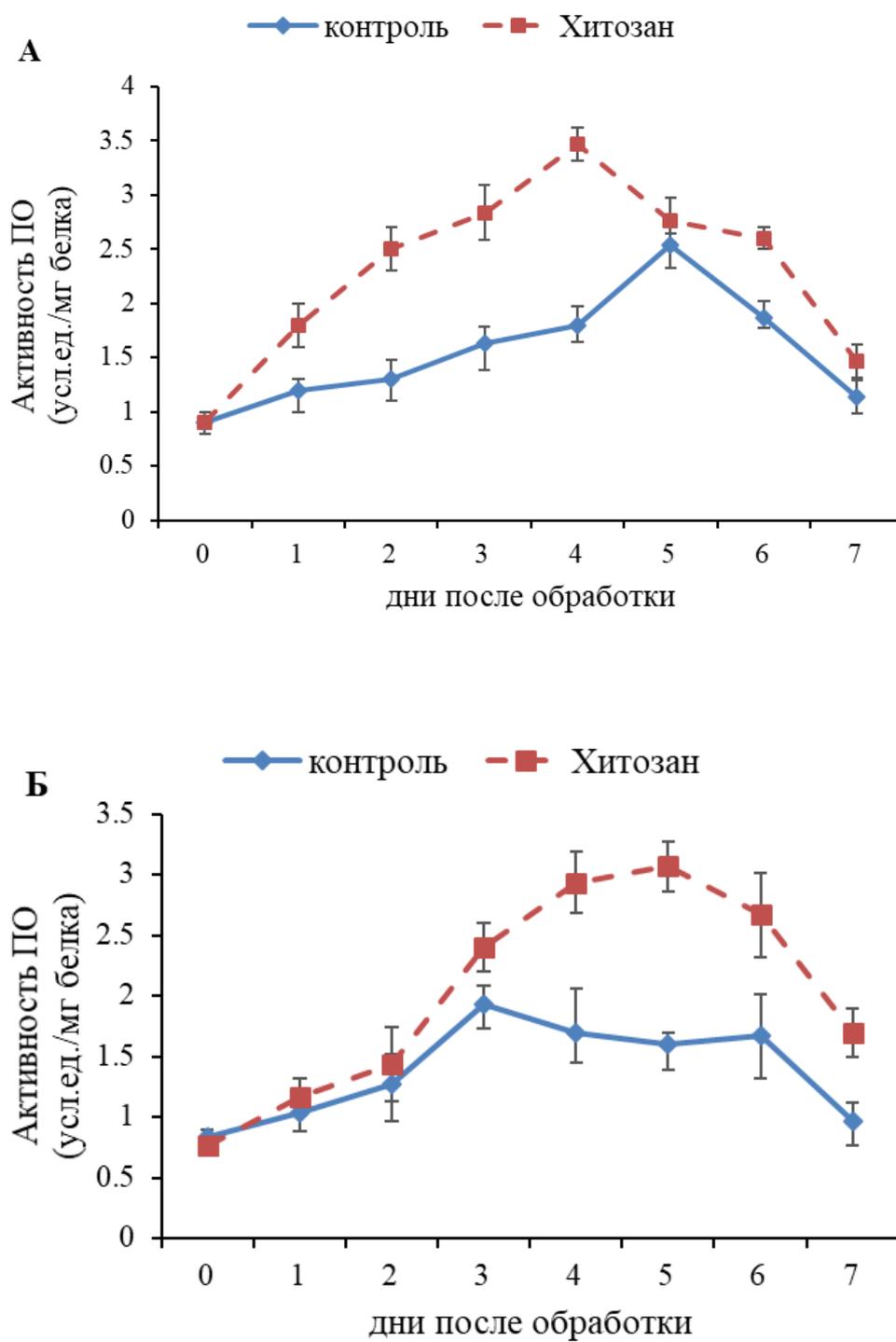


Рисунок 13 – Влияние хитозана на активность ПО клубней, зараженных *Rhizoctonia solani*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

Обработка хитозаном вызывала значительное повышение активности полифенолоксидазы, пероксидазы и фенилаланина аммиака лиазы в ряде культур: она

увеличивала общее содержание фенолов, флавоноидов и других противогрибковых веществ, а также приводила к накоплению активных форм кислорода за счет регуляции активности метаболических ферментов, таких как супероксиддисмутаза и каталаза (El Ghaouth et al., 2000).

У клубней сорта Колобок активность полифенолоксидазы проявлялась по-разному между клубнями, обработанными и необработанными хитозаном. Наибольшая активность наблюдалась на 3-и и 6-е сут. у обработанных клубней (рисунок 14 А). Активность ПФО у клубней сорта Санте не различалась как у обработанных хитозаном, так и у необработанных контрольных клубнях. Активность полифенолоксидазы продемонстрировала более высокое содержание в образце, обработанном хитозаном (диапазон увеличения в 1,3–1,9 раза), чем в необработанных контрольных образцах (рисунок 14 Б).

Хитозан широко популярен в сельском хозяйстве, т.к. его применение приводит к усилению роста растений и способствует активной борьбе с болезнями (El Ghaouth et al., 2000). Применение хитозана и его олигосахаридов может повысить рост растений, всхожесть семян, содержание хлорофилла в растениях, азотфиксацию и поглощение питательных веществ, улучшить ультраструктуру хлоропластов. В ряде исследований отмечалась значимость хитозана и его олигосахаридов в процессе роста и развития растений. Послеуборочная обработка хитозаном обеспечила значительное подавление гнили в клубнях, которое явно коррелировало с активацией защитных ферментов. В целом количество гнили уменьшалось с увеличением концентрации хитозана, но оптимальная концентрация обработки варьировала в зависимости от размера и качества плодов, а также количества патогенов. Активность фенилаланин аммиак-лиаза (ФАЛ) постепенно повышалась в обработанных хитозаном клубнях обоих сортов, достигая максимальных значений на 3-и и 6-е сут. у сортов Колобок и Санте соответственно (рисунок 15 А, Б). Влияние хитозана на защитные ферменты клубни, зараженных фузариозом, выражалось в индуцировании хитозаном высокого уровня экспрессии ПО у обоих сортов (рисунок 16 А, Б).

Максимальная активность ПФО появилась через 5 дней после обработки хитозаном обоих сортов (рисунок 16 А, Б).

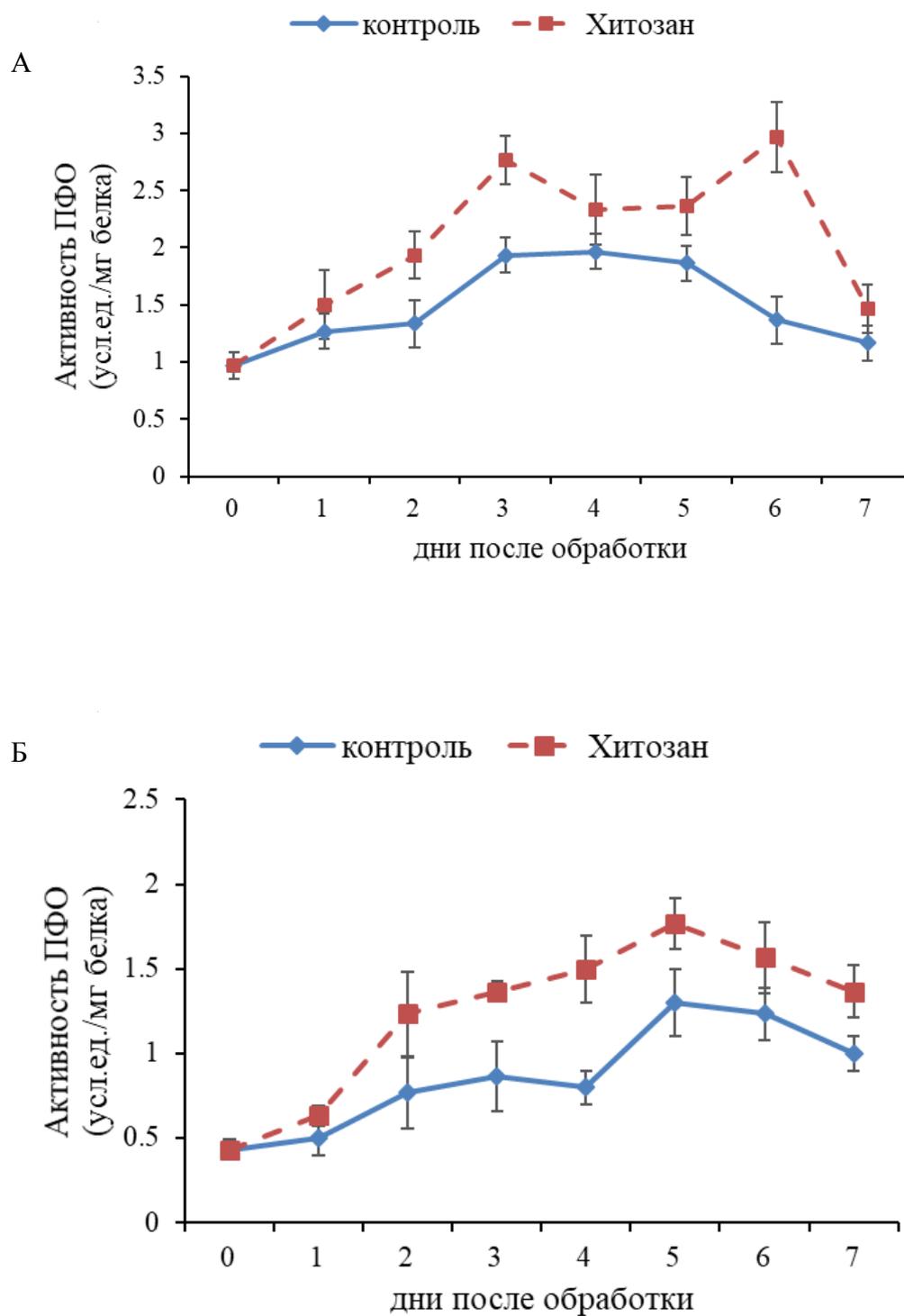


Рисунок 14 – Влияние хитозана на активность ПФО клубней, зараженных *Rhizoctonia solani*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

А

Б

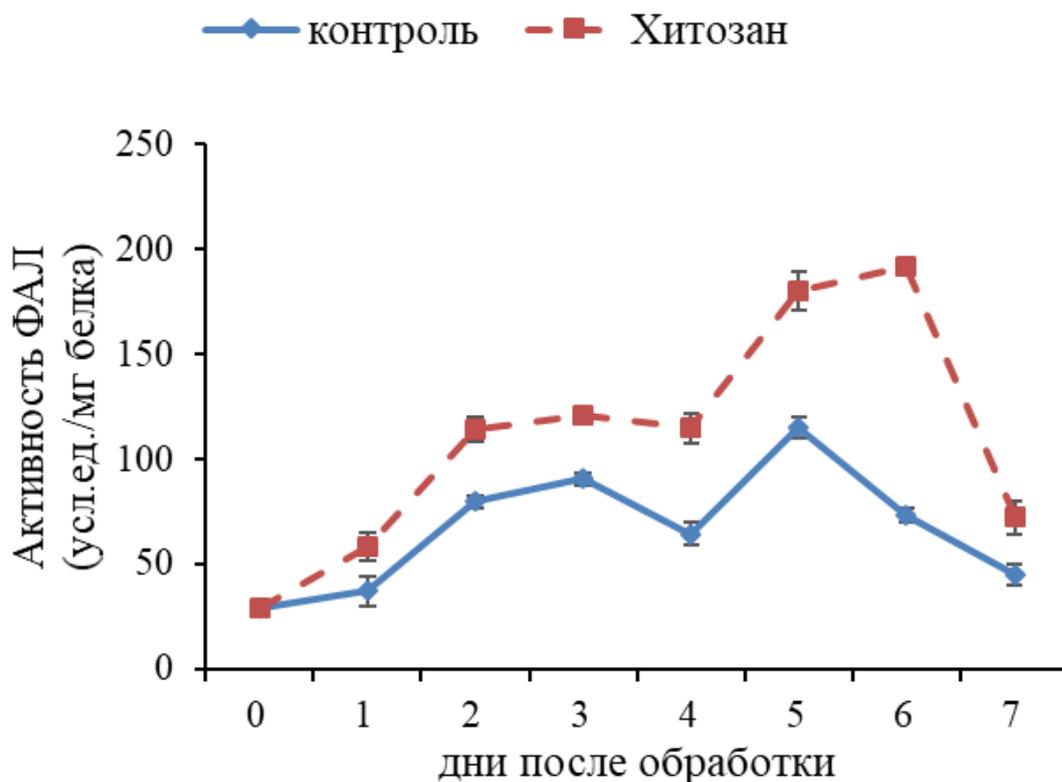


Рисунок 15 – Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, зараженных *Rhizoctonia solani*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санта

Предыдущие исследования показали, что хитозан в концентрации 1–2 % был достаточно эффективен в снижении *Penicillium expansum* при контролируемом хранении плодов яблони (De Carpeville et al., 2002), а обработка хитозаном в концентрации 1 % позволила уменьшить гниль черешни, появившуюся после сбора урожая (Romanazzi et al., 2003).

Результаты настоящего эксперимента показали, что 0,5%-я концентрация была наиболее эффективной для снижения степени поражения. Это может быть связано с различиями в чувствительности различных видов к хитозану *in vivo* и патогенезом различных грибов при взаимодействии патогена и хозяина.

Индукцированные защитные реакции у растений были тесно связаны с ферментативными реакциями. Ферменты участвовали в первой линии защиты и подавляли поражаемость патогенами. Сообщалось, что хитозан вызывает появление защитных следов. В данном эксперименте обработка хитозаном и инокуляция увеличили активность пероксидазы и полифенолоксидазы в тканях картофеля. Данное наблюдение подтверждает сообщение об усилении хитозаном деятельности пероксидазы и полифенолоксидазы в плодах томатов (Liu et al., 2007). При этом пероксидаз участвует в укреплении клеточной стенки и в заключительных этапах биосинтеза лигнина и в сшивании белка клеточной стенки (Graham & Graham, 1991).

Полученные результаты вполне согласуются с имеющимися в литературе данными об активации пероксидаз различных растений, включая картофель, в ответ на патогенез (Андреева, 1988; Савич, 1989). Пероксидазный комплекс ученые рассматривают как индикатор стрессового состояния растений, а повышение активности пероксидаз связывают с участием их в превращении фенолов в еще более токсичные для патогенов хиноны (Роговин, 1977).

Активность полифенолоксидазы была достаточно высокой у клубней обоих сортов после обработки хитозаном. У сорта Колобок реакция характеризовалась сильным повышением активности в течение 2–4сут., оставаясь на высоком уровне до конца экспериментов в течение 7 дней (рисунок 17 А). При этом активность оставалась всегда ниже у сорта Санте (рисунок 17 Б).

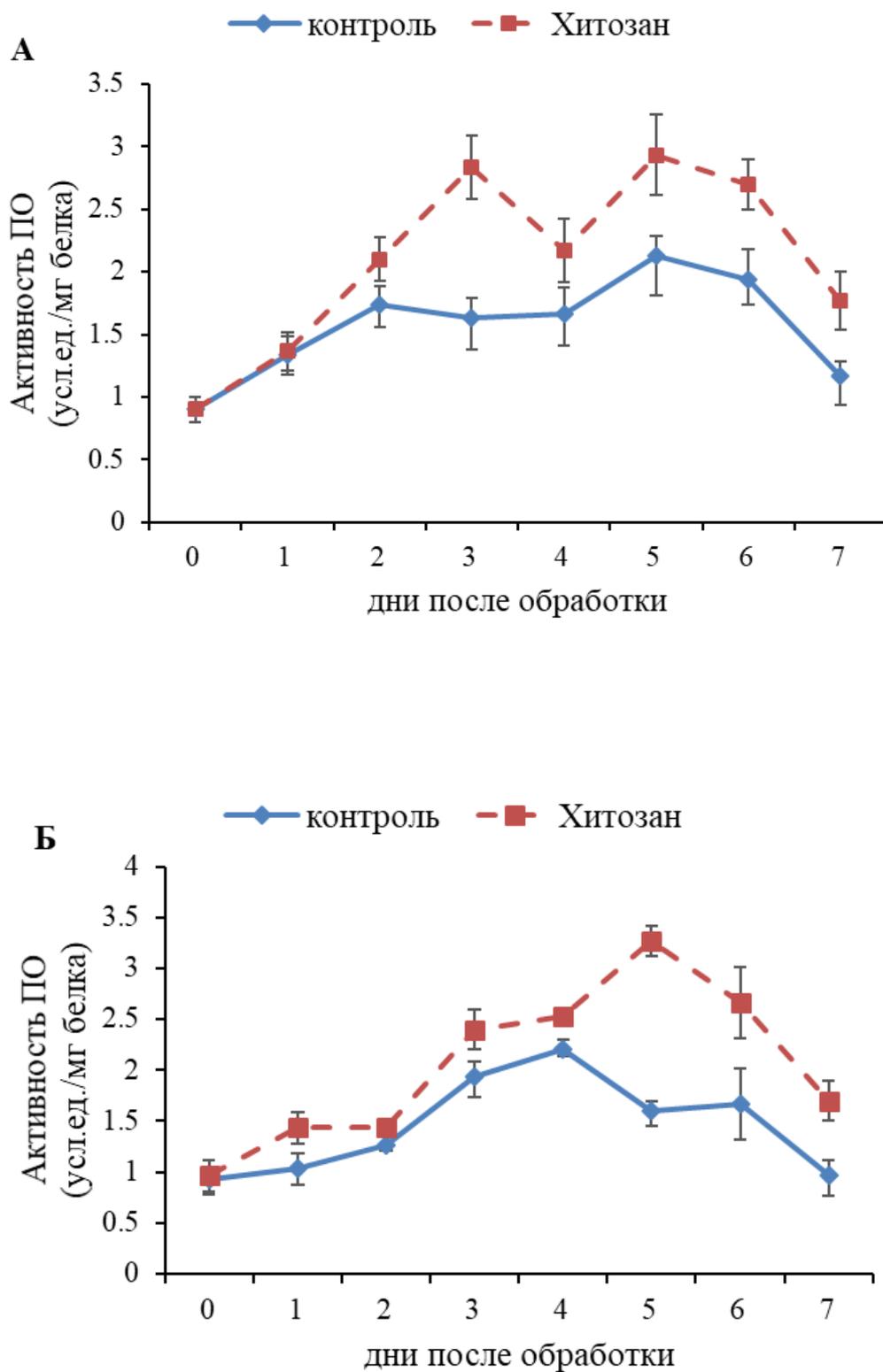


Рисунок 16 – Влияние хитозана на активность ПО клубней, зараженных *Fusarium sambucinum*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

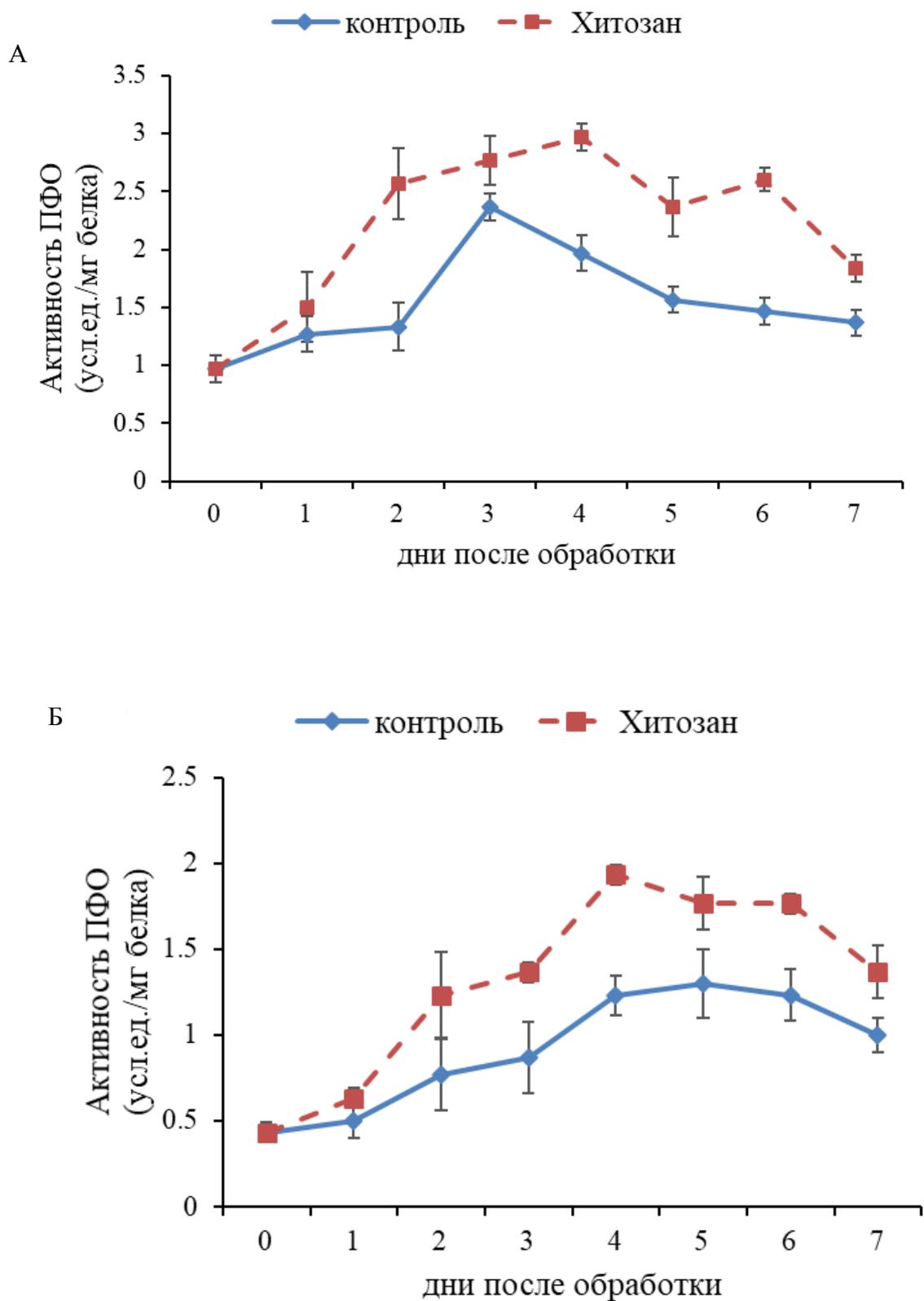


Рисунок 17 – Влияние хитозана на активность ПФО клубней, зараженных *Fusarium sambucinum*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

Обработка хитозаном повышала активность ФАЛ у клубней обоих сортов. Однако в течение 7 дней активность ФАЛ была выше у сорта Колобок, чем у сорта Санте (рисунок 18 А, Б). У сорта Колобок наибольшая активности ФАЛ наблюдалось через 4 дня после обработки хитозаном. В свою очередь, у сорта Санте данная реакция была менее выражена: наибольшая активность ФАЛ появилась только через 5 дней.

В ходе опытов так же было обнаружено увеличение активности фенилаланин-аммиак-лиазы в инокулированных тканях клубня, обработанного хитозаном. ФАЛ является первым ферментом фенилпропаноидного пути и участвует в биосинтезе фенольных соединений, фитоалексинов и лигнина (Giberti et al. 2012). Следовательно, повышенная активность фенилаланин-аммиак-лиазы может повысить устойчивость растений к болезням.

Активность хитозана может быть связана с его способностью интерферировать с отрицательно заряженными остатками макромолекул, экспонированными на поверхности грибковых клеток, что приводит к утечке внутриклеточных электролитов и белковых компонентов (Leuba, 1986; Xu et al. 2006). Другим объяснением может быть взаимодействие продуктов диффузного гидролиза с ДНК микробов, которое влияет на синтез мРНК и белка (Zakrzewska et al. 2005).

Дальнейшие исследования показали важную роль хитозана в индуцировании защитных реакций растений, включая защитные гены или ферменты, антиоксидантные ферменты, общие фенольные соединения и т.д.

В источниках сообщалось, что хитозан обладает высоким потенциалом в процессе стимулирования роста и урожайности растений, увеличивая рост проростков, фотосинтез и поглощение питательных веществ.

Влияние хитозана на защитные ферменты на клубней, зараженных фомозом, проявлялось в том, что хитозан индуцировал высокий уровень экспрессии пероксидазы у клубней обоих сортов (рисунок 19 А, Б).

Увеличение активности пероксидазы после обработки хитозаном было выше у клубней сорта Колобок, чем у сорта Санте.

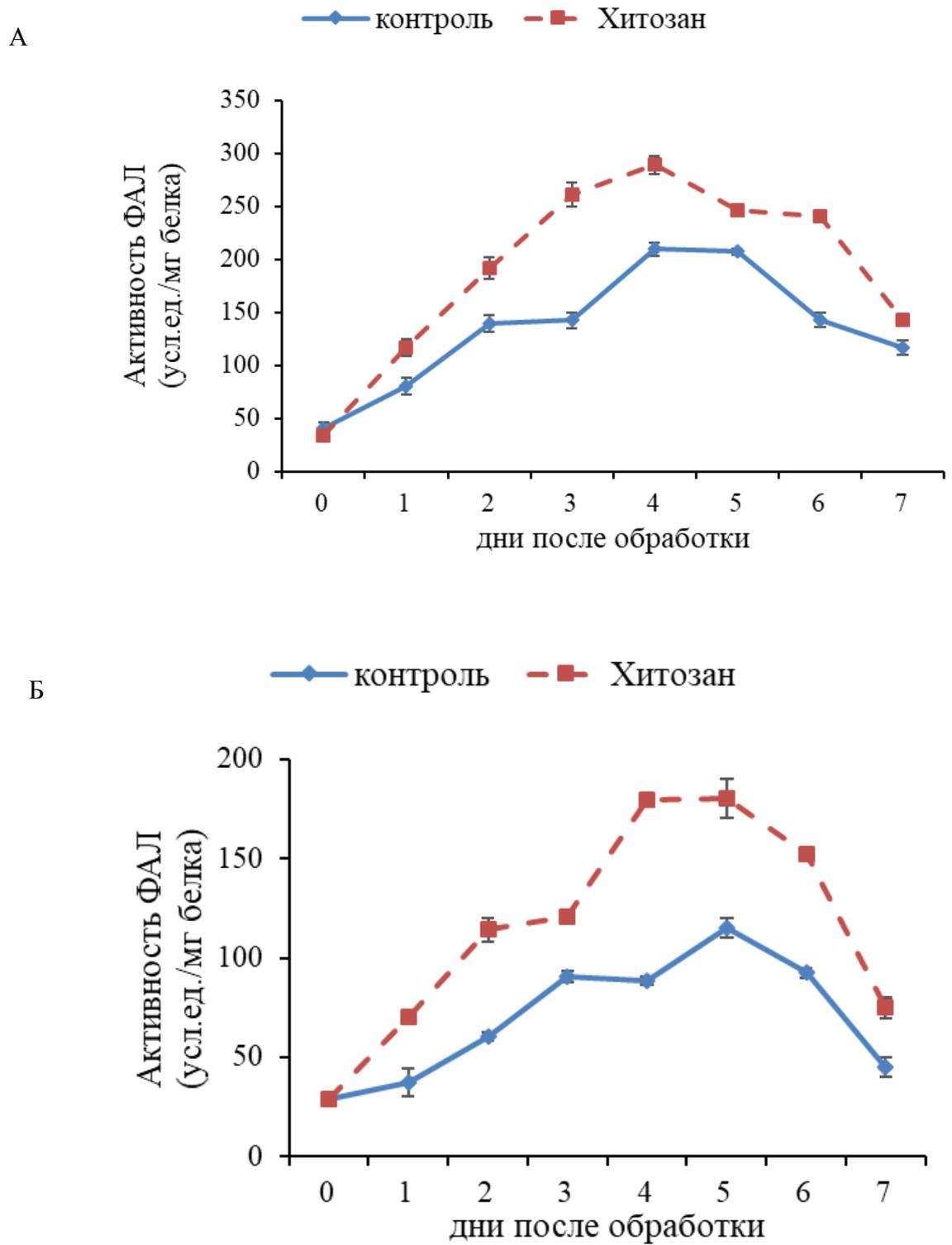


Рисунок 18 – Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней зараженных *Fusarium sambucinum*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

Разница сроков индуцирования равнялась трем дням. Максимальная активность пероксидазы появилась через 5 дней после обработки хитозаном клубней сорта Колобок. Тем не менее, значительное увеличение уровня ПО наблюдалось после 4 дней после обработки клубней сорта Санте.

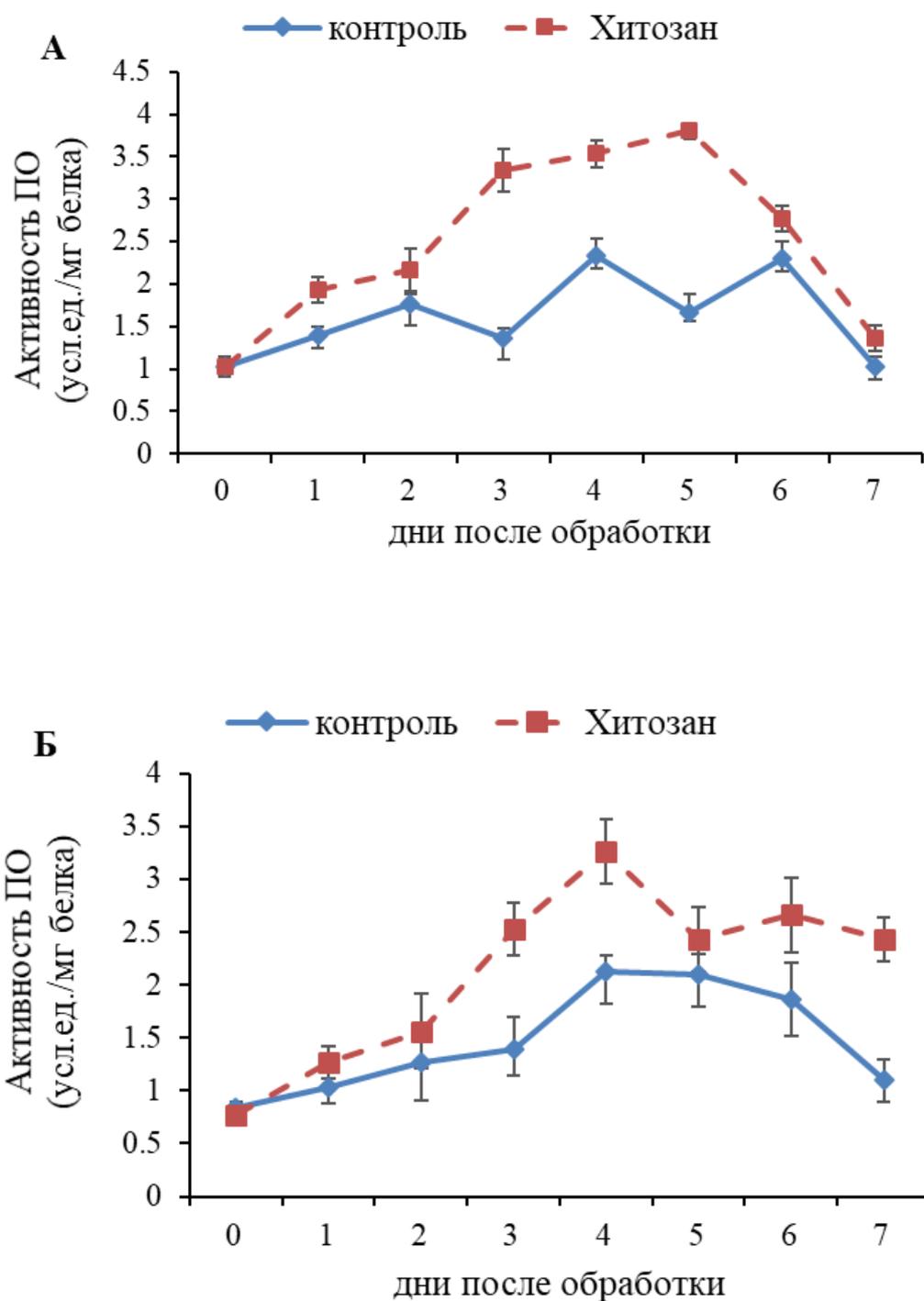


Рисунок 19 – Влияние хитозана на активность ПО клубней, зараженных *Phoma exigua* var. *foveate*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

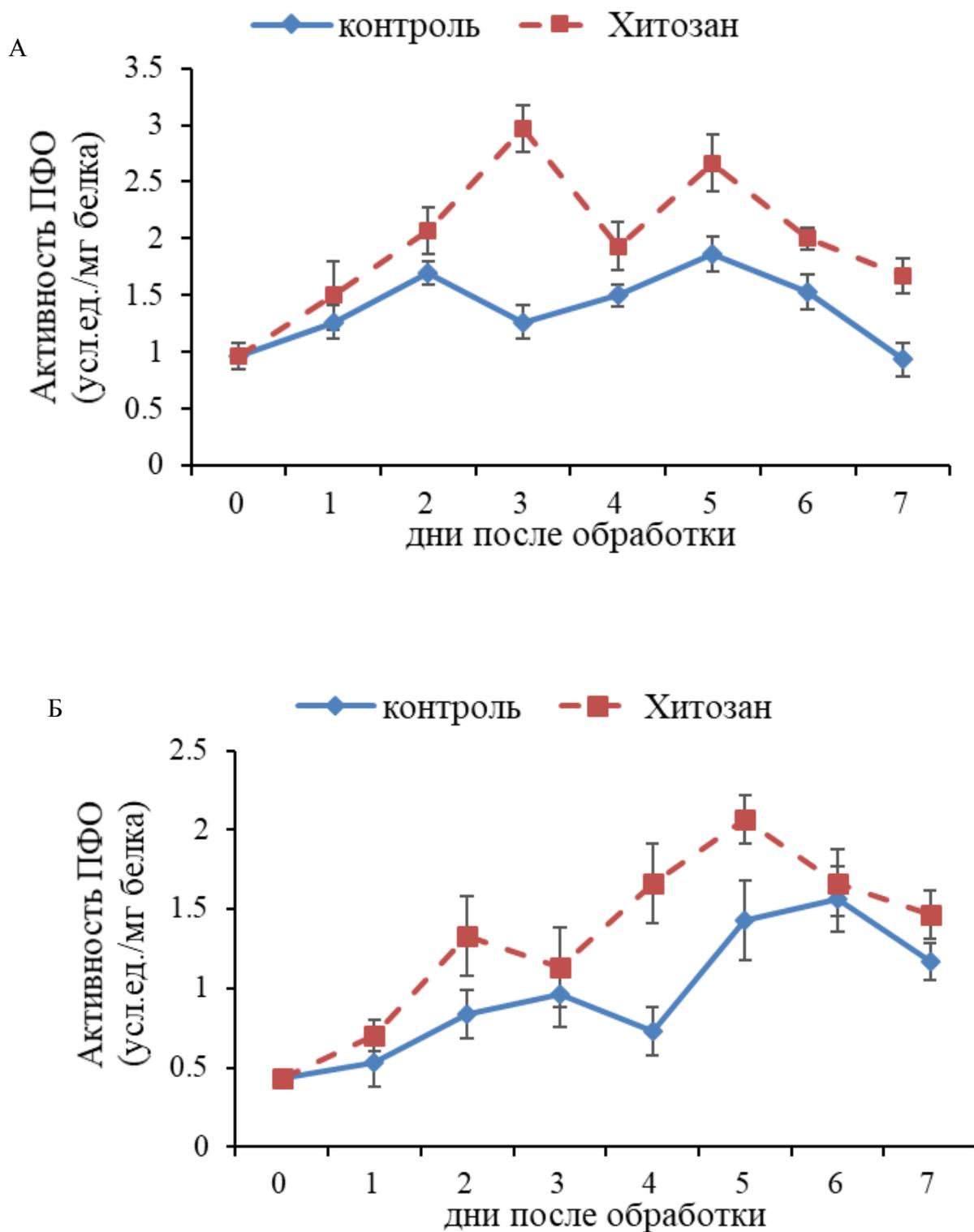


Рисунок 20 – Влияние хитозана на активность ПФО клубней, зараженных *Phoma exigua* var. *foveate*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

Активность полифенолоксидазы повысилась у клубней обоих сортов после обработки хитозаном. У сорта Колобок реакция характеризовалась значительным повышением активности в течение первых трех дней, сохраняясь на высоком

уровне до конца экспериментов через 7 дней (рисунок 20 А). Активность у сорта Санте всегда была ниже (рисунок 20 Б).

Обработка хитозаном повышала активность ФАЛ у клубней обоих сортов. Разница между сортами в сроках и активности ФАЛ составляла три дня (рисунок 21 А, Б).

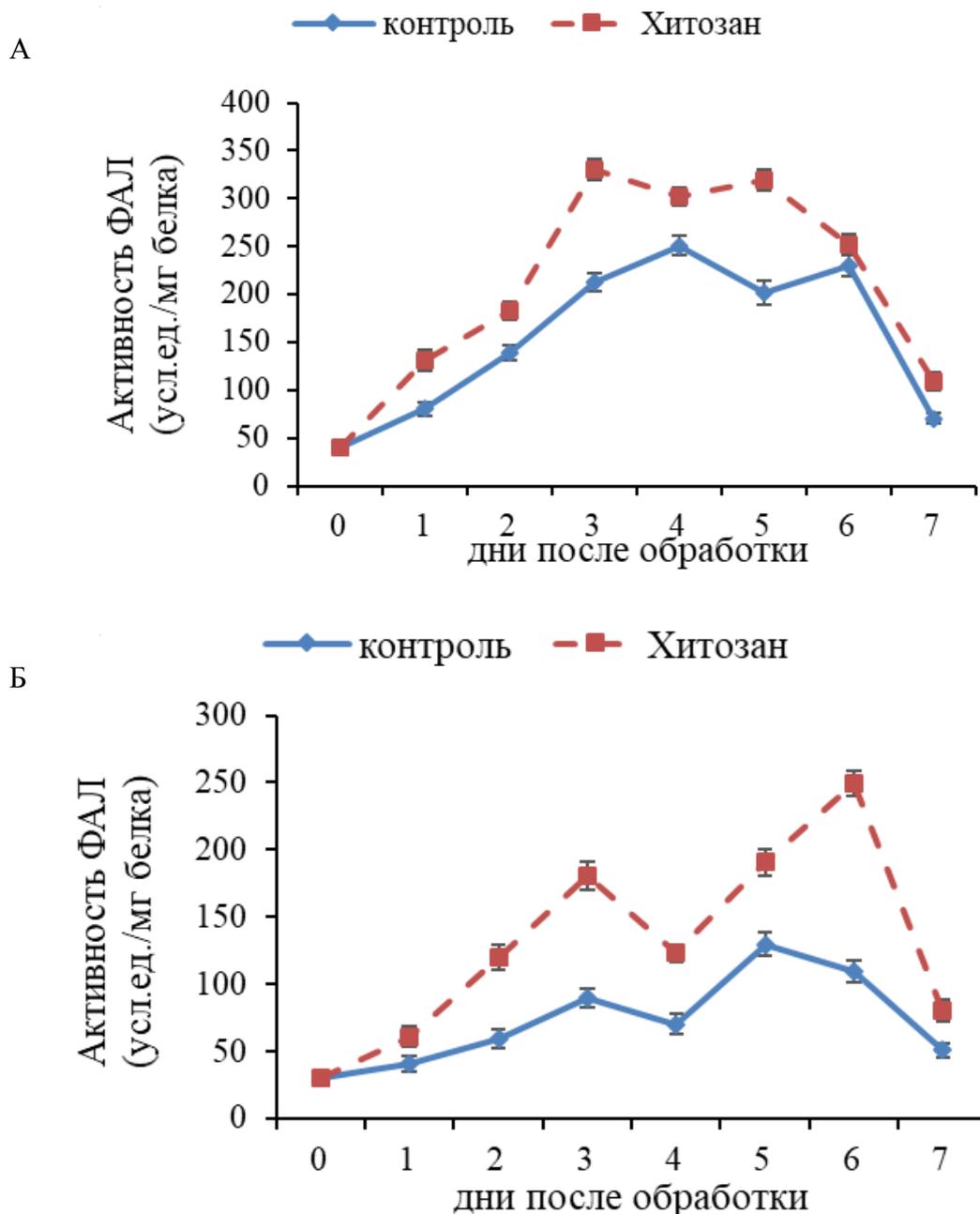


Рисунок 21 – Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, зараженных *Phoma exigua* var. *foveate*: А – сорт Колобок; Б – сорт Санте

При этом в течение 7 дней активность ФАЛ была выше у клубней сорта Колобок, чем у сорта Санте. У сорта Колобок наибольшая активности ФАЛ наблюдалось через трое сут. после обработки хитозаном. В свою очередь, у сорта Санте данная реакция была менее выражена и наибольшая активность ФАЛ отмечалась только через 6 дней (рисунок 21 А, Б).

Хитозан непосредственно ингибировал прорастание спор и рост мицелия испытываемых грибов. Исследование подтвердило данные других исследователей о противогрибковой активности хитозана при прорастании спор, удлинении зародышевых трубочек и росте мицелия многих патогенов растений (Ben-Shalom et al. 2003; Xu et al. 2006).

Хитозан может быть использован в условиях *in vitro*, а также в полевых условиях. Применение хитозана и его олигосахаридов, как доказали проведенные опыты, может повысить рост растений, всхожесть семян, содержание хлорофилла, азотфиксацию и поглощение питательных веществ, а также улучшить ультраструктуру хлоропластов.

3.1.5. Определение противогрибковой активности масел кумина и лаванды и их защитного действия против болезней клубней картофеля при хранении

Некоторые эфирные масла могут влиять на эффективность митохондрий, ингибируя действие митохондриальных дегидрогеназ, участвующих в биосинтезе АТФ, таких как лактатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа и сукцинатдегидрогеназа. Результаты исследований показали высокий уровень фунгицидного воздействия эфирных масел по отношению к фузариозу и фомоз при всех концентрациях и значительное ингибирование роста мицелия (18,1–100 %) (таблица 10) и жизнеспособность конидий (12,8–100 %) по сравнению с контролем (таблица 11).

Таблица 10 – Влияние различных концентраций эфирных масел на рост мицелия *Fusarium sambucinum* и *Phoma exigua* var. *foveate*

Вариант	Концентрация, %	<i>Fusarium sambucinum</i>		<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
		линейный рост, мм	отклонение от контроля, %	линейный рост, мм	отклонение от контроля, %
Масло лаванды	0,0 (Контроль)	84,7	0,0	85	0,0
	0,1	65,3	-22,9	69,6	-18,1
	0,2	28,1	-66,8	33,2	-60,9
	0,4	0,0	-100	0,0	-100
Масло кумина	0,0 (Контроль)	85	0,0	84,9	0,0
	0,1	54,6	-35,7	50,3	-40,7
	0,2	19,1	-77,5	17,1	-79,8
	0,4	0,0	-100	0,0	-100

Причем оба масла при концентрации 0,04 л/т вызывали 100%-е ингибирование роста мицелия и прорастания спор.

Многие эфирные масла, используемые в настоящее время для консервирования пищевых продуктов, отнесены к общепризнанной категории безопасных по результатам анализа их воздействия на продукты. Таким образом, эфирные масла могут играть важную роль в решении проблем, связанных с потерями при хранении пищевых продуктов, сохранением их качества и повышением срока годности.

Исследователи утверждают, что они обладают разнообразными биологическими свойствами. Экспериментально доказано, что эфирные масла снижают вероятность развития резистентности и ряда биологических активностей, в том числе противовирусной, антибактериальной, противогрибковой, антимуtagenной, антиоксидантной. Они также являются эфемерными, биоразлагаемыми (экологически безопасными), системными по своей природе, возобновляемыми и летучими. Такие свойства делают эфирные масла пригодными для их использования в качестве пестицидов на растительной основе.

Kamble (2015) обнаружил, что эфирное масло кумина сильно ингибировало все клинические изоляты *Candida albicans* и недрожжеподобного грибка *Candida* с зонами задержки роста от 27 до 72 мм. Масло *C. Cuminum* проявляет высокую антибактериальную и противогрибковую активность в отношении штаммов *Vibrio spp.* с диаметром зон ингибирования роста в пределах от 11 до 23 мм и значениями МИК (минимальная ингибирующая концентрация) и МБК (минимальная бактерицидная концентрация) в диапазоне от 0,078–0,31 мг/мл до 0,31–1,25 мг/мл соответственно (Hajlaoui et al., 2010). Mohammadpour et al., (2012) обнаружили, что эфирное масло кумина оказало сильное ингибирующее влияние на рост грибов видов *Aspergillus in vitro*. Масло кумина обладает хорошей противогрибковой активностью в отношении фитопатогенных грибов *in vitro*, например *B. cinerea*, *F. oxysporum* и *Aspergillus quitensis* (Romagnoli et al., 2010). Обработка маслами при концентрации 0,01–0,04 л/т значительно уменьшала степень поражения клубней картофеля, инфицированных фузариозом и фомозом (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние различных концентраций эфирных масел на жизнеспособность конидий *Fusarium sambucinum* и *Phoma exigua* var. *foveate*

Вариант	Концентрация, %	<i>Fusarium sambucinum</i>		<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
		проросшие конидий, %	отклонение от контроля, %	проросшие конидий, %	отклонение от контроля, %
Масло лаванды	0,0 (Контроль)	99,6	0,0	97,6	0,0
	0,1	83,3	-16,3	85,1	-12,8
	0,2	41,6	-58,2	52,6	-46,1
	0,4	0,0	-100	0,0	-100
Масло кумина	0,0 (Контроль)	98,0	0,0	98,2	0,0
	0,1	76,2	-22,2	71,6	-27
	0,2	28,2	-71,2	31,3	-68,1
	0,4	0,0	-100	0,0	-100

При этом эфирное масло кумина при концентрации 0,04 л/т оказывало наибольшее действие (93,5–97,1 %) по сравнению с маслом лаванды (91,2–95,4 %) (см. таблица 11).

Проводя сравнительную оценку противогрибковой активности масел кумина и лаванды и их защитного действия против болезней клубней картофеля при хранении, можно со всем основанием утверждать, что масло кумина обладает наибольшей фунгицидной активностью (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние эфирных масел на степень поражения клубней, инокулированных спорами фузариоза и фомоза

Сорт	Вариант	Норма расхода, л/т	<i>Fusarium sambucinum</i>		<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveate</i>	
			степень поражения клубней, %	отклонение от контроля, %	степень поражения клубней, %	отклонение от контроля, %
Санте	Масло лаванды	0,0 (Контроль)	20,3	0,0	32,6	0,0
		0,01	10,1	-50,4	19,3	-40,7
		0,02	4,6	-77,3	7,6	-76,6
		0,04	1,6	-92,1	2,3	-92,9
	Масло кумина	0,0 (Контроль)	20,3	0,0	32,6	0,0
		0,01	12,3	-39,4	13,6	-58,2
		0,02	4,6	-77,3	5,6	-82,8
		0,04	1,3	-93,5	1,3	-96
Романо	Масло лаванды	0,0 (Контроль)	29,6	0,0	35,0	0,0
		0,01	18,6	-37,1	23,6	-32,7
		0,02	7,3	-75,3	11,1	-68,3
		0,04	2,6	-91,2	1,6	-95,4
	Масло кумина	0,0 (Контроль)	29,6	0,0	35,0	0,0
		0,01	14,3	-51,6	20,3	-42,0
		0,02	6,3	-78,7	9,0	-74,2
		0,04	1,6	-94,5	1,0	-97,1

Экспериментами доказано, что применение эфирного масла лаванды высоко эффективно в борьбе с грибковыми инфекциями во всех вариантах: до уборки урожая и после. Эфирное масло лаванды вызывало цитоплазматическую коагуляцию, вакуолизацию, ссыхание гиф, нарушение спорообразования, гибель гиф, ингибирование прорастания спор и удлинение зародышевой трубки у грибов.

Потенциальный контроль над возбудителями болезней сельскохозяйственных культур, такими как фитофтора, склеротин и ботритис, возбудителями болезней, вызванных белой гнилью и серой гнилью может значительно снизить потери урожая (Moon et al., 2007; Soylu et al., 2010; Zambonelli et al., 1996).

Эфирное масло лаванды эффективно в борьбе как с послеуборочными, так и с сельскохозяйственными грибковыми инфекциями.

Оно вызывает цитоплазматическую коагуляцию, вакуолизацию, сморщивание гифов, деградацию гифов и ингибирование прорастания споровых трубок и удлинение зародышевых трубок у грибов.

Потенциальный контроль и угнетающее воздействие на важнейших возбудителей сельскохозяйственных болезней, таких как фитофтора, склеротиния и ботритис, возбудителей фитофтороза, белой плесени и серой плесени, может значительно снизить потери урожая (Soylu and Kurt, 2010).

3.2. Полевые опыты

3.2.1. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и максимумом на всхожесть картофеля

Данные таблицы 13 показывают степень влияния предпосадочного внесения хлорида кальция, хитозана и максима на всхожесть картофеля через 21 день после посадки клубней, зараженных ризоктониозом. Из полученных результатов видно, что применение хлорида кальция, хитозана и Максима значительно увеличило всхожесть зараженных клубней (приложение 1; таблицы 1–3).

Применение наибольшей дозы хлорида кальция (0,1 кг/т) совместно с хитозаном (0,05 кг/т) оказывало более значимое влияние на всхожесть растений по сравнению с другими обработками. На контрольных вариантах всхожесть клубней картофеля сортов Невский и Ароза составляла 41,8 % и 50,4% соответственно.

Анализируя влияние обработок хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля сортов Ароза и Невский при искусственном заражении ризоктониозом отмечено, что на обоих сортах были статистически равные показатели снижения активности патогена при обработки клубней протравителем Максим, КС 0,4 л/т (64,2 и 67,9 % соответственно).

Наибольшая всхожесть растений – 82,3 % отмечена при обработке клубней, зараженных ризоктониозом, CaCl_2 (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т). А при обработке Максимом, КС в дозе 0,4 л/т всхожесть составила 67,9 % (таблица 13). Фактор сорта не оказывал значительного влияния на всхожесть растений в этих условиях ($F_{\phi} = 0,04 < F_{05} = 4,94$).

Таблица 13 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и максимумом на всхожесть картофеля при искусственном заражении ризоктониозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Всхожесть, %		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	50,4	41,8	46,1
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	65,2	71,0	68,1
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	81,6	82,9	82,3
Максим, КС 0,4 л/т	64,2	67,9	67,9
среднее по сортам (Фактор В)	66,3	65,9	
Всхожесть Фактор (А): $F_{\phi} = 51,26 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 6,25 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,04 < F_{05} = 4,94$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,07 < F_{05} = 3,23$			

При обработке клубней CaCl_2 (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть клубней сортов Ароза и Невский составили 65,2 и 71,0 % соответственно.

Аналогичные показатели при обработке клубней CaCl_2 0,1 (кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) по сортах составили 81,6 и 82,9 % соответственно.

Статистические данные указывает, что при подавлении ризоктониоза вышеуказанными фунгицидными обработками не было отмечено различий в сортовой чувствительности картофеля ($\text{НСР}_{05} = 6,25$), т.е. на одинаковые варианты обработок сорта реагировали идентично.

В то время как между самими вариантами фунгицидных обработок отмечены существенные различия, что подтверждается статистическими данными ($\text{НСР}_{05} = 6,25$). Так, при обработке клубней протравителем Максим, КС (0,4 л/т) всхожесть по сортам составила в среднем 67,9 %.

При обработке хлоридом кальция (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть клубней на сортах составила в среднем 68,1 %, а при обработке клубней CaCl_2 (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) – 82,3 %.

На самом продуктивном варианте опыта при обработке CaCl_2 0,1 (кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть была выше контроля на 36,2 %; протравителем Максимом – на 14,4 % и в варианте с обработкой CaCl_2 0,05 (кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) – на 14,2 %.

При анализе влияния обработки картофеля протравителем Максимом в сочетании с хлоридом кальция и хитозаном на всхожесть растений картофеля, зараженных сухой фузариозной гнилью в 2016–2018 гг., было установлено, что на всех вариантах отмечалось положительное влияние препаратов на всхожесть клубней (приложение 1; таблицы 4–6). Наиболее высокая всхожесть растений – 81,1 % была отмечена при обработке клубней хлоридом кальция (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т) при опрыскивании растений хлоридом кальция (4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га). При обработке клубней против сухой фузариозной гнили препаратом Максимом процент всхожести растений достигал 65,7 % (таблица 14).

Фактор сорта также оказывал влияние на всхожесть растений, зараженных сухой фузариозной гнилью ($F_{\phi} = 11,55 > F_{05} = 4,94$): у сорта Невский процент всхожести составил 73,0, а у сорта Ароза – 64,7 %.

На контрольных вариантах процент всхожести клубней картофеля сортов Невский и Ароза равнялся 59,0 и 51,6 % соответственно.

Таблица 14 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Всхожесть, %		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	51,6	59,0	55,3
CaCl ₂ 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	67,8	79,2	73,5
CaCl ₂ 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	77,8	84,3	81,1
Максим, КС 0,4 л/т	61,7	69,7	65,7
среднее по сортам (Фактор В)	64,7	73,0	
Всхожесть Фактор (А): $F_{\phi} = 20,35 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 7,32 Фактор (В): $F_{\phi} = 11,55 > F_{05} = 4,94$ НСР ₀₅ = 5,1 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,2 < F_{05} = 3,23$			

Анализируя влияние различных обработок, в том числе фунгицидным протравителем Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью отмечено, что на клубнях различных сортов статистические показатели снижения активности патогена при обработки клубней протравителем Максим, КС (0,4 л/т) (НСР₀₅ = 5,1) отличались: у сорта Ароза он составил 61,7 % и у сорта Невский 69,7 % соответственно.

Сорт Невский проявил большую генетическую отзывчивость на фунгицид, подавляющий фузариоз. Подобная тенденция сохранилась на других вариантах опыта, так при обработке клубней CaCl₂ (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) процент всхожести на сортах Невский и Ароза составил 79,2 и 67,8 % соответственно.

При обработке клубней этих же сортов хлоридом кальция (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) он был равен 84,3 и 77,8 % соответственно.

При обработке хлоридом кальция (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть клубней на сортах составила в среднем 73,5 %, а при обработке клубней CaCl_2 (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) – 81,1%.

На самом продуктивном варианте опыта при обработке CaCl_2 (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть была выше контроля на 25,8 %, протравителем Максим – на 15,4 % и варианта CaCl_2 (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) – на 7,6 %.

В аналогичных опытах при заражении клубней фомозом всхожесть составила у сорта Ароза и Невский 87,4 и 83,7 % при обработке клубней хлоридом кальция (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т). А при обработке протравителем Максим КС (0,4 л/т) она равнялась 64,6 и 70,2 % соответственно (таблица 15). Фактор сорта не оказывал значительного влияния на всхожесть растений, зараженных фомозом ($F_{\phi} = 0,3 < F_{05} = 4,94$) (приложение 1; таблицы 6–8).

На контрольных вариантах процент всхожест клубней картофеля сортов Невский и Ароза равнялся 53,2 и 47,0 % соответственно (таблица 15). При обработке клубней протравителем Максим на сортах отмечались одинаковые показатели снижения активности патогена (Ароза 64,6 и Невский 70,2 % соответственно). Такая же тенденция была характерной и для других вариантов опыта. Так, при обработке клубней хлоридом кальция (0,05 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть на сортах составили 73,7 и 72,3 % соответственно.

При обработке клубней CaCl_2 (0,1 кг/т) совместно с хитозаном (0,05 кг/т) всхожесть по сортам составила 87,4 и 83,7 % соответственно. Статистические данные, полученные в ходе исследований, указывают на то, что при подавлении фомоза на клубнях различных сортов картофеля между контрольным вариантом и вариантами фунгицидных обработок хлоридом кальция (0,05 кг/т) совместно с хитозаном (0,05 кг/т) и CaCl_2 (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т) были существенные различия (приложения 9–11).

В целом, наибольшее всхожесть растений отмечено при обработке клубней CaCl_2 (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т) при опрыскивании растений CaCl_2 (4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га).

Так, всхожесть при обработке клубней сортов Ароза и Невский данными препаратами против ризоктониоза составила 81,6 и 82,9 %, против сухой фузариозной гнили – 77,8 и 84,3 %, против фомоза – 87,4 и 83,7 % соответственно.

Таблица 15 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Всхожесть, %		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	47,0	53,2	51,1
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	73,7	72,3	73,0
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	87,4	83,7	85,6
Максим, КС 0,4 л/т	64,6	70,2	67,4
среднее по сортам (Фактор В)	68,2	70,0	
Всхожесть Фактор (А): $F_{\phi} = 22,72 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 9,25 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,3 < F_{05} = 4,94$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,66 < F_{05} = 3,23$			

При обработке клубней сортов Ароза и Невский протравителем Максим против ризоктониоза всхожесть составила 64,2 и 67,9 %), против сухой фузариозной гнили – 61,7 и 69,7 %, против фомоза – 64,6; 70,2 % соответственно.

3.2.2. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля

При изучении влияния применяемых препаратов на биометрические показатели картофеля результаты двухфакторного опыта показали, что обработки клубней против ризоктонниоза у картофеля сортов Ароза и Невский хлоридом кальция (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т) и опрыскивание растений хлоридом кальция

(4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га) значительно увеличивали высоту растений (таблица 16). Количество стеблей после обработкой CaCl_2 и хитозаном в больших дозах так же было значительно большим, чем в контрольных и других вариантах (см. таблицу 16).

Несмотря на обработки фактор сорта не оказывал заметного влияния на высоту растений и количество стеблей у картофеля, зараженного ризоктониозом (приложение 12). Обработки различными дозами хлорида кальция и хитозана не меняли высоту и количество стеблей растений, зараженных ризоктониозом, и лишь высокие дозы используемых препаратов оказали влияние по сравнению с контролем и вариантом с использованием Максима, КС (приложение 2; таблицы 1–3).

При заражении картофеля сухой фузариозной гнилью и фомозом (приложения 13, 14), как показали результаты 3-летних исследований, совместные обработки хлоридом кальция и хитозаном при высоких дозировках способствовали повышению высоты растений и количества стеблей по сравнению с контролем (приложение 2; таблицы 4–8).

Таблица 16 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении ризоктониозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	33,4	30,7	32,1	2,7	2,5	2,6
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	43,3	41,9	42,5	4,0	4,2	4,1
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	48,3	47,7	48,0	4,4	4,5	4,4
Максим, КС 0,4 л/т	37,7	36,6	37,1	3,6	3,6	3,6
среднее по сортам (Фактор В)	40,7	39,2		3,7	3,7	
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 8,0 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 7,28 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,35 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,03 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 14,25 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,63 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,01 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,20 < F_{05} = 3,23$			

Фактор сорта не оказывал значительного влияния на высоту растений и количество стеблей картофеля, зараженных сухой фузариозной гнилью и фомозом (таблицы 17, 18). В целом предпосадочная обработка хлоридом кальция (0,1 кг/т), а затем хитозаном (0,05 кг/т) и опрыскивание растений CaCl_2 (4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га) оказала максимальное ростостимулирующее действие.

Согласно результатам опытов очевидно, что применение хлорида кальция с хитозаном перед посадкой и во время вегетации значительно повышало вегетативные параметры роста, такие как высота растения и количество стеблей.

Таким образом, можно говорить о том, что поступающий в растения кальций улучшает процесс роста картофеля. Это, по мнению ученых, может быть связано с тем, что он способствует правильному удлинению растительных клеток, укрепляет структуру клеточной стенки, образует пектатные соединения кальция, которые придают устойчивость клеточным стенкам и связывают клетки между собой, а также участвует в ферментативных и гормональных процессах (Mengel and Kirkby, 2001).

Таблица 17 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	28,2	30,6	29,4	2,7	2,6	2,6
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	40,9	38,6	39,7	3,5	3,7	3,6
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	44,0	42,3	43,1	3,9	4,4	4,1
Максим, КС 0,4 л/т	38,9	34,9	36,9	3,0	2,9	3,0
среднее по сортам (Фактор В)	38,0	36,6		3,3	3,4	
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 21,53 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 3,78 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,35 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,03 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 21,23 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,43 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,40 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,93 < F_{05} = 3,23$			

Таблица 18 – Влияние обработки хлоридом кальция с хитозаном и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	30,5	30,4	30,4	2,8	2,7	2,8
CaCl ₂ 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	39,7	38,7	39,2	3,6	4,0	3,8
CaCl ₂ 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	43,4	45,6	44,5	4,0	4,5	4,2
Максим, КС 0,4 л/т	35,8	38,7	37,3	3,2	3,4	3,3
среднее по сортам (Фактор В)	37,40	38,39		3,41	3,66	
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 16,68 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 4,26 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,49 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,42 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 30,12 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,34 Фактор (В): $F_{\phi} = 4,76 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,24 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,14 < F_{05} = 3,23$			

Внекорневое применение хитозана служит различным целям. Например, он способствует увеличению высоты растения, количества листьев, массы плодов и общей урожайности (Mondal et al., 2012). Применение хитозана улучшило такие параметры роста, как длина побега и корня, свежая и сухая масса побегов и корней бобовых культур. Внекорневое опрыскивание хитозаном стимулировало развитие побегов у растения Чили, а обработка хитозаном с молекулярной массой 2,5 кДа приводила к наибольшему увеличению свежей (71,5 %) и сухой массы (184 %) побега (Dzung et al., 2017).

3.2.3. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля

При изучении влияния обработок клубней картофеля хлоридом кальция, хитозаном и протравителем Максимом на урожайность картофеля от таких болезней, как ризоктониоз, сухая фузариозная гниль и фомоз отмечено значительное увеличение общей и товарной урожайности культуры (таблицы 19–21; приложения 15–17).

В таблице 19 представлены данные, позволяющие утверждать, что общая урожайность картофеля сортов Ароза и Невский, искусственно зараженном ризоктониозом, при его обработке Максимом, КС (0,4 л/т) отличается от контрольного варианта на 1,4 и 1,3 т/га, или в среднем 1,4 т/га.

При обработке клубней картофеля сортов Ароза и Невский в варианте CaCl_2 (0,05 кг/т) совместно с хитозаном (2 кг/га) разница с контролем составила 2,9 т/га, в варианте CaCl_2 (0,05 кг/т) + хитозан (0,4 кг/га) – 3,3 т/га, т.е. в среднем 3,1 т/га. Более высокий результат дали вариант с использованием CaCl_2 (0,1 кг/т) совместно с хитозаном (4 кг/га), а также вариант CaCl_2 (0,05 кг/т) и хитозана (0,4 кг/га): разница с контролем составила 4,0 и 5,8 т/га соответственно, в среднем 4,7 т/га. Показатели товарной урожайности вышеперечисленных вариантов имеет ту же тенденцию и при обработке Максимом, КС: урожайность в среднем отличалась от контроля на 1,4 т/га, в то время как в варианте CaCl_2 (0,05 кг/т + 2 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) разница составила 3,7 т/га, а в варианте CaCl_2 (0,1 кг/т + 4 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) – 5,3 т/га.

Таблица 19 – Влияние обработки хлоридом кальция с хитозаном и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении ризоктониозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Общая урожайность, т/га			Товарная урожайность, т/га		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	8,5	10,8	9,6	7,2	8,7	7,9
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	11,4	14,1	12,7	10,4	12,8	11,6
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	12,5	16,2	14,3	11,5	14,9	13,2
Максим, КС 0,4 л/т	9,9	12,1	11,0	8,5	10,1	9,3
среднее по сортам (Фактор В)	10,59	13,32		9,45	11,66	
Общая урожайность			Товарная урожайность			
Фактор (А): $F_{\phi} = 10,06 > F_{0,5} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,93			Фактор (А): $F_{\phi} = 25,52 > F_{0,5} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,39			
Фактор (В): $F_{\phi} = 17,87 > F_{0,5} = 4,49$ НСР ₀₅ = 1,37			Фактор (В): $F_{\phi} = 22,47 > F_{0,5} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,98			
Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,31 < F_{0,5} = 3,23$			Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,91 < F_{0,5} = 3,23$			

В таблице 20 представлены данные, показывающие, что общая урожайность картофеля сортов Ароза и Невский, искусственно зараженных сухой фузариозной гнилью, при обработке Максимом, КС была выше, чем в контрольных вариантах на 0,7 и 1,0 т/га, или в среднем 0,8 т/га.

В то время как при обработке CaCl_2 (0,05 кг/т + 2 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) различие с контролем составляло 2,2 т/га и 4,0 т/га соответственно по сортам, или в среднем 3,1 т/га. В опыте при искусственном заражении фузариозной гнилью клубней картофеля сортов Ароза и Невский с использованием CaCl_2 (0,1 кг/т + 4 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) разница с контролем составила 3,0 т/га и 5,5 т/га соответственно, или в среднем 4,2 т/га.

При обработке Максимом, КС показатель товарной урожайности в среднем на обоих сортах картофеля отличался от контроля на 1,0 т/га, в то время как в варианте с обработкой CaCl_2 (0,05 кг/т + 2 кг/га) совместно с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) разница составила 2,5 т/га, а в варианте CaCl_2 (0,1 кг/т + 4 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) – 4,1 т/га.

Таблица 20 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Общая урожайность, т/га			Товарная урожайность, т/га		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	9,7	10,5	10,1	7,8	8,5	8,2
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	11,9	14,5	13,2	10,7	10,8	10,7
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	12,7	16,0	14,3	11,8	12,8	12,3
Максим, КС 0,4 л/т	10,4	11,5	10,9	8,7	9,7	9,2
среднее по сортам (Фактор В)	11,17	13,15		9,79	10,45	
Общая урожайность			Товарная урожайность			
Фактор (А): $F_{\phi} = 19,65 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,32			Фактор (А): $F_{\phi} = 38,83 > F_{05} = 3,23$			
Фактор (В): $F_{\phi} = 20,09 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,93			НСР ₀₅ = 1,12			
Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,81 < F_{05} = 3,23$			Фактор (В): $F_{\phi} = 20,7 > F_{05} = 4,49$			
			НСР ₀₅ = 0,79			
			Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,05 < F_{05} = 3,23$			

В таблице 21 представлены данные, показывающие, что общая урожайность вариантах с обработкой фунгицидным протравителем Максим, КС клубней сортов картофеля Ароза и Невский, искусственно зараженных фомозом, отличалась от контрольных вариантов на 1,2 и 0,6 т/га, или в среднем 1,0 т/га.

При этом в варианте при обработке CaCl_2 (0,05 кг/т + 2 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) разница с контролем составила 3,2 т/га и 3,5 т/га, или в среднем 3,4 т/га. В опыте с применением CaCl_2 (0,1 кг/т + 4 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) для защиты клубней картофеля сортов Ароза и Невский от болезни разница с контролем составила 3,8 т/га и 5,0 т/га соответственно, или в среднем 4,5 т/га. При обработке Максимом, КС показатель товарной урожайности в среднем на обоих сортах картофеля отличается от контроля на 1,2 т/га, в то время как в варианте с использованием CaCl_2 (0,05 кг/т + 2 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) разница составила 4,0 т/га, а в варианте (CaCl_2 0,1 кг/т + 4 кг/га) с хитозаном (0,05 кг/т + 0,4 кг/га) – 5,2 т/га.

Таблица 21 – Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Общая урожайность, т/га			Товарная урожайность, т/га		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	9,4	10,5	9,9	7,8	8,4	8,1
CaCl_2 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	12,6	14,0	13,3	11,4	12,8	12,1
CaCl_2 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	13,2	15,5	14,4	12,2	14,4	13,3
Максим, КС 0,4 л/т	10,6	11,1	10,9	9,1	9,6	9,3
среднее по сортам (Фактор В)	11,49	12,79	-	10,15	11,30	-
Общая урожайность: Фактор (А): $F_{\phi} = 12,44 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,75 Фактор (В): $F_{\phi} = 4,92 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 1,24 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,41 < F_{05} = 3,23$			Товарная урожайность: Фактор (А): $F_{\phi} = 19,8 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,62 Фактор (В): $F_{\phi} = 4,52 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 1,14 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,51 < F_{05} = 3,23$			

Таким образом, наибольшая товарная урожайность была получена при обработке клубней сортов Ароза и Невский CaCl_2 (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т) и опрыскиванием растений CaCl_2 4 (кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га). В этом варианте товарная урожайность составила 11,5; 14,9 т/га при обработке против ризоктониоза; 11,8; 12,8 т/га при обработке против сухой фузариозной гнили и 12,2; 14,4 т/га – против фомоза соответственно.

При обработке клубней картофеля сортов Ароза и Невский протравителем Максимом товарная урожайность составила 8,5 и 10,1 т/га при обработке против ризоктониоза; 8,7 и 9,7 т/га при обработке против сухой фузариозной гнили; 9,1 и 9,6 т/га – против фомоза соответственно.

Все вышеизложенное доказывает эффективность внекорневого опрыскивания кальцием для повышения общей и товарной урожайности клубней. Эти результаты согласуются с данными El-Hadidi et al. (2017), которые обнаружили, что применение дополнительного кальция (0,8 %) увеличивало урожайность и массу клубней по сравнению с контрольным вариантом. Значительное влияние хитозана на рост растений можно объяснить повышением активности ключевых ферментов азотистого обмена (нитратредуктазы, глутаминсинтетазы и протеазы) и активизацией фотосинтеза, который, в свою очередь, увеличивал показатели роста растений (Gornik et al., 2008; Mondal et al., 2012).

3.2.4. Влияние обработки хитозаном с хлоридом кальция и Максимом, КС на распространение ризоктониоза и сухой фузариозной гнили

При учете урожая во время уборки отмечалось наличие признаков заболевания ризоктониозом в контрольном варианте у клубней картофеля сорта Невский на 42,6 % меньше, чем у сорта Ароза (54,3 %) (приложение 18). Обработка картофеля CaCl_2 в дозах 0,1 кг/т и 4 кг/га совместно с хитозаном в дозах 0,05 кг/т и 0,4 кг/га имела следствием уменьшение проявлений ризоктониоза на 18,2 и 13,4 % у картофеля сортов Ароза и Невский соответственно (таблица 22).

При обработке клубней протравителем Максимом распространенность ризоктониоза у клубней сортов Ароза и Невский составила 35,7 и 25,3 % соответственно (таблица 22).

Таблица 22 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на проявление ризоктониоза во время уборки (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Распространение ризоктониоза, %		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	54,3	42,6	48,5
CaCl ₂ 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	20,4	17,2	18,8
CaCl ₂ 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	18,2	13,4	15,8
Максим, КС 0,4 л/т	35,7	25,3	30,5
среднее по сортам (Фактор В)	32,1	24,6	
Ризоктониоз Фактор (А): $F_{\phi} = 10,21 > F_{05} = 3,23$ $HCP_{05} = 13,89$ Фактор (В): $F_{\phi} = 2,65 < F_{05} = 4,94$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,2 < F_{05} = 3,23$			

При изучении влияния применяемых препаратов на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля установлено, что все варианты оказали положительное влияние, сдерживая заболевания (приложение 19).

Наименьшая распространенность болезни отмечена при обработке клубней картофеля CaCl₂ (0,1 кг/т) и хитозаном (0,05 кг/т) и опрыскивании растений CaCl₂ (4 кг/га) и хитозаном 0,4 (кг/га). В этом варианте распространенность сухой фузариозной гнили у сортов Ароза и Невский была минимальной – 6,3 и 5,2 % соответственно (таблица 23).

При обработке клубней протравителем Максимом, КС распространенность сухой фузариозной гнили составила по сортам 12,6 и 11,8 % соответственно (таблица 23).

Таблица 23 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля, (в среднем за 2016–2018 гг.)

Вариант	Распространение сухой фузариозной гнили, %		
	Ароза	Невский	среднее по препаратам (Фактор А)
Контроль	15,6	17,4	16,5
CaCl ₂ 0,05 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	9,0	7,7	8,3
CaCl ₂ 0,1 кг/т + хитозан 0,05 кг/т	6,3	5,5	5,9
Максим, КС 0,4 л/т	12,6	11,8	12,2
среднее по сортам (Фактор В)	10,9	10,6	
Сухая фузариозная гниль Фактор (А): $F_{\phi} = 13,03 > F_{05} = 3,23$ $НСР_{05} = 3,86$ Фактор (В): $F_{\phi} = 0,05 < F_{05} = 4,94$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,29 < F_{05} = 3,23$			

Хитиновые соединения играют заметную роль в жизни микроорганизмов, растений и животных. При этом нередко они не образуются внутри организма, но при контакте с ними могут быть индуцированы биохимические реакции, приводящие к усилению его защитной функции. Уровень активности хитинолитических ферментов в результате контакта растения с хитиновыми продуктами может возрасти в сотни раз (Максимов, 1992).

Установлено положительное влияние хитозана на устойчивость к болезням растений картофеля, томатов, пшеницы, огурцов и ряда других культур. При комбинированной обработке семян зерновых культур и опрыскивании наблюдалось снижение распространения корневой гнили *Fusarium spp.*, септориоза *Septoria nodorum*, пыльной головки *Ustilago nuda*, бурой ржавчины *Puccinia recondita* и альтернариоза *Alternaria tenuis*, что приводило к увеличению урожайности на 10–30 % (Абдуллаев, 2020).

Кроме того, хитозан индуцирует синтез растительных гормонов, таких как гиббереллины. При этом он усиливает рост за счет некоторых сигнальных путей,

связанных с биосинтезом ауксина через триптофан-независимый путь (Uthairatanakij et al., 2007; El-Bassiony et al., 2014).

Это может быть связано с увеличением доступности и поглощения воды и основных питательных веществ за счет регулирования осмотического давления клеток и уменьшения накопления вредных свободных радикалов вследствие повышения антиоксидантной и ферментативной активности (Guan et al., 2009). Полученные результаты показали, что перед посадкой и во время вегетации применение кальция и хитозана значительно усиливает рост растений и урожайность клубней.

Кроме того, совместная обработка хлоридом кальция (0,1 кг/т) с хитозаном (0,05 кг/т), а затем опрыскивание растений хлоридом кальция (4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га) с 7-дневным интервалом обеспечили наиболее высокие показатели роста растений и урожайности клубней.

Предпосадочная обработка клубней и двукратное опрыскивание растений картофеля хлоридом кальция с хитозаном способствовали снижению распространения ризоктониоза, сухой фузариозной гнили и фомоза, при этом значительно усиливали рост растений и повышали урожайность клубней.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Экономическая эффективность применения хлорида кальция с хитозаном, а также протравителя Максима, КС при защите картофеля от клубневых грибных болезней (2016–2018 гг.) представлена в таблицах 24–26.

Стоимостные показатели – это чистый доход (денежное выражение стоимости прибавочного продукта), представляющее собой разность между стоимостью прибавки урожая и издержками на его производство; данная величина позволяет определить, насколько рентабельно производство.

Рентабельность – это отношение чистого дохода к затратам, выраженное в процентах. Средняя реализационная цена картофеля при расчетах была одинаковой и составляла 10 тыс. руб./т.

В полевых опытах урожайность на контрольных вариантах картофеля сорта Ароза составила 7,2–7,8 т/га, а сорта Невский – 8,4–8,7 т/га.

Варианты с применением защитных обработок с помощью препаратов от ризоктониоза, сухой фузариозной гнили и фомоза оказались более экономически выгодными по сравнению с контрольным вариантом на 0,9–1,3 т/га (сорт Ароза) и на 1,2–1,4 т/га (сорт Невский).

При использовании протравителя Максима, КС (0,4 л/т) для защиты картофеля от грибных болезней клубней стоимость обработки составила 2,6 тыс. руб./га, а при применении хлорида кальция с хитозаном – 4,2 тыс. руб./га.

При протравливании фунгицидом клубней картофеля сорта Ароза за счет прибавки урожая (1,3 т/га в вариантах с применением защиты от ризоктониоза и фомоза и 0,9 т/га в вариантах с защитой от сухой фузариозной гнили) стоимость полученной дополнительной продукции составила 13,0 и 9,0 тыс. руб. соответственно.

Таблица 24 – Экономическая эффективность возделывания картофеля
в зависимости от приемов защиты растений от ризоктониоза

Показатель	Вариант опыта			
	Ароза (урожайность контроля 7,2 т/га)		Невский (урожайность контроля 8,7 т/га)	
	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)
1. Урожай основной продукции, т/га	8,5	11,5	10,1	14,9
2. Прибавка урожая, т/га	1,3	4,3	1,4	6,2
3. Средняя цена реализации, тыс. руб./га	10,0	10,0	10,0	10,0
4. Выручка от реализации прибавки урожая, тыс. руб.	13,0	43,0	14,0	62,0
5. Стоимость обработки, тыс. руб	2,6	4,2	2,6	4,2
6. Чистый доход (прибыль от прибавки урожая), тыс. руб./га	10,4	38,8	11,4	57,8
7. Уровень рентабельности, %	80,0	90,2	81,4	93,2

У картофеля сорта Невский в вариантах с фунгицидным протравителем прибавка урожая составила 1,2 т/га при защите от фомоза; 1,3 т/га при защите от сухой фузариозной гнили и 1,4 т/га в вариантах с защитой от ризокториоза. При этом стоимость полученной дополнительной продукции составила 12,0, 13,0 и 14,0 тыс. руб. соответственно.

Сравнивая затраты (4,2 тыс. руб.) при совместном использовании предложенных приемов с использованием совместного применения хлорида кальция с хитозаном для защиты картофеля от грибных болезней с полученной прибавкой урожайности на тех же сортах картофеля, очевидно, что стоимость дополнительной продукции значительно выше.

Так, на сорте Ароза за счет прибавки урожая от 4,0 т/га (в вариантах с применением защиты от сухой фузариозной гнили) до 4,4 т/га (при защите от фомоза и ризокториоза) стоимость полученной дополнительной продукции составила 40,0–44,0 тыс. руб. соответственно. На сорте Невский в вариантах прибавка урожая варьировала от 4,3 т/га (в вариантах с приемом защиты от сухой фузариозной гнили) до 6,2 т/га (при защите от ризокториоза), что позволило получить дополнительную выручку в размере 43,0–62,0 тыс руб. соответственно.

При использовании фунгицидного протравителя Максима, КС для защиты от болезней картофеля стоимость полученной дополнительной продукции в среднем по опыту на сорте Ароза составила 9,0 тыс. руб, а на сорте Невский – 10,4 тыс. руб., что на 1,4 тыс. руб., или 15,5 % выше сорта Ароза.

В среднем по опыту вариант совместного применения хлорида кальция с хитозаном против ризоктониоза, сухой фузариозной гнили и фомоза клубней картофеля на искусственном инфекционном фоне в полевых условиях позволил получить дополнительный доход на сорте Невский в среднем 50,8 тыс. руб., а на сорте Ароза – 38,1 тыс. руб., что на 12,7 тыс. руб., или на 33,3 % меньше, чем дополнительная выручка на сорте Невский (в среднем 50,8 тыс. руб.).

Анализируя экономическую эффективность приемов защиты картофеля от изучаемых болезней, в частности от ризоктониоза, было установлено, что протравливание фунгицидом Максим, КС повышает урожайность на 18 % (Ароза) и

на 16 % (Невский), в то время как предложенный нами прием защиты картофеля – обработки CaCl_2 (0,1 кг/т и 4 кг/га) совместно с хитозаном (0,05 кг/т и 0,4 кг/га) повысил урожайность на 59,7 и 71,2 % соответственно (таблица 24).

При изучении показателей экономической эффективности тех же приемов защиты картофеля от сухой фузариозной гнили, было установлено, что протравливание фунгицидом Максим, КС повышает урожайность на 11,5 % (сорт Ароза) и на 14,1 % (сорт Невский) соответственно, в то время как обработки CaCl_2 (0,1 кг/т и 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т и 0,4 кг/га) повышают урожайность на 51,2 и 50,5 % у сортов Ароза и Невский соответственно (таблица 25).

Для защиты картофеля от фомоза при использовании фунгицид Максим, КС повышается урожайность сорта Ароза на 16,6 %, а сорта Невский – на 14,2 %, в то время как предложенный прием защиты картофеля – обработки CaCl_2 (0,1 кг/т и 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т и 0,4 кг/га) повышают урожайность на 56,4 и 71,4 % у сорта Ароза и Невский соответственно (таблица 26).

Очевидно, что при практически равном потенциале урожайности сорта картофеля различаются по уровню чувствительности на фунгицидные обработки. Это выражается в количестве сохраненного урожая при изучаемых приемах защиты сельскохозяйственной культуры от грибных болезней клубней.

Наиболее эффективными с точки зрения прибавки урожайности были вышеуказанные приемы защиты картофеля от ризоктониоза: в среднем они составили от 2,8 т/га у сорта Ароза до 3,8 т/га у сорта Невский и при обработке от фомоза от 2,9 т/га до 3,6 т/га по сортам соответственно. Наиболее серьезным препятствием для получения прибавки урожая была фузариозная гниль картофеля: разница с контрольным вариантом составила 2,5 т/га у картофеля сорта Ароза и 2,8 т/га у сорта Невский соответственно. Уровень рентабельности является главным критерием оценки экономической эффективности возделывания того или иного сорта. Предложенная схема обработки картофеля Максимом, КС и хлоридом кальция с хитозаном имела следствием значительный рост уровня рентабельности.

Таблица 25 – Экономическая эффективность возделывания картофеля в зависимости от приемов защиты растений от сухой фузариозной гнили

Показатель	Вариант опыта			
	Ароза (урожайность контроля 7,8 т/га)		Невский (урожайность контроля 8,5 т/га)	
	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)
1. Урожай основной продукции, т/га	8,7	11,8	9,7	12,8
2. Прибавка урожая, т/га	0,9	4,0	1,3	4,3
3. Средняя цена реализации, тыс. руб./га	10,0	10,0	10,0	10,0
4. Выручка от реализации прибавки урожая, тыс. руб.	9,0	40,0	13,0	43,0
5. Стоимость обработки, тыс. руб	2,6	4,2	2,6	4,2
6. Чистый доход (прибыль от прибавки урожая), тыс. руб./га	6,4	35,8	10,4	38,8
7. Уровень рентабельности, %	71,1	89,5	80,0	90,2

Таблица 26 – Экономическая эффективность возделывания картофеля в зависимости от приемов защиты растений от фомоза

Показатель	Вариант опыта			
	Ароза (урожайность контроля 7,8 т/га)		Невский (урожайность контроля 8,4 т/га)	
	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)	Максим, КС 0,4 л/т	CaCl ₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)
1. Урожай основной продукции, т/га	9,1	12,2	9,6	14,4
2. Прибавка урожая, т/га	1,3	4,4	1,2	6,0
3. Средняя цена реализации, тыс. руб./га	10,0	10,0	10,0	10,0
4. Выручка от реализации прибавки урожая, тыс. руб.	13,0	44,0	12,0	60,0
5. Стоимость обработки, тыс. руб	2,6	4,2	2,6	4,2
6. Чистый доход (прибыль от прибавки урожая), тыс. руб./га	10,4	39,8	9,4	55,8
7. Уровень рентабельности, %	80,0	90,4	78,3	93,0

Наиболее высокий уровень рентабельности был отмечен у сорта Невский – 93,2 % при обработке против ризоктониоза, 90,2 % при обработке против сухой фузариозной гнили и 93,0 % – против фомоза, а при обработке Максимом, КС он составил 81,4; 80,0 и 78,3 % против ризоктониоза, сухой фузариозной гнили и фомоза соответственно.

Можно сделать вывод о том, что по всем экономическим показателям применение хлорида кальция с хитозаном по схеме: предпосадочная обработка клубней хлоридом кальция (0,1 кг/т) и через 2 часа хитозаном 0,05 кг/т, а затем опрыскивание растений двукратно хлоридом кальция (4 кг/га) и хитозаном (0,4 кг/га) с 7-дневным интервалом является наиболее оптимальным и в лучшую сторону отличается от варианта с обработкой Максимом, КС (0,4 кг/т) при защите картофеля от ризоктониоза, сухой фузариозной гнили и фомоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что в Нижнем Поволжье к основным возбудителям болезней клубней картофеля относятся *Rhizoctonia solani* (ризоктониоз); три вида фузариума: *Fusarium sambucinum* fückel 62,6%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. 25,3%, и *F. solani* (Mart) Sacc. 12,1% (сухая фузариозная гниль); *Phoma exigua* var. *foveata* (фомозная гниль).

Хитозан в разных концентрациях заметно ингибировал рост мицелия грибов. Степень подавления роста мицелия, обработанного хитозаном при концентрации 1%, составила 100% у *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sambucinum* и *Phoma exigua* var. *foveate*. Хитозан также значительно подавлял прорастание спор *F. sambucinum*, *P. exigua* var. *Foveate* при различных концентрациях, а при концентрации 1% почти полностью ингибировал прорастание спор.

При хранении картофеля обработка хитозаном в норме 0,05 кг/т значительно уменьшила степень поражения клубней заражённых фомозом на 57,1 и 62,7 %; фузариозом у сортов Колобок и Санте степень поражения практически одинаковая 61,5%; ризоктониозом на 67,1 и 62,8 % у сортов Колобок и Санте соответственно. Хитозан индуцировал высокий уровень экспрессии защитных ферментов (пероксидаза, полифенолоксидаза, и фенилаланин аммиак-лиаза) у зараженных клубней фомозом, фузариозом и ризоктониозом.

При хранении картофеля обработка эфирными маслами в норме 0,04 л/т значительно уменьшала степень поражения клубней инфицированных сухой фузариозной гнилью и фомозом на 92,1-97,1%.

Схема защиты картофеля, включающая применение при посадке хлорида кальция (0,1 кг/т) и через 2 часа хитозана 0,05 кг/т, а затем опрыскивание ботвы двукратно хлоридом кальция (4 кг/га), и хитозаном (0,4 кг/га) с интервалом 7 дней оказывала наиболее положительное влияние на всхожесть, высоту растений и ко-

личество стеблей, уменьшение числа больных клубней, и повышения урожайности картофеля.

Во время уборки распространение ризоктониоза уменьшилось на всех вариантах опыта, наименьшее распространение у сорта Невский (13,4%) при обработке (CaCl_2 0,1 кг/т + 4 кг/га + Хитозан 0,05 кг/т + 0,4 кг/га), что 11,9% эффективней по сравнению с протравителем Максим.

Наименьшая распространенность фузариозной гнили при хранении картофеля отмечена при обработке клубней CaCl_2 0,1 кг/т с хитозаном 0,05 кг/т и опрыскивании растений CaCl_2 4 кг/га с хитозаном 0,4 кг/га. В этом случае распространенность сухой фузариозной гнили составила 6,3; 5,2% у сортов Ароза и Невский, соответственно. А при обработке клубней протравителем Максим распространенность сухой фузариозной гнили составила 12,6; 11,8% у сортов Ароза и Невский, соответственно.

Анализ результатов исследований экономической эффективности совместного применения хлорида кальция с хитозаном, в сравнении с протравителем Максим, КС, при защите картофеля от грибных болезней клубней, показал что, наиболее высокий уровень рентабельности был отмечен на сорте Невский (93,2% против ризоктониоза, 90,2% против сухой фузариозной гнили, и 93,0% против фомоза), что на 11,8%, 10,2% и 14,7% эффективней по сравнению с протравителем Максим, соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

- Для защиты клубней картофеля от грибных болезней рекомендуется использование нетоксичных и полностью безопасных для человека и окружающей среды пре-паратов по следующей схеме:
- перед посадкой необходимо проводить обработку клубней хлоридом кальция в норме 0,1 кг/т, а через 2 часа хитозаном в норме 0,05 кг/т (расход рабочей жидкости 10 л/т);
- в период вегетации требуется двукратное опрыскивание растений с интервалом 7 дней хлоридом кальция в норме 4 кг/га с хитозаном в норме 0,4 кг/ га (расход рабочей жидкости 400 л/га).
- перед закладкой на хранение нового урожая клубни картофеля для борьбы с сухой фузариозной и фомозной гнилью, следует обрабатывать хитозаном в норме 0,05 кг/т или эфирными маслами (кумин, лаванда) в норме 0,04 л/т.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Необходимо изучить влияние обработки картофеля хлоридом кальция и хитозаном на развитие фомозной гнили в период хранения картофеля, и на качество клубней картофеля. Изучить влияние обработки клубней маслами кумина и лаванды в баковой смеси с хитозаном на развитие фомоза и фузариозной гнили.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев, Ф. Т. Препараты на основе хитозана и его производных в борьбе с вредителями и болезнями плодоовощной продукции / Ф. Т. Абдуллаев // Новое слово в науке. – Пенза, 2020. – С. 120–136.
2. Андреева, В. А. Фермент пероксидаза / В. А. Андреева. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
3. Анисимов, Б. В. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б. В. Анисимов, Г. Л. Белов, Ю. А. Варицев. – М.: Картофелевод, 2009. – 137 с.
4. Билай, В. И. Основы общей микологии / В. И. Билай. – Киев: Высшая школа, 1989. – 392 с.
5. Бебре, Г. Т. Разработка методов оценки клубней картофеля на устойчивость к фузариозной гнили и изучение селекционного материала по этому признаку: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Бебре Г. Т. – М., 1988. – 16 с.
6. Билай, В. И. Фузарии / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1977. – 443 с.
7. Бордукова, М. В. Определитель болезней и вредителей картофеля и меры борьбы с ними / М. В. Бордукова. – М., 1967. – 224 с.
8. Букреев, Д. Д. Вариабельность диагностических признаков фомозной гнили картофеля / Д. Д. Букреев // Защита растений. – 1986. – № 6. – С. 46–47.
9. Васильева, С. В. Ризоктониоз картофеля / С. В. Васильева // Защита и карантин растений. – 2001. – № 10. – С. 53.
10. Воловик, А. С. Гнили клубней картофеля при хранении / А. С. Воловик. – М.: Колос, 1973. – 72 с.
11. Воловик, А. С. Гнили картофеля при хранении / А. С. Воловик, Ю. И. Шнейдер. – М., 1987. – 93 с.
12. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М.: Изд-во МСХ РФ, 2016. – 856 с.
13. Дмитриев, А. П. Индуцирование системной устойчивости у растений биогенными индукторами / А. П. Дмитриев, В. П. Полищук, Д. М. Гродзинский

- // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2005. – Вип. 1 (б). – С. 19 – 27.
- 14.** Зейрук, В.Н. Борьба с ризоктониозом / В.Н. Зейрук // Защита растений. – 1991. – № 7. – С. 31–32.
- 15.** Иванюк, В. Г. Мониторинг фитопатологической ситуации на картофеле в Белоруссии / В. Г. Иванюк // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы второго Всероссийского съезда по защите растений. – СПб., 2005. – Т. 1. – С. 38–40.
- 16.** Ильященко, Д.А. Эффективность методов оценки селекционного материала картофеля на устойчивость к сухой фузариозной гнили / Д. А. Ильященко // Иммунология, аллергология, инфектология. – 2010. – № 1. – С. 253–254.
- 17.** Кинчарова, М. Н: Болезни картофеля при хранении в условиях Самарской области / М. Н. Кинчарова // Проблемы и перспективы развития аграрного производства: сборник материалов Междунар. науч. конф. – Смоленск, 2007. – С. 193–195.
- 18.** Кирай, З. Методы фитопатологии / З. Кирай, З. Клемент, Ф. Шоймоши. – М.: Колос, 1974. – 335 с.
- 19.** Ключникова, Е. В. Биолого-токсикологическое обоснование использования фунгицидов и препаратов-индукторов болезнестойчивости в защите продовольственного картофеля от грибных болезней в Верхневолжье: дис. ... канд. с.-х. наук / Ключникова Е. В. – СПб., 2005. – 218 с.
- 20.** Критерии отбора новых сортов картофеля для условий Средневолжского региона / С.Л. Рубцов, А.Л. Бакунов, А.В. Милехин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (75). – С. 52–55.
- 21.** Кузнецова, Л. А. Влияние ризоктониоза на прорастание клубней картофеля / Л. А. Кузнецова // Защита и карантин растений. – 2005. – № 1. – С. 45.
- 22.** Куликов, С.Н. Индукторы болезнестойчивости на основе хитозана для защиты от грибных и вирусных болезней: дис. ... канд. биол. наук / Куликов С. Н. – Щёлково, 2006. – 104 с.

23. Луткова, Э.Ф. Комплексные (фомозно-фузариозные и бактериальные) гнили клубней картофеля (особенности патогенеза и способы подавления паразитической активности возбудителей): автореф. дис. ... канд. биол. наук / Э.Ф. Луткова Э.Ф. – М., 1982. – 17 с.
24. Лысенко, Ю. Н. Оптимизация продукционного процесса картофеля в лесостепи среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук // Лысенко Ю. Н. – Пенза, 2006. – 48 с.
25. Макеева, А. М. Видовой состав возбудителей сухих гнилей клубней картофеля / А. М. Макеева // Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке: сб. научн. тр. – Самара, 2004. – С. 237–240.
26. Максимов, Е. К. Энциклопедия Саратовского края (в очерках, событиях, фактах, именах) / Е. К. Максимов, А.И. Аврус, В. К. Бутенко. – Саратов: Приволжское книжное издательство, 2002. – С. 24–35.
27. Максимов, В. И. Новый субстрат для скрининговых измерений хитиноподобной активности / В.И. Максимов, Л.Т. Крушев, С.Н. Савченков // Биотехнология. – 1992. – № 4. – С. 60–62.
28. Малюга, А.А. Биологические особенности и видовой состав возбудителей фомозных и фузариозных гнилей картофеля и обоснование мер борьбы с ними в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Малюга А.А. – Новосибирск, 1993. – 17 с.
29. Малюга, А.А. Влияние различных факторов на развитие сухих гнилей картофеля / А.А. Малюга // Защита и карантин растений. – 2002. – № 7. – С. 21–23.
30. Малюга, А.А. Сухие фомозно-фузариозные гнили клубней картофеля при хранении / А.А. Малюга / РАСХН. Сиб. отделение Сиб НИИЗ Хим. – Новосибирск, 2007. – 108 с.
31. Мельничук, М. Д. Методологічні і біотехнологічні основи індукування механізмів захисту рослин від хвороб (наукові основи і рекомендації) / М.Д. Мельничук, В.В. Теслюк, В.О. Дубровін; Видавничий центр НУБіП України. – К., 2011. – 41 с.

32. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие по спец. «Агрохимия и почвоведение» / И. В. Асеева [и др.]; под ред. Д. Г. Звягинцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 302 с.
33. Мухин, В. Д. Приусадебное хозяйство. Овощеводство / В. Д. Мухин. – М.: изд-во ЭКСМО Пресс, Изд. Лик пресс, 2000. – 368 с.
34. Официальный сайт ФАО. Статистические данные. –Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Accessed March 14, 2020.
35. Пилипова, Ю.В. Ризоктониоз картофеля в северной лесостепи Приобья. Патогенез ризоктониоза картофеля при разных факторах передачи возбудителя / Ю.В. Пилипова, Е.М. Шалдяева, В.А. Чулкина // Вестник защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 62–67.
36. Попкова, К. В. Защита картофеля в условиях индустриальной технологии / К. В. Попкова, А. С. Воловик, Ю. И. Шнейдер. – М: Россельхозиздат., 1986. – 151 с.
37. Попкова, К.В. Болезни картофеля / К. В. Попкова, Ю.И. Шнейдер, А.С. Воловик. – М: Колос, 1980. – 304 с.
38. Попов, Ф.А. Изучение фомоза картофеля в условиях Белорусской ССР и меры борьбы с ним: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Попов Ф. А. – Минск, 1978. – 14 с.
39. Роговин, В.В. Peroксидазы / В.В. Роговин, Р.А. Пирузян. – М.: Наука, 1977. – 207 с.
40. Росс, Х. Селекция картофеля. Проблемы и перспективы / Х. Росс. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. –183 с.
41. Савич, И. М. Peroксидазы стрессовые белки растений / И. М. Савич // Успехи современной биологии. – 1989. – Т. 107. – Вып. 3. – С. 406–417.
42. Салманов, Н. В. Болезни клубней картофеля и меры борьбы с ними в лесостепи Самарской области: дис. ... канд. с.-х. наук / Салманов Н. В. – Кинель, 2010. – 166 с.

43. Тютерев, С. Л. Научные основы использования химических активаторов болезнеустойчивости в защите растений от патогенов: дис. ... д-ра биол. наук / Тютерев С. Л. – СПб., 1999. – 400 с.
44. Шалдяева, Е.М. Мониторинг ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля Западной Сибири / Е.М. Шалдяева, Ю.В. Пилипова, Н. М. Коняева; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 196 с.
45. Чумаков, А.Е. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур / А.Е. Чумаков, Т.П. Захарова; ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1990. – 27 с.
46. Шалдяева, Е.М. Экологическое обоснование систем мониторинга и защиты картофеля от ризоктониоза в Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Краснодар, 2007. – 40 с.
47. Шкаликов, В.А. Защита растений от болезней / В.А. Шкаликов, О. О. Белошапкина, Д.Д. Букреев. – М: Колос, 2001. – 248 с.
48. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol / R. J. W. Lambert et al. // *Journal of Applied Microbiology*. – 2001. – № 91. – P. 453–462.
49. Adaptation of the food-borne pathogen *Bacillus cereus* to carvacrol / A. Ultee et al. // *Archives of Microbiology*. – 2000. – № 174. – P. 233–238.
50. Aghofack-Nguemezi, J. Influence of calcium and magnesium-based fertilizers on fungal diseases, plant growth parameters and fruit quality of three varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) / J. Aghofack-Nguemezi, G.T. Numbo, C.N. Nkumbe // *J. Sci. Technol.* – 2014. – Vol. 34. – P. 9–20.
51. Ahmad, A. Reversal of efflux mediated antifungal resistance underlies synergistic activity of two monoterpenes with fluconazole / A. Ahmad, A. Khan, N. Manzoor // *Eur. J. Pharm. Sci.* – 2013. – № 48. – P. 80–86.
52. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'Red Delicious' apple fruit / G. De Capdeville et al. // *Phytopathology*. – 2002. – Vol. 92. – P. 900–908.

53. Amorim, L. Stone fruit injuries and damage at the wholesale market of Sao Paulo, Brazil / L. Amorim et al. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2008. – № 47. – P. 353–357.
54. Antibacterial action of chitosan and carboxymethylated chitosan / X. F. Liu et al. // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2001. – № 79. – P. 1324–1335.
55. Antibacterial activity of two chitosan solutions and their effect on rice bacterial leaf blight and leaf streak / B. Li et al. // *Pest Manag Sci.* – 2013a. – № 69. – P. 312–320.
56. Antifungal activity of Australian grown *Lavandula* spp. essential oils against *Aspergillus nidulans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Leptosphaeria maculans* and *Sclerotinia sclerotiorum* / T. Moon et al. // *J.M., J. Ess. Oil Res.* – 2007. – № 19. – P.171–175.
57. Antifungal activity of oligochitosan against *Phytophthora capsici* and other plant pathogenic fungi in vitro / J. Xu et al. // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2006. – Vol. 87. – P. 220–228.
58. Antifungal activity of the carrot seed oil and its major sesquiterpene compounds / I. L. Jasicka-Misiak et al. // *Zeitschrift für Naturforschung Section C. Journal of biosciences*. – 2004. – № 59. – P. 791–796.
59. Antifungal effect and mechanism of chitosan against the rice sheath blight pathogen, *Rhizoctonia solani* / H. Liu et al. // *Biotechnol. Lett.* – 2012. – № 34. – P. 2291–2298.
60. Antifungal mechanism of essential oil from *Anethum graveolens* seeds against *Candida albicans* / Y. Chen et al. // *J. Med. Microbiol.* – 2013. – № 62. – P. 1175–1183.
61. Antigenotoxic effects of three essential oils in diploid yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) after treatments with UVC radiation, 8-MOP plus UVA and MMS / F. Bakkali et al // *Mutat. Res.* – 2006. – № 606 (1–2). – P. 27–38.
62. Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils / P. Goni et al. // *Food Chemistry*. – 2009. – № 116. – P. 982–989.

63. Antioxidant and antibacterial effects of Lavandula and Mentha essential oils in minced beef inoculated with *E. coli* O157:H7 and *S. aureus* during storage at abuse refrigeration temperature / D. Djenane et al. // *Meat Sci.* – 2012. – № 92. – P. 667–674.
64. Application of chitin and chitosan as elicitors of coumarins and fluoroquinolone alkaloids in *Ruta graveolens* L. (common rue). *Biotech. Appl / A. Orlita et al. // Biochem.* – 2008. – № 51. – P. 91–96.
65. Arvin, M. Effect of calcium concentrations in medium on microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) / M. Arvin, A. Habib, J. Donnelly // *Iranian J. Biotech.* – 2005. – № 3: 3.
66. Atkinson, D. Development of *Rhizoctonia solani* on stems, stolons and tubers of potato II. Efficacy of chemical applications / D. Atkinson, M. K. Thornton, J. S. Miller // *American Journal of Potato Research.* – 2011. – Vol. 88. – P. 96–103.
67. Bain, R.A. The resistance of potato plants to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in relation to their calcium and magnesium content / R. A. Bain, P. Millard, M. C. M. Perombelon // *Potato Res.* – 1996. – № 39. – P. 185–193.
68. Bains, P. *Rhizoctonia* disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): Fungicidal efficacy and cultivar susceptibility / P. Bains, H. Bennypaul, D. Lynch, L. Kawchuk // *American Journal of Potato Research.* – 2002. – Vol. 79. – P. 99–106.
69. Bang, U. Screening of natural plant varieties to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani* / U. Bang // *Potato Res.* – 2007. – № 50. – P. 185–203.
70. Banville, G. Yield losses and damage to potato plants caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn / G. Banville // *American Journal of Potato Research.* – 1989. – Vol. 66. – P. 821–834.
71. Baser, K. H. C. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* / K. H. C. Baser, F. Demirci. – 4th edition. – Wiley, 2011. – P. 1–37.
72. Baser, K. In *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability* / K. H. C. Baser, F. Demirci // Berger RG. Ed. Springer, Berlin. – 2007. – P 43–86.

73. Bhaskara, MV. Effect of chitosan on growth and toxin production by *Alternaria alternata* f. sp. *Lycopersici* / M.V. Bhaskara, Arul J., Essaid A. B., Anger P. // *Biocontrol Science and Technology*. – 1998. – Vol 8(1). – P. 33–43.
74. Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M. M. Bradford // *Anal Biochem*. – 1976. – Vol. 72. – P. 248–254.
75. Buckle, J. *Clinical Aromatherapy Essential Oils in Healthcare*. – 3rd ed. Elsevier / J. Buckle. – New York: 2015. – P. 44.
76. Buckle, J. *Clinical Aromatherapy*. – 2nd ed. Elsevier / J. Buckle. – New York: 2004. – P. 45–47.
77. Burgess, L.W. *General ecology of the Fusaria* // Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Cook, R.J. (Eds.), *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy* / The Pennsylvania State University Press, University Park, 1981. – P. 225–235.
78. Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review / S. Burt // *International Journal of Food Microbiology*. – 2004. – № 94. – P. 223–253.
79. Burt, S.A. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7 / S. A. Burt, R. D. Reinders // *Lett. Appl. Microbiol.* – 2003. – № 36. – P. 162–167.
80. Carling, D. Symptoms, signs and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuber-borne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3 / D. Carling, R. Leiner, P. Westphale // *American Journal of Potato Research*. – 1989. – Vol. 66. – P. 693–701.
81. Cavanagh, H. M. A. Biological activities of lavender essential oil / H. M. A. Cavanagh, J. M. Wilkinson // *Phytother. Res.* – 2002. – № 16. – P. 301–308.
82. Ceresini, P. C. Genetic diversity of *Rhizoctonia solani* AG-3 from potato and tobacco in North Carolina / P. C. Ceresini, H. D. Shew, R. J. Vilgalys // *Mycologia*. 2002. – Vol. 94. – P. 437–449.
83. Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosan analysis with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and

- Escherichia coli / K. A. B. Vishu et al. // *Biochem. J.* – 2005. – № 391. – P. 167–175.
- 84.** Chemical Composition and Antifungal Activity of Cuminum cyminum L. Essential Oil from Alborz Mountain Against Aspergillus species / H. Mohammadpour et al. // *Jundishapur J Nat Pharm Prod.* – 2012. – № 7(2). – P. 50–55.
- 85.** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of rosemary / Y. Jiang et al. // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* – 2011. – № 32(1). – P. 63–68.
- 86.** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations / A. I. Hussain et al. // *Food Chem.* – 2008. – № 108(3). – P. 986–95.
- 87.** Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: The effects of chitosan and benzothiadiazole / F. Faoro et al. // *Bio. Control.* – 2008. – № 53. – P. 387–301.
- 88.** Chen, H. P. Isolation and characterization of a novel chitosan-binding protein from non-heading Chinese cabbage leaves / H. P. Chen, L. L. Xu // *J. Integr. Plant Biol.* – 2005. – № 47. – P. 452–456.
- 89.** Chitosan and oligochitosan enhance the resistance of peach fruit to brown rot / Z. X. Ma et al. // *Carbohydr Polym.* – 2013. – № 94. – P. 272–277.
- 90.** Chitosan and plant probiotics application enhance growth and yield of strawberry / J. A. Mutka et al. // *Biocatal. Agric. Biotechnol.* – 2017. – № 11. – P. 9–18.
- 91.** Chitosan for improving orchid production and quality / A. Uthairatanakij, A. Jaime, T. Silv., – Bangkok: Orchid Science and Biotechnology. Global Science Books, 2007.
- 92.** Chitosan induces Ca²⁺ mediated programmed cell death in soybean cells / A. Zuppini et al. // *New Phytol.* – 2003. – № 161. – P. 557–568.
- 93.** Chitosans of different molecular weight enhance potato (*Solanum tuberosum* L.) yield in a field trial / A. B. Falcón-Rodríguez et al. // *Span. J. Agric. Res.* – 2017. – № 15. – P. e0902.
- 94.** Chitosan-thioglycolic acid as a versatile antimicrobial agent / G. Geisberger et al. // *Biomacromolecules.* – 2013. – № 14. – P. 1010–1017.

- 95.** Chowdhury, S. P. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 on lettuce growth and health under pathogen pressure and its impact on the rhizosphere bacterial community / S. P. Chowdhury, K. Dietel, M. Rändler, et al. // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8. – P. e68818.
- 96.** Controlling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants by means of chitosan / N. Ben-Shalom et al. // *Crop Protection*. – 2003. – Vol. 22. – P. 285–290.
- 97.** Cubeta, M. Population biology of the *Rhizoctonia solani* complex / M. Cubeta, R. Vilgalys // *Phytopathology*. – 1997. – Vol. 87. – P. 480–484.
- 98.** Cullen, D.W. Use of quantitative molecular diagnostic assays to investigate *Fusarium* dry rot in potato stocks and soil / D.W. Cullen, I.K. Toth, Y. Pitkin // *Phytopathology*. – 2005. – Vol. 95. – P. 1462–1471.
- 99.** Djébali, N. Field study of the relative susceptibility of eleven potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and the efficacy of two fungicides against *Rhizoctonia solani* attack / N. Djébali, T. Belhassen // *Crop Protection*. – 2010. – Vol. 29. – P. 998–1002.
- 100.** Effect of foliar application of oligochitosan with different molecular weight on growth promotion and fruit yield enhancement of chili plant / P. D.Dzung et al. // *Plant Production Science*. – 2017. – Vol. 20 (4). – P 389–395.
- 101.** Effect of biostimulants on growth, yield and quality of bell pepper cv. Yolo wonder. Pak / N. Mahmood et al. // *J. Agric. Sci.* – 2017. – № 54. – P. 311–317.
- 102.** Effect of chitosan on growth and plasma membrane properties of *Rhizopus stolonifera* (Ehrenb.: Fr.) Vuill / J. García-Rincóna et al. // *Pestic. Biochem. Phys.* – 2010. – № 97. – P. 275–278.
- 103.** Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra / M. M. A. Mondal et al. // *A.J.C.S.* – 2012. – № 6. – P. 918–921.
- 104.** Effect of late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on Calcium content in leaves of advanced potato lines/cultivars / M. N. Subhani, S. T. Sahi, A. Rehman // *Acad. Res. J. Agric. Sci. Res.* – 2015. – № 3. – P. 107–110.

- 105.** Effect of levels calcium nitrate addition on potatoes fertilizer / W. Hamdi et al. // *Int. Res. J. Eng. Technol.* – 2015. – № 2. – P. 2006–2013.
- 106.** Effect of plagiochin E, an antifungal macrocyclic bis (bibenzyl), on cell wall chitin synthesis in *Candida albicans* / X. Z. Wu et al. // *Acta Pharmacol. Sin.* – 2008. – № 12. – P. 1478–1485.
- 107.** Effect of postharvest application of chitosan combined with clove oil against citrus green mold. *Postharvest Biol* / X. Shao et al. // *Technol.* – 2015. – № 99. – P. 37–43.
- 108.** Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit / X. H. Meng et al. // *Carbohydr. Polym.* – 2010. – № 81. – P. 70–75.
- 109.** Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit / J. Liu et al. // *Postharvest Biology and Technology.* – 2007. – Vol. 44. – P. 300–306.
- 110.** Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro / A. Zambonelli et al. // *J. Phytopathol.* – 1996. – № 144. – P. 491–494.
- 111.** Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes / G. Romanazzi et al. // *J Food Sci.* – 2002. – № 67. – P. 1862–1867.
- 112.** El Ghaouth, A. Application of *Candida saitoana* and Glycolchitosan for the Control of Postharvest Diseases of Apple and Citrus Fruit Under Semi-Commercial Conditions / A. El Ghaouth, Smilanick, J. L.; Brown, // *Plant Dis.* – 2000. – Vol. 84. – P. 243.
- 113.** El-Hadidi, E. Foliar Calcium and Magnesium Application Effect on Potato Crop Grown in Clay Loam Soils / E. El-Hadidi, R. El-Dissoky, A. Abd Elhafez // *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering.* – 2017. – Vol. 8. – P. 1–8.
- 114.** El-Hamidi, A. The content and composition of some umbelliferous essential oils / A. El-Hamidi, S. S. Ahmed // *Die Pharmazie.* – 1966. – № 7. – P. 438–439.
- 115.** El-Kot, G. A. N. Biological control of black scurf and dry rot of potato / G. A. N. El-Kot // *Egypt. J. Phytopathol.* – 2008. – Vol. 36. – P. 45–56.
- 116.** El-Mougy, N. S. Salts Application for Suppressing Potato Early Blight Disease / N. S. El-Mougy, M. M. Abdel-Kader // *Journal of Plant Protection Research.* – 2009. – Vol. 49. – № 4. – P. 353–361.

- 117.** El-Mohamedy, R.S.R. Field Application of Chitosan and *Moringa oleifera* Extracts as Fungicides Alternatives to Control Early Blight and Improvement Growth and Yield Quality of Potato / R.S.R El-Mohamedy, M.A. Aboelfetoh, A.A. Ghoname // Plant Pathology Journal. – 2016. – Vol. 15 (4). – P. 135–143.
- 118.** Essential oils of herbs and spices: Their antimicrobial activity and application in preservation of foods / S. R. Macwan et al. // J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. – 2016. – № 5. – P. 885–901.
- 119.** Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol, cinnamaldehyde, thymol, and carvacrol against *E. coli* with an improved Method / R. S. Pei et al. // J. Food Sci. – 2009. – № 74. – P. 379–383.
- 120.** Exploring an antifungal target in the plasma membrane H⁺ ATPase of fungi / D. Set-Young et al. // Biochim. Biophys. Acta. – 1997. – № 1326. – P. 249–256.
- 121.** Faoro, F. Callose synthesis as a tool to screen chitosan efficacy in inducing plant resistance to pathogens / F. Faoro, M. Iriti // Caryologia. – 2007. – № 60. – P. 121–124.
- 122.** Freddo, Á.R. Chitosan as fungistatic mycelial growth of *Rhizoctonia solani* Kuhn / Freddo, Á.R., Mazaro SM., Brun EJ. // Cienc Rural. – 2014. – Vol. 44(1). – P. 1–4
- 123.** Freiesleben, S. Correlation between Plant Secondary Metabolites and Their Antifungal Mechanisms – A Review / S. Freiesleben, A. Jäger // Medicinal and Aromatic Plants. – 2014. – Vol. 3. – Iss. 2. – P. 1–6.
- 124.** Fiers, M. Potato soil-borne diseases. A review / M. Fiers, V. Edel-Hermann, C. Chatot // Agronomy for Sustainable Development. – 2012. – Vol. 32. – P. 93–132.
- 125.** Foister, C. E. The distribution and prevalence of potato gangrene / C. E. Foister // Plant Pathol. – 1952. – № 1. – P. 85–86.
- 126.** Garcia, V. G. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia* / V. G. Garcia, M. P. Onco, V. R. Susan // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2006. – № 4. – P. 55–79.
- 127.** Gaskill, J.O. breeding for *Rhizoctonia* resistance in sugar beet / J.O. Gaskill // J. Am. Soc. Beet technol. – 1968. – № 15. – P. 107–119.
- 128.** Genzel, F. The molecular basis of the plant-pathogen interaction of potato and *Rhizoctonia solani* / Genzel Franziska. – Berlin, 2017. – 167 p.

- 129.** Giovannoni, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening / J. Giovannoni // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. – 2001. – № 52. – P. 725–749.
- 130.** Gogoi, P. Microbiological Research. Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem.) / P. Gogoi, P. Baruah, S. C. Nath // *Microbiol. Res.* – 2008. – № 163. – P. 337–344.
- 131.** Gornik, K. The effect of chitosan on rooting of grape vine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress / K. Gornik, M. Grzesik, B. R. Duda // *J. Fruit Ornamental Plant Res.* – 2008. – № 16. – P. 333–343.
- 132.** Graham M. Y. Rapid accumulation of anionic peroxidases and phenolic polymers in soybean cotyledon tissues following treatment with *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* wall glucan / M. Y. Graham, T. L. Graham // *Plant Physiology*. – 1991. – № 97. – P. 1445–1455.
- 133.** Gunter, C. C. Exchangeable soil calcium may not reliably predict in-season calcium requirements for enhancing potato tuber calcium concentration / C. C. Gunter, J. P. Palta // *American J. Potato Res.* – 2008. – № 85. – P. 324–331.
- 134.** Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybeck, R., 2011. *Global Food Losses and Food Waste*. UN FAO, Rome, Italy. – URL: www.fao.org
- 135.** Griffin, D. H. Spore dormancy and germination / D. H. Griffin // Griffin D.H. *Fungal Physiology*. – 2nd Ed. John Wiley & Sons. – New York, 1994. – P. 375–398.
- 136.** Hadwiger, L. A. Anatomy of a nonhost disease resistance response of pea to *Fusarium solani*: PR gene elicitation via DNase, chitosan and chromatin alterations / L. A. Hadwiger // *Front. Plant Sci.* – 2015. – № 12. – URL: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov.
- 137.** Hadwiger, L. A. Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype / L. A. Hadwiger // *Plant Science*. – 2013. – № 208. – P. 42–49.

- 138.** Hadwiger, L. A. Pea-Fusarium solani interactions contributions of a system toward understanding disease resistance / L. A. Hadwiger // *Phytopathology*. – 2008. – № 98. – P. 372–379.
- 139.** Hammer, K. A. Antifungal effects of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil and its components on *Candida albicans*, *Candida glabrata* and *Saccharomyces cerevisiae* / K. A. Hammer, C. F. Carson, T. V. Riley // *J. Antimicrob. Chemother.* – 2004. – № 12. – P. 1–5.
- 140.** Hashim, E. M. *Nigella sativa* seeds of Egypt, Egypt / E. M. Hashim, M. A. El-Kiey // *Journal of Pharmaceutical Sciences United Arab Republic*. – 1962. – № 3. – P. 121–133.
- 141.** *Trichoderma* strains suppress *Rhizoctonia* diseases and promote growth of potato / E. Hicks, D. Bienkowski, M. Braithwaite, et al. // *Phytopathologia Mediterranea*. – 2014. – Vol. 53. – P. 502–514.
- 142.** Hide, G. Influence of stem canker (*Rhizoctonia solani* Kühn) on tuber yield, tuber size, reducing sugars and crisp colour in cv. Record / G. Hide, J. Horrocks // *Potato Research*. – 1994. – Vol. 37. – P. 43–49.
- 143.** Hiltunen, L. H. Interactions and biocontrol of pathogenic *Streptomyces* strains cooccurring in potato scab lesions / L. H. Hiltunen, T. Ojanperä, H. Kortemaa // *Journal of Applied Microbiology*. – 2009. – Vol. 106. – P. 199–212.
- 144.** Hirschi, K. D. The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal/ K. D. Hirschi // *Plant Physiol.* – 2004. – Vol. 136. – P. 2438–2442.
- 145.** Hyldgaard, M. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components / M. Hyldgaard, T. Mygind, L. M. Rikke // *Front. Microbiol.* – 2012. – № 3. – P. 1–24.
- 146.** Biocontrol of black scurf on potato by seed tuber treatment with *Pythium oligandrum* / S. Ikeda, A. Shimizu, M. Shimizu, et al. // *Biological Control*. – 2012. – Vol. 60. – P. 297–304.
- 147.** Improvement of growth, yield, and quality of two varieties of kohlrabi plants as affected by application of some bio stimulants / A. M. El-Bassiony et al. // *Middle East Journal of Agriculture Research*. – 2014. – № 3(3). – P. 491–498.

- 148.** Induction of systemic resistance in potato plants against late and early blight diseases using chemical inducers under greenhouse and field conditions / N. G. El-Gamal et al. // Res. J. Agric. Biol. Sci. – 2007. – № 3. – P. 73–81.
- 149.** Inhibition of *Botrytis cinerea* growth and suppression of botrytis bunch rot in grapes using chitosan / T. Reglinski et al. // Plant Pathol. – 2010. – № 59. – P. 882–890.
- 150.** Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak / Z. E. Bistgani et al. // Crop J. – 2017. – № 5. – P. 407–415.
- 151.** Iriti, M. Abscisic acid mediates the chitosan-induced resistance to tobacco necrosis virus (TNV) / M. Iriti, F. Faoro // Plant Physiol. Biochem. – 2008. – № 46. – P. 1106–1111.
- 152.** Iriti, M. Chitosan as a MAMP searching for a PRR. Plant Signal / M. Iriti, F. Faoro // Behav. – 2009. – № 4. – P. 66–68.
- 153.** Iriti, M. Chitosan-induced antiviral activity and innate immunity in plants / M. Iriti, E. M. Varoni // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2015. – № 22. – P. 2935–2944.
- 154.** Iscan, G. Anticandidal effects of thymoquinone: Mode of action determined by transmission electron microscopy (TEM) / G. Iscan, A. Iscan, F. Demirci // Nat. Prod. Commun. – 2016. – № 11. – P. 977–978.
- 155.** Isidoro, N. α -Farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in 'Rocha' pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylamine / N. Isidoro, D. P. F. Almeida // Postharvest Biology and Technology. – 2006. – № 42. – P. 49–56.
- 156.** Kamble V. A. In vitro Anti-Fungal Activity of *Cuminum cyminum* (Cumin Seed) Essential Oil against Clinical Isolates of *Candida* Species / V. A. Kamble // AJ-PCT. – 2015. – № 3 (03). – P. 264–275.
- 157.** Khan, W. Chitosan and chitin oligomers increase phenylalanine ammonia-lyase and tyrosine ammonia-lyase activities in soybean leaves / W. Khan, B. Prithviraj, D. L. Smith // J Plant Physiol. 2003. – № 160. – P. 859–863.

- 158.** Kleinhenz, M. D. Root zone calcium modulates the response of potato plants to heat stress / M. D. Kleinhenz, J. P. Palta // *Physiologia Plantarum*. – 2002. – № 115. – P. 111–118.
- 159.** Kurita, K. Chitin and chitosan: Functional biopolymers from marine crustaceans / K. Kurita // *Mar. Biotech. (N.Y.)*. – 2006. – № 8. – P. 203–226.
- 160.** Lapwood, D. H. Potato diseases // *Diseases of Crop Plants (J. H. Western, ed.)* / D. H. Lapwood, G. A. Hide. – New York.: Wiley, 1971. – P. 89–122.
- 161.** Larkin, R. P. Control of soilborne potato diseases using Brassica green manures / R. P. Larkin, T. S. Griffin // *Crop Protection*. – 2007. – Vol. 26. – P. 1067–1077.
- 162.** Leach, S.S. Contamination of soil and transmission of seed-borne potato dry rot fungi (*Fusarium* spp.) to progeny tubers / S.S. Leach // *Am. J. Potato Res.* – 1985. – Vol. 62. – P. 129–136.
- 163.** Lehtonen, M. J. Formation of canker lesions on stems and black scurf on tubers in experimentally inoculated potato plants by isolates of AG2-1, AG3 and AG5 of *Rhizoctonia solani*: a pilot study and literature review / M. J. Lehtonen, P. S. Wilson, P. Ahvenniemi // *Agricultural and Food Science*. – 2009. – Vol. 18. – P. 223–233.
- 164.** Leuba, J. L. Chitosan and other polyamines: Antifungal activity and interaction with biological membranes / J. L. Leuba, P. Stossel // *Muzarelli, G. Chitin in Nature and Technology*. – New York and London, 1986. – P. 215–222.
- 165.** Li, S. J. Biochemical response and induced resistance against anthracnose (*Colletotrichum camelliae*) of camellia (*Camellia pitardii*) by chitosan oligosaccharide application / S. J. Li, T. H. Zhu // *For Path.* – 2013. – № 43. – P. 67–76.
- 166.** Lis-Balchin, M. Lavender: The Genus *Lavandula* / M. Lis-Balchin. – CRC Press: 2002. – P. 296.
- 167.** MacDonald, M. J. A modern view of phenylalanine ammonia lyase / M. J. MacDonald, G. B. D’Cunha GB // *Biochem Cell Biol.* – 2007. – № 85. – P. 273–282.
- 168.** Malerba, M. Defense/stress responses activated by chitosan in sycamore cultured cells / M. Malerba, R. Cerana, P. Crosti // *Protoplasma*. – 2011. – № 249. – P. 89–98.

- 169.** Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus* / Y. Hu et al. // *Food Chem.* – 2017. – № 220. – P. 1–8.
- 170.** Mengel, K. *Principles of Plant Nutrition* / K. Mengel, E. A. Kirkby. – Bern, Switzerland: International Potash Institute, 2001. – P. 673.
- 171.** Metabolic pathways regulated by chitosan contributing to drought resistance in white clover / Z. Li et al. // *J. Proteome Res.* – 2017. – № 16. – P. 3039–3052.
- 172.** Modisane, P.C. Yield and quality of potatoes as affected by calcium nutrition, temperature and humidity: M. Sc. Thesis // *Agron., Fac. of Natural and Agric. Sci.* / Modisane Pulane Charity. – Univ. of Pretoria, 2007.
- 173.** Molecular cloning and characterization of a *Brasica napus* L. MAP kinase involved in oligochitosan-induced defense signaling / H. Yin et al. // *Plant Mol. Biol. Rep.* – 2010. – № 28. – P. 2292–2301.
- 174.** Morphological changes of the filamentous fungus *Mucor mucedo* and inhibition of chitin synthase activity induced by anethole / M. Yutani et al. // *Phyther. Res.* – 2011. – № 25. – P. 1707–1713.
- 175.** Norman, J. *The complete book on spices* / J. Norman. – London: Doerling Kindersley, 1990. – P. 34–38.
- 176.** O'Brien, M. J. «Potato Diseases» / M. J. O'Brien, A. E. Rich. – U.S.: Dep. Agric, Handb, 1976. – P. 474.
- 177.** Ogoshi, A. Introduction – the genus *Rhizoctonia* / A. Ogoshi // *Rhizoctonia species: Taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control.* ed. B. Sneh, S. Jajabi-Hare, S. Neate and G. Dijst. – Boston: Kluwer Academic Publishe., 1996. – P. 483.
- 178.** Okubara, P. A. Identification and quantification of *Rhizoctonia solani* and *R. oryzae* using real-time polymerase chain reaction / P. A. Okubara, K. L. Schroeder, T. C. Paulitz // *Phytopathology.* – 2008. – Vol. 98. – P. 837–847.

- 179.** Oligogalacturonides and chitosan activate plant defence genes through the octadecanoic pathway / S. H. Doares et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1995. – № 92. – P. 4095–4098.
- 180.** Ozgen, S. Influence of supplemental calcium fertilization on potato tuber size and tuber number / S. Ozgen, J. P. Palta, M. D. Kleinhenz // *Acta Hort.* – 2003. – № 619. – P. 329–336.
- 181.** Ozgen, S. Response of potatoes (cv russet burbank) to supplemental calcium applications under field conditions: tuber calcium, yield and incidence of internal brown spot / S. Ozgen, S, B. H. Karlsson, J. E. Palta // *Amer. J. of Potato Res.* – 2006. – № 83. – P. 195–204.
- 182.** Palta, J. P. Improving potato tuber quality and production by targeted calcium nutrition: the discovery of tuber roots leading to a new concept in potato nutrition / J. P. Palta // *Potato Res.* – 2010. – № 53. – P. 267–275.
- 183.** Parmeter, J. R. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state // *Rhizoctonia solani: Biology and pathology*; ed. Parmeter J. R. Jr / Parmeter J. R. Jr., Whitney H. S. – USA: University of California Press, 1970. – P. 7–19.
- 184.** Peters, J.C. Characterization of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain / J. C. Peters, A. K. Lees, D. W. Cullen // *Plant Pathol.* – 2008a. – Vol. 57. – P. 262–271.
- 185.** Peters, R. D. Pathogenicity to potato tubers of *Fusarium* spp. isolated from potato, cereal and forage crops / R.D. Peters, C. MacLeod, K. A. Seifert // *Am. J. Potato Res.* – 2008b. – Vol. 85. – P. 367–374.
- 186.** Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage / M. C. Lobato et al. // *Eur. J. Plant Pathol.* – 2008. – № 122. – P. 349–358.
- 187.** Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils / F. Fratianni et al. // *J. Food Sci.* – 2010. – № 75. – P. M528–M535.
- 188.** Recep, K. Biological control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains / K. Recep, S. Fikrettin, D. Erkol // *Biol. Control.* – 2009. – Vol. 50. – P. 194–198.

- 189.** Romagnol, C. Antifungal activity of essential oil from fruits of Indian *Cuminum cyminum* / C. Romagnol, E. Andreotti, S. Maietti // *Pharmaceutical Biology* – 2010. – Vol. 48(7). – P. 834–838.
- 190.** Ritchie, F. Survival of Sclerotia of *Rhizoctonia solani* AG3PT and effect of soil-borne inoculum density on disease development on potato / F. Ritchie, R. Bain, M. McQuilken // *Journal of Phytopathology*. – 2013. – Vol. 161, P. 180–189.
- 191.** Romanazzi, G. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan in reducing storage decay of sweet cherries / G. Romanazzi, F. Nigro, A. Ippolito // *Postharvest Biology and Technology*. – 2003. – № 29. – P. 73–80.
- 192.** Rozman, V. Bioactivity of 1,8-cineole, camphor and carvacrol against rusty grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) on stored wheat / V. Rozman, I. Kalinovic, A. Liska; presented at the Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 2006. – P. 687–694.
- 193.** Rozman, V. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects / V. Rozman, I. Kalinovic, Z. Korunic // *J. Stored Prod. Res.* – 2007. – № 43. – P. 349–355.
- 194.** Saccardo, P.A. *Conspectus generum fungorum Italiae inferiorum nempe ad Sphaeropsideas, Melanconieas et Hyphomyceteas pertinentium systemate sporologico dispositorum* / P. A. Saccardo // *Michelia*. – 1880. – № 2. – P. 1–38.
- 195.** Scheuerell, S. Compost tea: principles and prospects for plant diseases control / S. Scheuerell, W. Mahafee // *Compost Science and Utilization*. – 2002. – № 10. – P. 313–338.
- 196.** Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress / Y. J. Guan, J. Hu, X. J. Wang // *Journal of Zhejiang University Science B*. – 2009. – № 10(6). – P. 427–433.
- 197.** Singh, S. Enhancing phytochemical levels, enzymatic and antioxidant activity of spinach leaves by chitosan treatment and an insight into the metabolic pathway using DART-MS technique / S. Singh // *Food Chem.* – 2016. – № 199. – P. 176–184.

- 198.** Sneh, B. Hypovirulent *Rhizoctonia* spp. isolates from New Zealand soils protect radish seedlings against damping off caused by *R. solani* / B. Sneh, E. Yamoah, A. Stewart // *New Zealand Plant Protection*. – 2004. – № 57. – P. 54–58.
- 199.** Sodium silicate harmful effects on reduces postharvest decay on Hami melons: induced resistance and fungistatic effects / Y. Bi et al. // *Plant Disease*. – 2006. – № 90. – P. 279–283.
- 200.** Soylu, E. M. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea* / E. M. Soylu, S. Kurt, S. Soylu // *International Journal of Food Microbiology*. – 2010. – № 143. – P. 183–189.
- 201.** Stevenson, W. R. *Compendium of Potato Diseases*, 2nd ed. / W.R. Stevenson, R. Loria, G. D. Franc; The American Phytopathological Society, St. Paul. 2001. – URL: researchgate. net.
- 202.** Structure and antimicrobial mechanism of – polylysine-chitosan conjugates through Maillard reaction / C. Liang et al. // *J. Biol. Macromol.* – 2014. – № 70. – P. 427–434.
- 203.** Terpenoids with antifungal activity trigger mitochondrial dysfunction in *Saccharomyces cerevisiae* / E. Haque et al. // *Microbiology*. – 2016. – № 85. – P. 436–443.
- 204.** The Lysin Motif Receptor-like Kinase (LysM-RLK) CERK1 is a major chitin-binding protein in *Arabidopsis thaliana* and subject to chitin-induced phosphorylation / E. K. Petutschnig et al. // *J. Biol. Chem.* – 2010. – № 285. – P. 28902–28911.
- 205.** Thippeswamy, N. B. Antioxidant potency of cumin varieties cumin, black cumin and bitter cumin-on antioxidant systems / N. B. Thippeswamy, K. A. Naidu // *European Food Research Technology*. – 2005. – № 220. – P. 472–476.
- 206.** Tongnuanchan, P. Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation / P. Tongnuanchan, S. Benjakul // *J. Food Sci.* – 2014. – № 79. – P. R1231–R1249.

- 207.** Tsrur, L. The influence of the inoculum source of *Rhizoctonia solani* on development of black scurf on potato / L. Tsrur, I. Peretz-Alon // *Journal of Phytopathology*. – 2005. – Vol. 153. – P. 240–244.
- 208.** Two phenylalanine ammonia-lyase isoforms are involved in the elicitor-induced response of rice to the fungal pathogen *Magnaporthe oryzae* / S. Giberti et al. // *Plant Physiol. J.* – 2012. – Vol. 169. – P. 249–254.
- 209.** Upson, T. M. *The Genus Lavandula, a Botanical Magazine Monograph* / T. M. Upson, S. Andrews. – UK: Kew: Royal Botanical Gardens, Kew, 2004. – 442 p.
- 210.** Virgen-Calleros, G. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* on potato in central México and potential for biological and chemical control / G. Virgen-Calleros, V. Olalde-Portugal, D. Carling // *American Journal of Potato Research*. 2000. – Vol. 77. – P. 219–224.
- 211.** Walker-Simmons, M. Chitosans and pecticpolysaccharides both induce the accumulation of the antifungal phytoalexin pisatin in pea pods and antinutrient proteinase inhibitors in tomato leaves. *Biochem. Biophys* / M. Walker-Simmons, L. Hadwiger, C. A. Ryan // *Res. Commun.* – 1983. – № 110. – P. 194–199.
- 212.** Wang, W. Control of plant diseases by extracts of *Inula viscosa* / W. Wang, B. H. Ben-Daniel, Y. Cohen // *Phytopathology*. – 2004. – № 94. – P. 1042–1047.
- 213.** Wilson, P. Biological and chemical control and their combined use to control different stages of the *Rhizoctonia* disease complex on potato through the growing season / P. Wilson, P. Ahvenniemi, M. Lehtonen // *Annals of Applied Biology*. – 2008. – Vol. 153. – P. 307–320.
- 214.** Woodhall, J. W. Characterization of *Rhizoctonia solani* from potatoes in Great Britain / J. W. Woodhall, A. K. Lees, S. G. Edwards // *Plant Pathology*. – 2007. – Vol. 56. – P. 286–295.
- 215.** Yao, H. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage / H. Yao, S. Tian // *Postharvest Biology and Technology*. – 2005. – Vol. 35. – P. 253–262

216. Złotek, U. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.) / U. Złotek, M. Świeca, A. Jakubczyk // Food Chem. – 2014. – № 148. – P. 253–260.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении ризоктониоза, 2016 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	44,6	0,0	35,5	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	58,6	31,3	66,6	87,6
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	77,2	73,0	74,6	110,1
Максим, КС 0,4 л/т	70,0	56,9	70,0	97,1

Примечание: (А) = CaCl₂ 0,05 кг/т + 2 кг/га; (Б) = CaCl₂ 0,1 кг/т + 4 кг/га; (В) = Хитозан 0,05 кг/т + 0,4 кг/га (здесь и далее).

Таблица 2 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении ризоктониоза, 2017 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	54,0	0,0	45,3	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	68,6	27,0	75,2	66,0
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	84,6	56,6	89,0	96,4
Максим, КС 0,4 л/т	62,2	15,1	64,6	42,6

Приложение 1 (продолжение)

Таблица 3 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении ризоктониоза, 2018 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	52,6	0,0	44,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	68,6	30,4	71,3	59,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	83,2	58,1	85,2	91,0
Максим, КС 0,4 л/т	71,3	35,5	69,2	55,1

Таблица 4 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2016 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	45,2	0,0	50,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	66,0	46,0	73,2	44,6
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	73,2	61,9	79,2	56,5
Максим, КС 0,4 л/т	61,2	35,3	66,0	30,4

Приложение 1 (продолжение)

Таблица 5 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2017 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	58,6	0,0	65,2	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	75,2	28,3	85,2	30,6
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	85,2	45,3	88,6	35,8
Максим, КС 0,4 л/т	66,0	12,6	75,2	15,3

Таблица 6 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2018 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	51,2	0,0	61,2	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	62,6	22,3	79,2	29,4
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	75,2	46,8	85,2	39,2
Максим, КС 0,4 л/т	58,0	13,2	68,0	11,1

(

Приложение 1(продолжение)

Таблица 7 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении фомозом, 2016 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	47,2	0,0	50,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	88,6	87,7	71,3	40,9
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	94,6	100,4	82,0	62,0
Максим, КС 0,4 л/т	69,2	46,6	76,0	50,1

Таблица 8 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении фомозом, 2017 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	44,6	0,0	53,2	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	70,0	56,9	80,6	51,5
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	89,2	100,0	92,0	72,9
Максим, КС 0,4 л/т	66,6	49,3	62,2	16,9

(

Приложение 1 (окончание)

Таблица 9 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на всхожесть картофеля при искусственном заражении фомозом, 2018 г.

Вариант	Всхожесть, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	49,3	0,0	56,0	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	62,6	26,9	65,1	16,2
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	78,6	59,4	77,3	38,0
Максим, КС 0,4 л/т	58,0	17,6	62,6	11,7

Приложение 2

Таблица 1 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении ризоктониозом, 2016 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	33,0	30,0	31,6	3,0	2,0	2,6
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	42,0	40,3	41,2	4,0	3,6	3,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	42,0	42,0	42,0	4,3	3,6	4,0
Максим, КС 0,4 л/т	34,0	37,3	35,7	3,6	3,6	3,7
среднее	37,8	37,4	-	3,8	3,3	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 12,47 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 4,18 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,06 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,96 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 4,76 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,93 Фактор (В): $F_{\phi} = 2,57 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,48 < F_{05} = 3,23$			

Примечание: фактор (А) = обработка; Фактор (В) = сорт; Фактор (А×В) = обработка × сорт (здесь и далее).

Таблица 2 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении ризоктониозом, 2017 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	34,0	34,3	34,2	3,0	3,3	3,2
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	49,6	48,0	48,9	4,6	4,6	4,7
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	58,0	59,3	58,7	4,6	5,0	4,8
Максим, КС 0,4 л/т	44,6	37,3	41,0	4,0	4,0	4,0
среднее	46,6	44,8	-	4,0	4,3	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 90,83 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 3,31 Фактор (В): $F_{\phi} = 2,75 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 3,07 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 6,36 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,90 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,31 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,1 < F_{05} = 3,23$			

Приложение 2 (продолжение)

Таблица 3 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении ризоктониозом, 2018 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	33,3	28,0	30,6	2,3	2,3	2,3
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	38,3	37,3	37,8	3,6	4,6	4,1
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	45,0	42,0	43,5	4,3	5,0	4,65
Максим, КС 0,4 л/т	34,6	35,3	35,2	3,3	3,3	3,3
среднее	37,8	35,6	-	3,4	3,8	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 31,71 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 3,2 Фактор (В): $F_{\phi} = 2,84 < F_{05} = 3,4$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 3,48 > F_{05} = 2,5$ НСР ₀₅ = 6,64			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 32,41 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 0,48 Фактор (В): $F_{\phi} = 5,44 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 0,42 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,3 < F_{05} = 2,5$			

Таблица 4 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2016 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	30,0	32,6	31,3	3,0	2,6	2,8
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	40,0	41,3	40,7	3,6	4,0	3,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	41,6	42,3	42,0	4,0	4,6	4,3
Максим, КС 0,4 л/т	33,6	37,3	35,5	3,3	3,3	3,3
среднее	36,3	38,4	-	3,5	3,6	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 15,62 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 3,72 Фактор (В): $F_{\phi} = 2,82 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,29 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А) $F_{\phi} = 3,53 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,24 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,39 < F_{05} = 3,23$			

Приложение 2 (продолжение)

Таблица 5 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2017 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	29,3	30,0	29,6	2,3	2,6	2,4
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	39,3	38,0	38,6	3,0	3,6	3,3
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	46,6	46,0	46,3	3,6	4,0	3,8
Максим, КС 0,4 л/т	40,6	37,0	38,8	2,6	2,6	2,6
среднее	39,0	37,7	-	2,9	3,6	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 36,5 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 2,83 Фактор (В): $F_{\phi} = 10,29 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 2,45 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,14 < F_{05} = 2,5$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 10,06 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 0,64 Фактор (В): $F_{\phi} = 7,0 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 0,56 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,75 < F_{05} = 2,5$			

Таблица 6 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2018 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	25,3	29,3	27,3	3,0	2,6	2,8
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	43,3	36,6	39,8	4,0	3,6	3,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	44,0	38,6	41,3	4,3	4,6	4,5
Максим, КС 0,4 л/т	42,6	30,6	36,6	3,3	3,0	3,2
среднее	38,8	33,8	-	3,7	3,5	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 36,5 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 2,83 Фактор (В): $F_{\phi} = 10,29 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 2,45 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,14 < F_{05} = 2,5$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 4,63 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,24 < F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,72 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,24 < F_{05} = 3,23$			

Приложение 2 (продолжение)

Таблица 7 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении фомозом, 2016 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	29,0	29,3	29,2	2,6	3,0	2,8
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	41,0	38,0	39,5	3,3	4,0	7,3
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	48,0	46,6	47,3	4,0	4,6	4,3
Максим, КС 0,4 л/т	43,0	37,6	40,3	3,3	3,0	3,2
среднее	40,6	38,0	-	3,3	3,7	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 45,62 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 2,74 Фактор (В): $F_{\phi} = 11,88 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 2,37 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,98 > F_{0,5} = 2,5$ НСР ₀₅ = 5,63			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 7,81 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 0,77 Фактор (В): $F_{\phi} = 1,61 < F_{05} = 3,4$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,03 < F_{05} = 2,5$			

Таблица 8 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении фомозом, 2017 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	32,6	33,0	32,8	2,6	2,3	2,5
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	41,3	37,3	39,3	4,0	4,0	4,0
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	42,3	42,3	42,3	4,0	4,3	4,2
Максим, КС 0,4 л/т	33,0	35,6	34,3	3,3	3,6	3,5
среднее	37,3	37,0	-	3,5	3,6	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 7,27 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 4,89 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,02 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,72 < F_{05} = 3,23$			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 4,76 > F_{0,5} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03 Фактор (В): $F_{\phi} = 0,06 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,22 < F_{05} = 3,23$			

Приложение 2 (окончание)

Таблица 9 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на биометрические показатели картофеля (высота растений и количество стеблей) при искусственном заражении фомозом, 2018 г.

Вариант	Высота растений, см			Количество стеблей, шт./ куст		
	Ароза	Невский	среднее	Ароза	Невский	среднее
Контроль	30,0	29,0	29,5	3,3	3,0	3,2
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	37,0	41,0	39,0	3,6	4,0	3,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	40,0	48,0	44,0	4,0	4,6	4,3
Максим, КС 0,4 л/т	31,6	43,0	37,3	3,0	3,6	3,3
среднее	34,7	40,6	-	3,5	3,8	-
Высота растений Фактор (А): $F_{\phi} = 45,62 > F_{05} = 3,0$ НСР ₀₅ = 2,74 Фактор (В): $F_{\phi} = 11,88 > F_{05} = 3,4$ НСР ₀₅ = 2,37 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,98 > F_{05} = 2,5$ НСР ₀₅ = 5,63			Количество стеблей Фактор (А): $F_{\phi} = 1,82 < F_{05} = 3,23$ Фактор (В): $F_{\phi} = 0,73 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,36 < F_{05} = 3,23$			

Приложение 3

Таблица 1 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении ризоктониозом, 2016 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	8,3	6,5	0,0	13,2	10,1	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	11,6	10,4	60,0	16,1	14,9	47,5
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	12,3	11,2	72,3	18,3	16,6	64,3
Максим, КС 0,4 л/т	10,9	8,9	36,9	15,0	11,9	17,8
Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 249,63 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,46 Фактор (В): $F_{\phi} = 692,55 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,33 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 11,32 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,97				Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 121,85 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,51 Фактор (В): $F_{\phi} = 821,06 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,36 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 5,68 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,07		

Примечание: фактор (А) = обработка; Фактор (В) = сорт; Фактор (А×В) = обработка × сорт (здесь и далее).

Таблица 2 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении ризоктониозом, 2017 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	8,6	7,8	0,0	9,3	7,9	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	10,8	10,2	30,4	13,1	11,9	50,6
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	11,9	11,3	44,8	15,7	14,8	87,3
Максим, КС 0,4 л/т	8,9	8,1	3,8	10,4	9,2	16,4
Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 175,45 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,49 Фактор (В): $F_{\phi} = 158,33 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,35 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 16,11 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03				Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 207,33 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,49 Фактор (В): $F_{\phi} = 94,19 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,34 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 17,96 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03		

Приложение 3 (продолжение)

Таблица 3 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении ризоктониозом, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	8,7	7,4	0,0	9,9	8,2	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	11,8	10,8	45,9	13,3	11,7	42,7
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	13,3	12,4	67,5	14,4	13,5	64,6
Максим, КС 0,4 л/т	10,0	8,7	17,5	10,9	9,3	13,4
Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 8,58 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 2,00 Фактор (В): $F_{\phi} = 2,92 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,04 < F_{05} = 3,23$			Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 14,49 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,80 Фактор (В): $F_{\phi} = 1,91 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,03 < F_{05} = 3,23$			

Таблица 4 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2016 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	9,8	7,7	0,0	10,3	8,3	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	11,4	10,4	35,0	15,6	11,4	37,3
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	11,8	11,0	42,8	17,1	13,5	62,6
Максим, КС 0,4 л/т	10,4	8,6	11,6	11,3	9,6	15,6
Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 217,93 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,49 Фактор (В): $F_{\phi} = 188,62 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,34 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 30,57 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03			Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 214,30 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,43 Фактор (В): $F_{\phi} = 358,38 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,30 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 68,03 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,89			

Приложение 3 (продолжение)

Таблица 5 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2017 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	9,3	8,1	0,0	10,3	8,3	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	10,6	9,4	16	13,9	10,8	30,1
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	11,2	10,5	29,6	15,1	12,4	49,4
Максим, КС 0,4 л/т	10,1	8,8	8,6	11,3	9,5	14,4
Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 67,72 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,54 Фактор (В): $F_{\phi} = 164,86 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,38 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 16,11 > F_{0,5} = 3,23$ НС ₀₅ = 0,89				Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 149,72 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,46 Фактор (В): $F_{\phi} = 176,35 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,33 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 34,60 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03		

Таблица 6 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	10,0	7,8	0,0	11,0	9,0	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	13,7	12,4	58,9	14,2	10,4	15,5
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	15,1	13,9	78,2	15,8	12,5	38,9
Максим, КС 0,4 л/т	10,7	8,9	14,1	12,0	10,2	13,3
Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 9,88 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 2,16 Фактор (В): $F_{\phi} = 1,44 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,07 < F_{05} = 3,23$				Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 15,91 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,96 Фактор (В): $F_{\phi} = 1,39 < F_{05} = 4,49$ Фактор (А×В): $F_{\phi} = 0,21 < F_{05} = 3,23$		

Приложение 3 (продолжение)

Таблица 7 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении фомозом, 2016 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от контроля, %	т/га		от контроля, %	
Контроль	9,3	6,8	0,0	10,9	8,4	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	12,0	10,6	55,8	16,1	14,3	70,2
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	12,4	11,3	66,1	17,4	15,6	85,7
Максим, КС 0,4 л/т	10,5	8,3	22,0	11,2	8,8	4,7
Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 245,70 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,54 Фактор (В): $F_{\phi} = 195,84 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,38 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 23,96 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,13				Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 182,41 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,52 Фактор (В): $F_{\phi} = 263,47 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,37 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 33,20 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,10		

Таблица 8 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении фомозом, 2017 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
т/га		от кон- троля, %	т/га		от кон- троля, %	
Контроль	9,2	7,8	0,0	9,9	8,3	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	11,1	10,3	32,0	13,1	12,3	48,1
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	11,7	11,1	42,3	15,5	14,7	77,1
Максим, КС 0,4 л/т	9,9	8,2	5,1	10,5	9,6	15,6
Общая урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 4,38 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 2,57 Фактор (В): $F_{\phi} = 9,26 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 1,82 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,83 < F_{05} = 3,23$				Товарная урожайность Фактор (А): $F_{\phi} = 173,67 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 0,5 Фактор (В): $F_{\phi} = 123,54 > F_{05} = 4,49$ НСР ₀₅ = 0,35 Фактор (А×В): $F_{\phi} = 15,47 > F_{05} = 3,23$ НСР ₀₅ = 1,03		

Приложение 3 (окончание)

Таблица 9 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на урожайность картофеля при искусственном заражении фомозом, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га					
	Ароза			Невский		
	общая, т/га	товарная		общая, т/га	товарная	
		т/га	от кон- троля, %		т/га	от контроля, %
Контроль	9,7	8,8	0,0	10,7	8,5	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	14,8	13,5	53,4	12,8	11,8	38,8
CaCl ₂ (Б) + + Хитозан (В)	15,7	14,3	62,5	13,9	12,9	51,7
Максим, КС 0,4 л/т	11,6	10,9	23,8	11,7	10,5	23,5
Общая урожайность			Товарная урожайность			
Фактор (А): $F_{\phi} = 6,74 > F_{05} = 3,23$			Фактор (А): $F_{\phi} = 38,09 > F_{05} = 3,23$			
Фактор (В): $F_{\phi} = 0,1 < F_{05} = 4,49$			Фактор (В): $F_{\phi} = 1,87 < F_{05} = 4,49$			
Фактор (А×В): $F_{\phi} = 1,23 < F_{05} = 3,23$			Фактор (А×В): $F_{\phi} = 2,42 < F_{05} = 3,23$			
НСР ₀₅ = 2,58			НСР ₀₅ = 2,13			

Приложение 4

Таблица 1 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление ризоктониоза во время уборки, 2016 г.

Вариант	Ризоктониоз, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	71,3	0,0	37,3	0,0
CaCl ₂ (А) + + хитозан (В)	20,6	-71,1	12,6	-66,2
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	20,6	-71,1	11,0	-70,5
Максим, КС 0,4 л/т	39,3	-44,8	23,3	-37,5

Примечание: (А) = CaCl₂ 0,05 кг/т + 2 кг/га; (Б) = CaCl₂ 0,1 кг/т + 4 кг/га; (В) = хитозан 0,05 кг/т + 0,4 кг/га (здесь и далее).

Таблица 2 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление ризоктониоза во время уборки, 2017 г.

Вариант	Ризоктониоз, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	27,2	0,0	30,0	0,0
CaCl ₂ (А) + + хитозан (В)	16,6	-38,9	20,6	-31,3
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	13,6	-51,1	12,6	-58,0
Максим, КС 0,4 л/т	22,6	-16,9	22,6	-24,0

Таблица 3 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление ризоктониоза во время уборки, 2018 г.

Вариант	Ризоктониоз, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	64,6	0,0	60,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + хитозан (В)	24,0	-62,8	18,6	-69,3
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	20,6	-68,1	16,6	-72,6
Максим, КС 0,4 л/т	45,3	-29,8	30,0	-50,4

Приложение 4 (окончание)

Таблица 4 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля, 2016 г.

Вариант	Сухая фузариозная гниль, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	11,2	0,0	19,2	0,0
CaCl ₂ (А) + + Хитозан (В)	6,6	-41,0	10,6	-44,7
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	4,6	-58,9	7,3	-61,9
Максим, КС 0,4 л/т	7,2	-35,7	15,0	-21,8

Таблица 5 – Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля, 2017 г.

Вариант	Сухая фузариозная гниль, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	17,2	0,0	18,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + хитозан (В)	11,2	-34,8	8,0	-56,9
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	9,2	-46,5	6,6	-64,5
Максим, КС 0,4 л/т	16,0	-6,9	11,2	-39,7

Таблица 6– Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля, 2018 г.

Вариант	Сухая фузариозная гниль, %			
	Ароза		Невский	
	%	от контроля, %	%	от контроля, %
Контроль	18,6	0,0	14,6	0,0
CaCl ₂ (А) + + хитозан (В)	9,2	-50,5	4,6	-67,4
CaCl ₂ (Б) + + хитозан (В)	5,2	-72,0	2,6	-82,1
Максим, КС 0,4 л/т	14,6	-21,5	9,2	-36,9

Приложение 5

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на рост мицелия
Rhizoctonia solani

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	16188.26667	4047.0667	2093.3103	.0000 ***
Error	10	19.33333333	1.93333333		
Total					
	14	16207.6			
Model					
	4	16188.26667	4047.0667	2093.3103	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.99880714397$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 1.39044357431$

Mean Y = 36.4

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 3.8198999\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 1.9333333333

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 2.52958915916

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		85	3	a
2	ch 0.125	63.6666666667		3	b
3	ch 0.25	26.3333333333		3	c
4	ch 0.5	7		3	d
5	ch 1	0		3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 5 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на рост мицелия
Fusarium sambucinum

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	16100.26667	4025.0667	1947.6129	.0000 ***
Error	10	20.66666667	2.0666667<-		
Total					
	14	16120.93333			
Model					
	4	16100.26667	4025.0667	1947.6129	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.99871802294$

Root MSError = $\sqrt{MS_{error}} = 1.43759057686$

Mean Y = 35.0666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 4.0995929\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 2.06666666667

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 2.61536218062

Rank	Mean	Name	n	Non-significant ranges
1	85	c	3	a
2	61	ch 0.125	3	b
3	23	ch 0.25	3	c
4	6.33333333333	ch 0.5	3	d
5	0	ch 1	3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 5 (окончание)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на рост мицелия

Phoma exigua var. *Foveate*

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
tret	4	15504.26667	3876.0667	985.44068	.0000 ***
Error	10	39.33333333	3.93333333<-		

Total	14	15543.6			
Model	4	15504.26667	3876.0667	985.44068	.0000 ***

R² = SSmodel/SStotal = 0.99746948369

Root MSerror = sqrt(MSerror) = 1.98326330409

Mean Y = 34.6

Coefficient of Variation = (Root MSerror) / abs(Mean Y) * 100% = 5.7319749%

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 3.93333333333

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 3.60808697776

Rank	Mean	Name	n	Non-significant ranges
1	85	c	3	a
2	58.6666666667	ch 0.125	3	b
3	20	ch 0.25	3	c
4	9.33333333333	ch 0.5	3	d
5	0	ch 1	3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 6

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на прорастание спор

Fusarium sambucinum

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	18418.93333	4604.7333	561.55285	.0000 ***
Error	10	82	8.2<-		
Total					
	14	18500.93333			
Model					
	4	18418.93333	4604.7333	561.55285	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.99556779117$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 2.86356421266$

Mean Y = 53.0666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 5.3961637\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 8.2

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 5.20959003496

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		95	3	a
2	ch 0.125		80.3333333333	3	b
3	ch 0.25		65.6666666667	3	c
4	ch 0.5		20.3333333333	3	d
5	ch 1		4	3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 6 (окончание)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на прорастание спор

Phoma exigua var. *Foveate*

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
tret	4	16615.73333	4153.9333	352.02825	.0000 ***
Error	10	118	11.8<-		

Total	14	16733.73333			
Model	4	16615.73333	4153.9333	352.02825	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.99294837574$

Root MSerror = $\sqrt{\text{MSerror}} = 3.43511280746$

Mean Y = 51.4666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 6.674442\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 11.8

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 6.24938996362

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		91	3	a
2	ch 0.125	78.3333333333		3	b
3	ch 0.25	62.6666666667		3	c
4	ch 0.5	20.3333333333		3	d
5	ch 1	5		3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
tret	4	1771.066667	442.76667	32.878713	.0000 ***
Error	10	134.6666667	13.466667<-		

Total	14	1905.733333			
Model	4	1771.066667	442.76667	32.878713	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.92933603862$

Root MSError = $\sqrt{\text{MSError}} = 3.66969571854$

Mean Y = 23.8666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 15.37582\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 13.4666666667

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 6.67615908949

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		41.6666666667	3	a
2	ch 0.125		28.6666666667	3	b
3	ch 0.25		21.6666666667	3	c
4	ch 0.5		18	3	c
5	ch 1		9.33333333333	3	d

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Phoma exigua var. foveate*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	1833.733333	458.43333	23.153199	.0000 ***
Error	10	198	19.8<-		

Total	14	2031.733333			

Model	4	1833.733333	458.43333	23.153199	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.90254626591$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}}$ = 4.44971909226

Mean Y = 29.1333333333

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 15.273635\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 19.8

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 8.09523046103

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		46.3333333333	3	a
2	ch 0.125		34.6666666667	3	b
3	ch 0.25		29	3	bc
4	ch 0.5		21.6666666667	3	cd
5	ch 1		14	3	d

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Fusarium sambucinum*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	1462.933333	365.733333	63.057471	.0000 ***
Error	10	58	5.8<-		

Total	14	1520.933333			

Model	4	1462.933333	365.733333	63.057471	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.96186552117$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}} = 2.40831891576$

Mean Y = 21.2666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 11.324384\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 5.8

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 4.38137694594

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		34.6666666667	3	a
2	ch 0.125		30	3	b
3	ch 0.25		20	3	c
4	ch 0.5		13.3333333333	3	d
5	ch 1		8.3333333333	3	e

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Fusarium sambucinum*, сорт Санте

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
tret	4	1785.066667	446.26667	57.706897	.0000 ***
Error	10	77.33333333	7.73333333<-		

Total	14	1862.4			

Model	4	1785.066667	446.26667	57.706897	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.95847651775$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 2.78088714862$

Mean Y = 26.8

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 10.376445\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 7.73333333333

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 5.05917831832

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		44	3	a
2	ch 0.125	32.3333333333		3	b
3	ch 0.25		27	3	c
4	ch 0.5		17	3	d
5	ch 1	13.6666666667		3	d

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
tret	4	1204.666667	301.16667	58.668831	.0000 ***
Error	10	51.33333333	5.13333333		
Total					
	14	1256			
Model					
	4	1204.666667	301.16667	58.668831	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.95912951168$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}} = 2.2656860624$

Mean Y = 19

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 11.924663\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 5.1333333333

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 4.12188959509

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		32.3333333333	3	a
2	ch 0.125		25.3333333333	3	b
3	ch 0.25		18.3333333333	3	c
4	ch 0.5		10.6666666667	3	d
5	ch 1		8.3333333333	3	d

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 7 (окончание)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на степень поражения клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
tret	4	1706.266667	426.56667	50.38189	.0000 ***
Error	10	84.66666667	8.4666667<-		

Total	14	1790.933333			

Model	4	1706.266667	426.56667	50.38189	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.95272483621$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}} = 2.90975371237$

Mean Y = 25.2666666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 11.516176\%$

Compare Means

Factor: 1) tret

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 8.46666666667

Degrees of Freedom: 10

Keep If:

n Means = 5

LSD 0.05 = 5.2936211024

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	c		42	3	a
2	ch 0.125	30.6666666667		3	b
3	ch 0.25	25.6666666667		3	b
4	ch 0.5	15.6666666667		3	c
5	ch 1	12.3333333333		3	c

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 4

Denominator df: 10

F05 = 3.47804969077

Приложение 8

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПО клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	27.11979167	1.8079861	69.426667	.0000 ***
Error	32	0.833333333	0.0260417<-		

Total	47	27.953125			

Model	15	27.11979167	1.8079861	69.426667	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.97018818707$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}} = 0.16137430609$

Mean Y = 1.91875

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 8.4103873\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.02604166667

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 15

Denominator df: 32

F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.26838953364

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	3.46666666667	Ch4	3.46666666667	3	a
2	2.83333333333	Ch3	2.83333333333	3	b
3	2.76666666667	Ch5	2.76666666667	3	bc
4	2.6	Ch6	2.6	3	bc
5	2.53333333333	C5	2.53333333333	3	c
6	2.5	Ch2	2.5	3	c
7	1.86666666667	C6	1.86666666667	3	d
8	1.8	Ch1	1.8	3	d
9	1.8	C4	1.8	3	d
10	1.63333333333	C3	1.63333333333	3	de
11	1.46666666667	Ch7	1.46666666667	3	ef
12	1.3	C2	1.3	3	fg
13	1.2	C1	1.2	3	fg
14	1.13333333333	C7	1.13333333333	3	gh
15	0.9	C0	0.9	3	h
16	0.9	Ch0	0.9	3	h

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПО клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	24.07916667	1.6052778	30.945114	.0000 ***
Error	32	1.66	0.051875<-		
Total					
	47	25.73916667			
Model					
	15	24.07916667	1.6052778	30.945114	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.93550684754$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 0.22776083948$

Mean Y = 1.69583333333

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 13.430615\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.051875

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.37880023759

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

Rank	Mean	Name	n	Non-significant ranges
1	3.06666666667	Ch5	3	a
2	2.93333333333	Ch4	3	ab
3	2.66666666667	Ch6	3	bc
4	2.4	Ch3	3	c
5	1.93333333333	C3	3	d
6	1.7	C4	3	de
7	1.7	Ch7	3	de
8	1.66666666667	C6	3	de
9	1.6	C5	3	def
10	1.43333333333	Ch2	3	efg
11	1.26666666667	C2	3	fgh
12	1.16666666667	Ch1	3	ghi
13	1.03333333333	C1	3	hij
14	0.96666666667	C7	3	hij
15	0.83333333333	C0	3	ij
16	0.76666666667	Ch0	3	j

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПФО клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	16.87479167	1.1249861	25.713968	.0000 ***
Error	32	1.4	0.04375<-		
Total					
	47	18.27479167			
Model					
	15	16.87479167	1.1249861	25.713968	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.92339173953$

Root MSError = $\sqrt{\text{MSError}} = 0.20916500663$

Mean Y = 1.76041666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 11.881563\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.04375

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.34787259473

Rank	Mean Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch6	2.96666666667	3	a
2	Ch3	2.76666666667	3	a
3	Ch5	2.36666666667	3	b
4	Ch4	2.33333333333	3	b
5	C4	1.96666666667	3	c
6	Ch2	1.93333333333	3	c
7	C3	1.93333333333	3	c
8	C5	1.86666666667	3	c
9	Ch1	1.5	3	d
10	Ch7	1.46666666667	3	d
11	C6	1.36666666667	3	d
12	C2	1.33333333333	3	d
13	C1	1.26666666667	3	de
14	C7	1.16666666667	3	de
15	C0	0.96666666667	3	e
16	Ch0	0.96666666667	3	e

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПФО клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	8.186458333	0.5457639	22.583333	.0000 ***
Error	32	0.773333333	0.0241667<-		

Total	47	8.959791667			

Model	15	8.186458333	0.5457639	22.583333	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.91368846932$

Root MSError = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 0.15545631755$

Mean Y = 1.04791666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 14.834798\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.02416666667

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.25854703626

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	1.76666666667	Ch5	1.76666666667	3	a
2	1.56666666667	Ch6	1.56666666667	3	ab
3	1.5	Ch4	1.5	3	bc
4	1.36666666667	Ch7	1.36666666667	3	bcd
5	1.36666666667	Ch3	1.36666666667	3	bcd
6	1.3	C5	1.3	3	cd
7	1.23333333333	Ch2	1.23333333333	3	de
8	1.23333333333	C6	1.23333333333	3	de
9	1	C7	1	3	ef
10	0.86666666667	C3	0.86666666667	3	fg
11	0.8	C4	0.8	3	fg
12	0.76666666667	C2	0.76666666667	3	fg
13	0.63333333333	Ch1	0.63333333333	3	gh
14	0.5	C1	0.5	3	h
15	0.43333333333	C0	0.43333333333	3	h
16	0.43333333333	Ch0	0.43333333333	3	h

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	356779.3125	23785.288	327.69627	.0000 ***
Error	32	2322.666667	72.583333<-		
Total					
	47	359101.9792			
Model					
	15	356779.3125	23785.288	327.69627	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.99353201374$

Root MSError = $\sqrt{MS_{error}}$ = 8.51958527942

Mean Y = 169.520833333

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 5.0256863\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 72.5833333333

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 14.1693406794

Rank	Mean Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch3	295	3	a
2	Ch4	289.3333333333	3	a
3	Ch6	270.3333333333	3	b
4	Ch5	246.6666666667	3	c
5	C4	240.6666666667	3	c
6	Ch2	240	3	c
7	C5	233.3333333333	3	c
8	C6	143.3333333333	3	d
9	C3	142.6666666667	3	d
10	C2	139.3333333333	3	d
11	Ch1	131.3333333333	3	d
12	Ch7	109	3	e
13	C1	80.3333333333	3	f
14	C7	70.3333333333	3	f
15	Ch0	40.3333333333	3	g
16	C0	40.3333333333	3	g

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, инокулированных *Rhizoctonia solani*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	107314.3333	7154.2889	247.94647	.0000 ***
Error	32	923.3333333	28.854167<-		

Total	47	108237.6667			

Model	15	107314.3333	7154.2889	247.94647	.0000 ***

R² = SSmodel/SStotal = 0.99146938989

Root MSError = sqrt(MSError) = 5.37160745649

Mean Y = 88.5833333333

Coefficient of Variation = (Root MSError) / abs(Mean Y) * 100% = 6.0639031%

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 28.8541666667

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 8.93378416329

Rank	Mean Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch6	191.666666667	3	a
2	Ch5	180.333333333	3	b
3	Ch3	120.666666667	3	c
4	C5	115	3	c
5	Ch4	115	3	c
6	Ch2	114.333333333	3	c
7	C3	90.666666667	3	d
8	C2	80	3	e
9	C6	73.333333333	3	ef
10	Ch7	72.333333333	3	ef
11	C4	64.666666667	3	fg
12	Ch1	58.666666667	3	g
13	C7	45.333333333	3	h
14	C1	37.333333333	3	hi
15	Ch0	29	3	i
16	C0	29	3	i

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПО клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	36.833125	2.4555417	90.666154	.0000 ***
Error	32	0.866666667	0.0270833<-		
Total					
	47	37.69979167			
Model					
	15	36.833125	2.4555417	90.666154	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.97701136722$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{error}} = 0.16457014715$

Mean Y = 2.05208333333

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 8.019662\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.02708333333

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F

P: 0.05

Numerator df: 15

Denominator df: 32

F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.27370469385

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch5		3.8	3	a
2	Ch4	3.53333333333333		3	ab
3	Ch3	3.33333333333333		3	b
4	Ch6	2.76666666666667		3	c
5	C4	2.33333333333333		3	d
6	C6	2.3		3	d
7	Ch2	2.16666666666667		3	de
8	Ch1	1.93333333333333		3	ef
9	C2	1.76666666666667		3	f
10	C5	1.66666666666667		3	fg
11	C1	1.4		3	gh
12	C3	1.36666666666667		3	h
13	Ch7	1.36666666666667		3	h
14	Ch0	1.03333333333333		3	i
15	C0	1.03333333333333		3	i
16	C7	1.03333333333333		3	i

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПО клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	24.93	1.662	27.320548	.0000 ***
Error	32	1.946666667	0.060833333		
Total					
	47	26.87666667			
Model					
	15	24.93	1.662	27.320548	.0000 ***

$R^2 = SS_{\text{model}}/SS_{\text{total}} = 0.92757038323$

Root MSerror = $\sqrt{MS_{\text{error}}} = 0.24664414312$

Mean Y = 1.7916666667

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSerror}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 13.766185\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.06083333333

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.41020598724

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	3.26666666667	Ch4	3.26666666667	3	a
2	2.66666666667	Ch6	2.66666666667	3	b
3	2.53333333333	Ch3	2.53333333333	3	bc
4	2.43333333333	Ch7	2.43333333333	3	bcd
5	2.43333333333	Ch5	2.43333333333	3	bcd
6	2.13333333333	C4	2.13333333333	3	cde
7	2.1	C5	2.1	3	de
8	1.86666666667	C6	1.86666666667	3	ef
9	1.56666666667	Ch2	1.56666666667	3	fg
10	1.4	C3	1.4	3	gh
11	1.26666666667	Ch1	1.26666666667	3	gh
12	1.26666666667	C2	1.26666666667	3	gh
13	1.1	C7	1.1	3	hi
14	1.03333333333	C1	1.03333333333	3	hi
15	0.83333333333	C0	0.83333333333	3	i
16	0.76666666667	Ch0	0.76666666667	3	i

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПФО клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	14.95	0.9966667	33.222222	.0000 ***
Error	32	0.96	0.03<-		

Total	47	15.91			

Model	15	14.95	0.9966667	33.222222	.0000 ***

R² = SSmodel/SStotal = 0.93966059082

Root MSError = sqrt(MSError) = 0.17320508076

Mean Y = 1.675

Coefficient of Variation = (Root MSError) / abs(Mean Y) * 100% = 10.340602%

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.03

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.288065876

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

Rank	Mean Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch3	2.96666666667	3	a
2	Ch5	2.66666666667	3	b
3	Ch2	2.06666666667	3	c
4	Ch6	2	3	c
5	Ch4	1.93333333333	3	cd
6	C5	1.86666666667	3	cd
7	C2	1.7	3	de
8	Ch7	1.66666666667	3	de
9	C6	1.53333333333	3	ef
10	Ch1	1.5	3	ef
11	C4	1.5	3	ef
12	C1	1.26666666667	3	f
13	C3	1.26666666667	3	f
14	C0	0.96666666667	3	g
15	Ch0	0.96666666667	3	g
16	C7	0.93333333333	3	g

Приложение 8 (продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ПФО клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	11.02666667	0.7351111	22.192034	.0000 ***
Error	32	1.06	0.033125<-		
Total					
	47	12.08666667			
Model					
	15	11.02666667	0.7351111	22.192034	.0000 ***

$R^2 = SS_{model}/SS_{total} = 0.91230005516$

Root MSError = $\sqrt{MS_{error}}$ = 0.18200274723

Mean Y = 1.13333333333

Coefficient of Variation = $(\text{Root MSError}) / \text{abs}(\text{Mean Y}) * 100\% = 16.059066\%$

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 0.033125

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 0.30269770717

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch5	2.06666666667	3	a	
2	Ch4	1.66666666667	3	b	
3	Ch6	1.66666666667	3	b	
4	C6	1.56666666667	3	bc	
5	Ch7	1.46666666667	3	bcd	
6	C5	1.43333333333	3	bcde	
7	Ch2	1.33333333333	3	cde	
8	C7	1.16666666667	3	def	
9	Ch3	1.13333333333	3	efg	
10	C3	0.96666666667	3	fgh	
11	C2	0.83333333333	3	ghi	
12	C4	0.73333333333	3	hij	
13	Ch1	0.7	3	hij	
14	C1	0.53333333333	3	ij	
15	C0	0.43333333333	3	j	
16	Ch0	0.43333333333	3	j	

Приложение 8(продолжение)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Колобок

Source	df	Type I SS	MS	F	P
Main Effects					
Trt	15	423461.9792	28230.799	314.18464	.0000 ***
Error	32	2875.333333	89.854167<-		

Total	47	426337.3125			

Model	15	423461.9792	28230.799	314.18464	.0000 ***

R² = SSmodel/SStotal = 0.99325573144

Root MSerror = sqrt(MSerror) = 9.47914377287

Mean Y = 180.8125

Coefficient of Variation = (Root MSerror) / abs(Mean Y) * 100% = 5.2425268%

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 89.8541666667

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 15.7652295343

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	Ch3		330	3	a
2	Ch5		320	3	a
3	Ch4	301.666666667		3	b
4	Ch6	251.666666667		3	c
5	C4		251	3	c
6	C6		230	3	d
7	C3	212.666666667		3	e
8	C5	201.666666667		3	e
9	Ch2	183.333333333		3	f
10	C2	139.333333333		3	g
11	Ch1	131.333333333		3	g
12	Ch7		109	3	h
13	C1	80.333333333		3	i
14	C7	70.333333333		3	i
15	C0	40.333333333		3	j
16	Ch0	40.333333333		3	j

Приложение 8 (окончание)

Однофакторный дисперсионный анализ. Влияние хитозана на активность ФАЛ клубней, инокулированных *Phoma exigua* var. *foveate*, сорт Санта

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
Trt	15	177876.5833	11858.439	208.57643	.0000 ***
Error	32	1819.333333	56.854167<-		

Total	47	179695.9167			

Model	15	177876.5833	11858.439	208.57643	.0000 ***

R² = SSmodel/SStotal = 0.98987548873

Root MSError = sqrt(MSError) = 7.54017020144

Mean Y = 101.041666667

Coefficient of Variation = (Root MSError) / abs(Mean Y) * 100% = 7.4624365%

Compare Means

Factor: 1) Trt

Test: LSD

Significance Level: 0.05

Variance: 56.8541666667

Degrees of Freedom: 32

Keep If:

F Table: Given P, Find F
P: 0.05
Numerator df: 15
Denominator df: 32
F05 = 1.99198950522

n Means = 16

LSD 0.05 = 12.5404273636

Rank	Mean	Name	Mean	n	Non-significant ranges
1	249.666666667	Ch6	249.666666667	3	a
2	190.666666667	Ch5	190.666666667	3	b
3	180.666666667	Ch3	180.666666667	3	b
4	130	C5	130	3	c
5	123.333333333	Ch4	123.333333333	3	c
6	120.333333333	Ch2	120.333333333	3	cd
7	109.333333333	C6	109.333333333	3	d
8	89.333333333	C3	89.333333333	3	e
9	80.666666667	Ch7	80.666666667	3	ef
10	70.333333333	C4	70.333333333	3	fg
11	61	Ch1	61	3	gh
12	59.666666667	C2	59.666666667	3	gh
13	51	C7	51	3	hi
14	40.666666667	C1	40.666666667	3	ij
15	30	Ch0	30	3	j
16	30	C0	30	3	j

Приложение 9

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на всхожесть картофеля при искусственном заражении ризоктониозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4183.605000	597.657857	22.86	<.0001
Error	16	418.300000	26.143750		
Corrected Total	23	4601.905000			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	0.960000	0.960000	0.04	0.8504
Treatments	3	4020.375000	1340.125000	51.26	<.0001
Cultivars*Treatments	3	162.270000	54.090000	2.07	0.1447

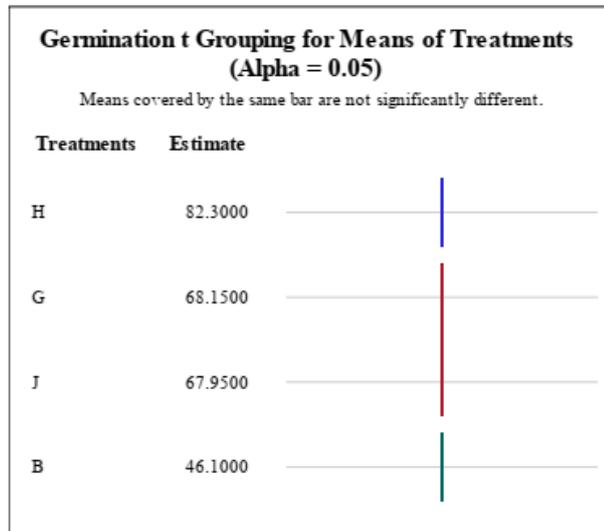
F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767

F05 (Ab) = 3.23887151745

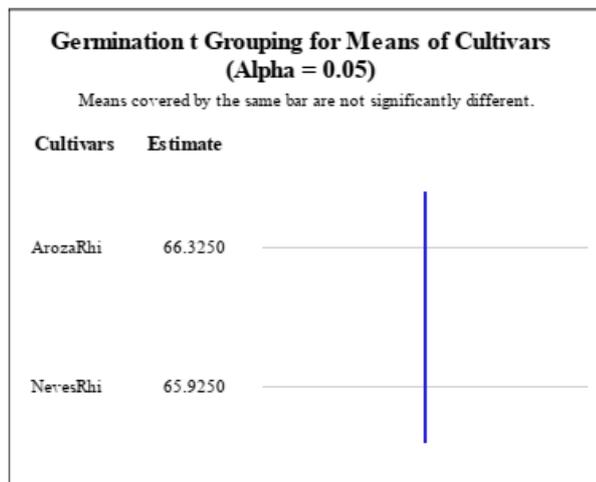
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Germination	
			Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	50.4000000	5.07148893
ArozaRhi	G	3	65.2666667	5.77350269
ArozaRhi	H	3	81.6666667	3.93107280
ArozaRhi	J	3	67.9666667	4.69290244
NevesRhi	B	3	41.8000000	5.46717477
NevesRhi	G	3	71.0333333	4.30619708
NevesRhi	H	3	82.9333333	7.46279662
NevesRhi	J	3	67.9333333	2.91433240

Least Significant Difference (Cultivars*Treatments)	13.3521
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	26.14375
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	6.2581



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	26.14375
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	4.4251



Приложение 10

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на всхожесть картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью (в среднем за 2016–2018 гг.)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	2618.820000	374.117143	10.46	<.0001
Error	16	572.533333	35.783333		
Corrected Total	23	3191.353333			

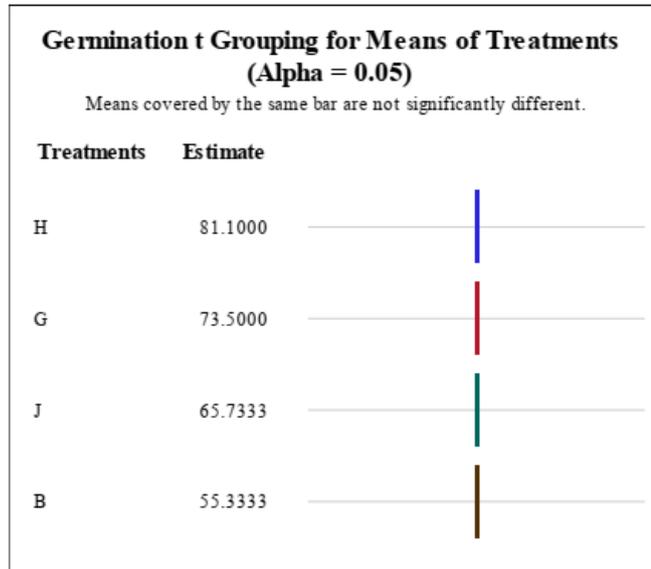
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	413.340000	413.340000	11.55	0.0037
Treatments	3	2184.486667	728.162222	20.35	<.0001
Cultivars*Treatments	3	20.993333	6.997778	0.20	0.8979

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

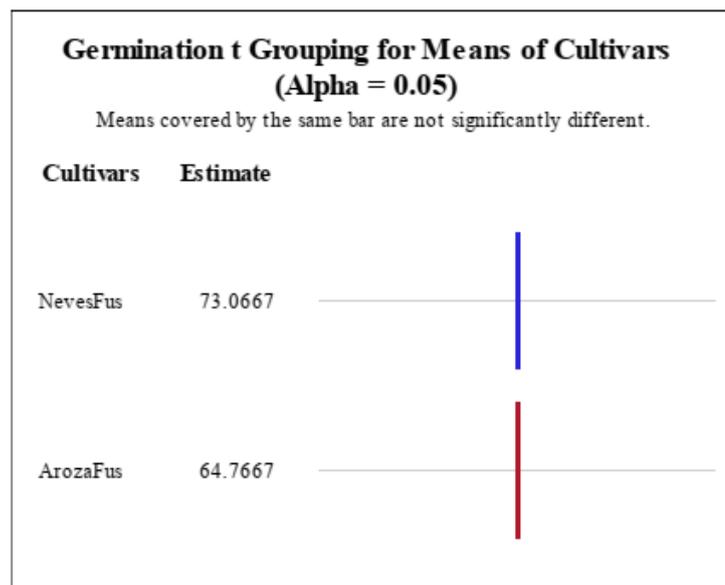
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Germination	
			Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	51.6666667	6.71217799
ArozaFus	G	3	67.8000000	6.68430999
ArozaFus	H	3	77.8666667	6.42910051
ArozaFus	J	3	61.7333333	4.02657837
NevesFus	B	3	59.0000000	7.54453445
NevesFus	G	3	79.2000000	6.00000000
NevesFus	H	3	84.3333333	4.75955180
NevesFus	J	3	69.7333333	4.83873262

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	15.62
--	-------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	35.78333
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	7.3214



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	35.78333
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	5.177



Приложение 11

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на всхожесть картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4030.791667	575.827381	10.06	<.0001
Error	16	915.646667	57.227917		
Corrected Total	23	4946.438333			

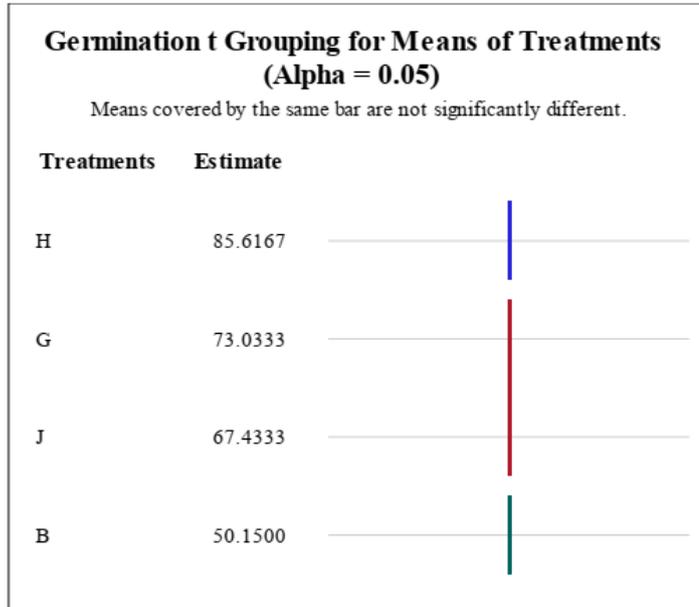
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	17.340000	17.340000	0.30	0.5896
Treatments	3	3900.868333	1300.289444	22.72	<.0001
Cultivars*Treatments	3	112.583333	37.527778	0.66	0.5910

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

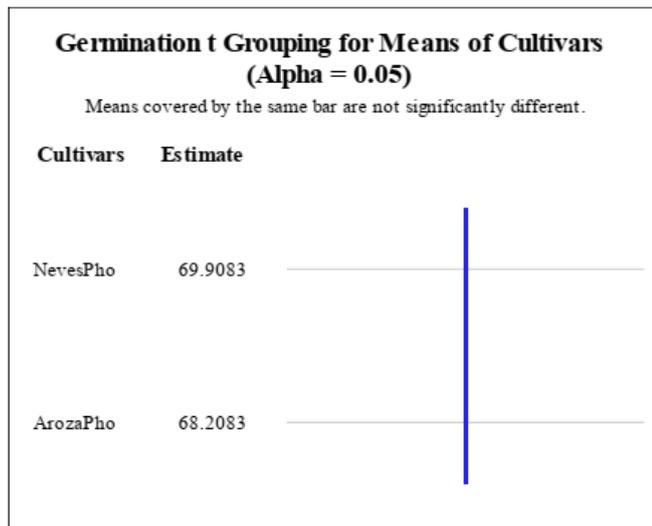
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Germination	
			Mean	Std Dev
ArozaPho	B	3	47.0333333	2.3544285
ArozaPho	G	3	73.7333333	13.3960193
ArozaPho	H	3	87.4666667	8.1396151
ArozaPho	J	3	64.6000000	5.8617404
NevesPho	B	3	53.2666667	2.7006172
NevesPho	G	3	72.3333333	7.8014956
NevesPho	H	3	83.7666667	7.5075518
NevesPho	J	3	70.2666667	6.9060360

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	19.72351
--	----------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	57.22792
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	9.2589



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	57.22792
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	6.547



Приложение 12

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении ризоктониоза, (в среднем за 2016–2018 гг.)

Высота растений

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	866.952917	123.850417	3.50	0.0180
Error	16	566.326667	35.395417		
Corrected Total	23	1433.279583			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hight Mean
0.604874	14.88126	5.949405	39.97917

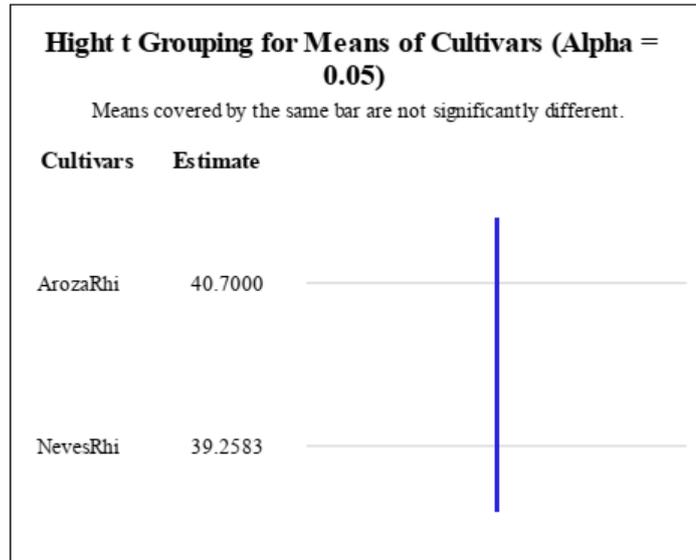
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	12.4704167	12.4704167	0.35	0.5611
Treatments	3	850.9079167	283.6359722	8.01	0.0017
Cultivars*Treatments	3	3.5745833	1.1915278	0.03	0.9914

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

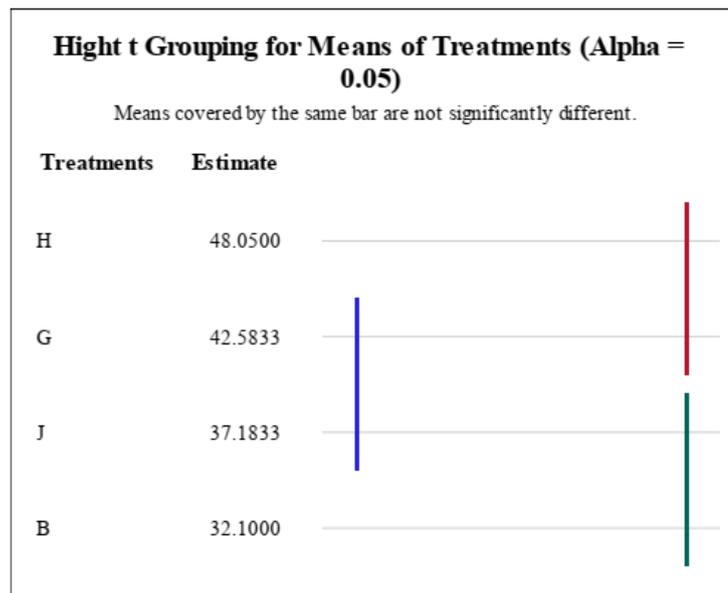
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight	
			Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	33.4333333	0.51316014
ArozaRhi	G	3	43.3000000	5.76107629
ArozaRhi	H	3	48.3333333	8.50490055
ArozaRhi	J	3	37.7333333	5.95427018
NevesRhi	B	3	30.7666667	3.21921315
NevesRhi	G	3	41.8666667	5.51935987
NevesRhi	H	3	47.7666667	9.98815966
NevesRhi	J	3	36.6333333	1.15470054

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	15.54164
---	----------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	35.39542
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	5.1489



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	35.39542
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	7.2816



Количество стеблей

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	11.62291667	1.66041667	6.20	0.0012
Error	16	4.28666667	0.26791667		
Corrected Total	23	15.90958333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Stem Mean
0.730561	13.87996	0.517607	3.729167

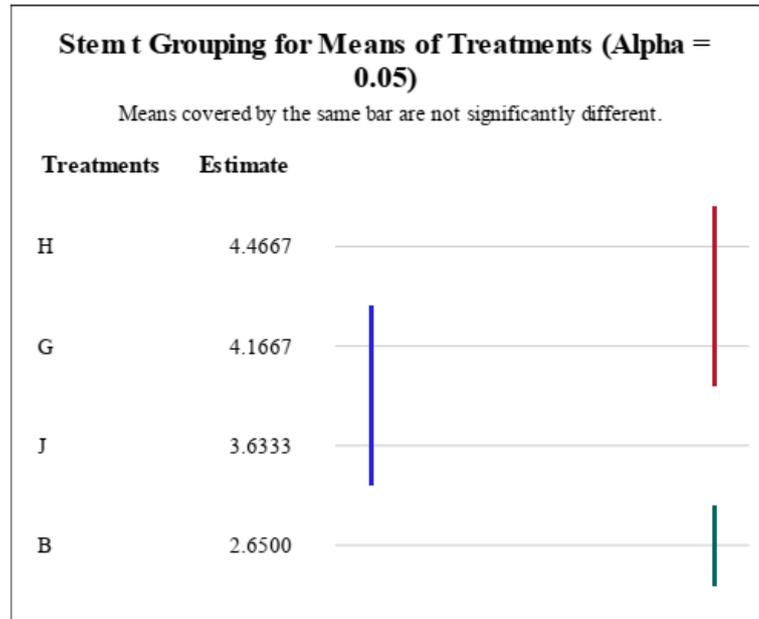
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	0.00375000	0.00375000	0.01	0.9073
Treatments	3	11.45458333	3.81819444	14.25	<.0001
Cultivars*Treatments	3	0.16458333	0.05486111	0.20	0.8916

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

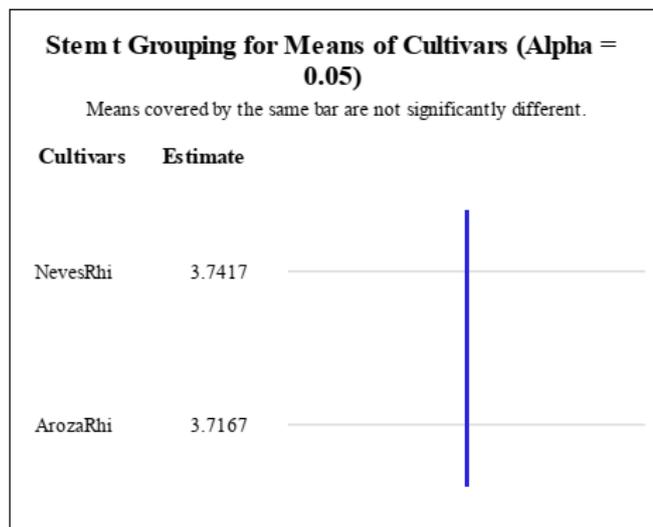
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight		Stem	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	33.4333333	0.51316014	2.76666667	0.40414519
ArozaRhi	G	3	43.3000000	5.76107629	4.06666667	0.50332230
ArozaRhi	H	3	48.3333333	8.50490055	4.40000000	0.17320508
ArozaRhi	J	3	37.7333333	5.95427018	3.63333333	0.35118846
NevesRhi	B	3	30.7666667	3.21921315	2.53333333	0.68068593
NevesRhi	G	3	41.8666667	5.51935987	4.26666667	0.57735027
NevesRhi	H	3	47.7666667	9.98815966	4.53333333	0.80829038
NevesRhi	J	3	36.6333333	1.15470054	3.63333333	0.35118846

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	1.33521
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.267917
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.6335



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.267917
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.448



Приложение 13

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью (в среднем за 2016–2018 гг.)

Высота растений

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	661.9450000	94.5635714	9.90	<.0001
Error	16	152.8800000	9.5550000		
Corrected Total	23	814.8250000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hight Mean
0.812377	8.281624	3.091116	37.32500

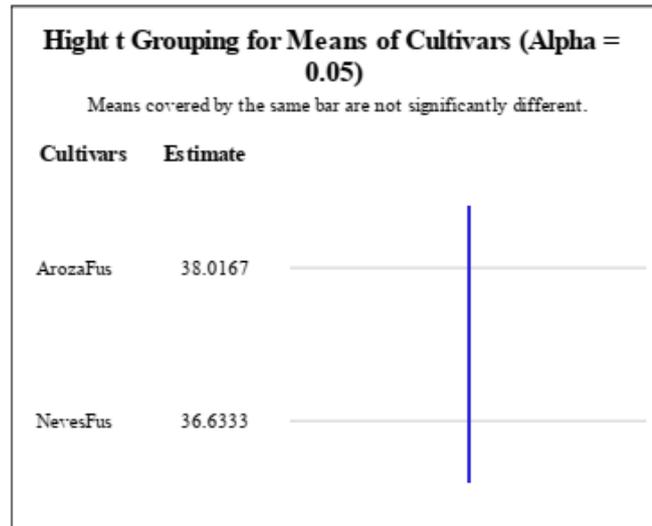
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	11.4816667	11.4816667	1.20	0.2892
Treatments	3	617.2983333	205.7661111	21.53	<.0001
Cultivars*Treatments	3	33.1650000	11.0550000	1.16	0.3567

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

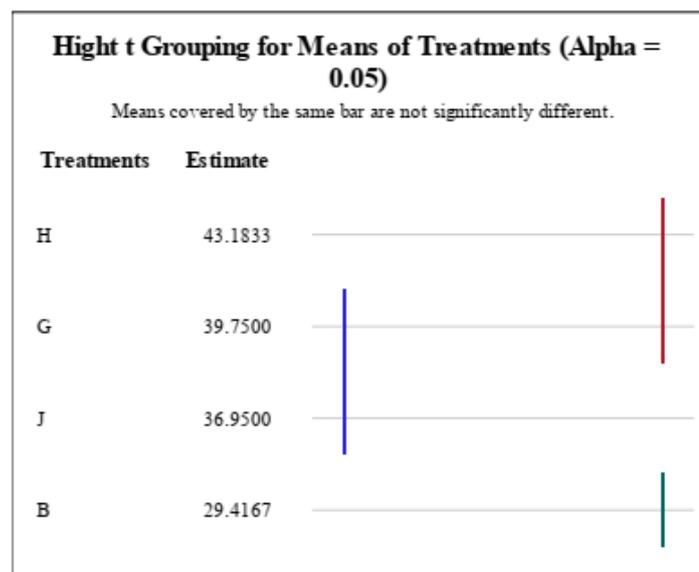
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight		Stem	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	28.2000000	2.53574447	2.76666667	0.40414519
ArozaFus	G	3	40.8666667	2.13619600	3.53333333	0.50332230
ArozaFus	H	3	44.0666667	2.50066658	3.96666667	0.35118846
ArozaFus	J	3	38.9333333	4.72581563	3.06666667	0.40414519
NevesFus	B	3	30.6333333	1.73877351	2.60000000	0.00000000
NevesFus	G	3	38.6333333	2.41315837	3.73333333	0.23094011
NevesFus	H	3	42.3000000	3.70000000	4.40000000	0.34641016
NevesFus	J	3	34.9666667	3.78461799	2.96666667	0.35118846

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	8.05421
---	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	9.555
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	2.6752



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	9.555
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	3.7833



Количество стеблей

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	8.35958333	1.19422619	9.55	0.0001
Error	16	2.00000000	0.12500000		
Corrected Total	23	10.35958333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Stem Mean
0.806942	10.46274	0.353553	3.379167

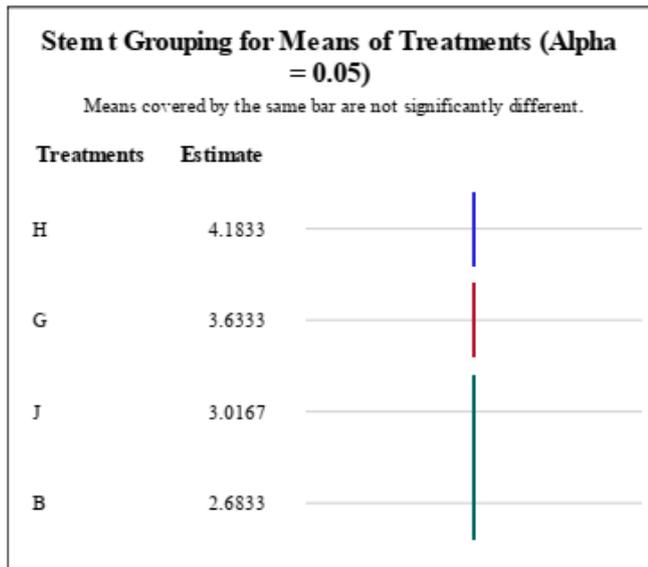
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	0.05041667	0.05041667	0.40	0.5344
Treatments	3	7.96125000	2.65375000	21.23	<.0001
Cultivars*Treatments	3	0.34791667	0.11597222	0.93	0.4500

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

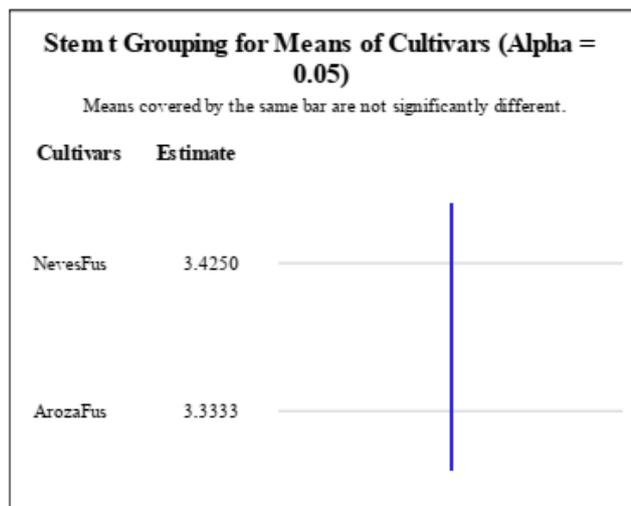
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight		Stem	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	28.2000000	2.53574447	2.76666667	0.40414519
ArozaFus	G	3	40.8666667	2.13619600	3.53333333	0.50332230
ArozaFus	H	3	44.0666667	2.50066658	3.96666667	0.35118846
ArozaFus	J	3	38.9333333	4.72581563	3.06666667	0.40414519
NevesFus	B	3	30.6333333	1.73877351	2.60000000	0.00000000
NevesFus	G	3	38.6333333	2.41315837	3.73333333	0.23094011
NevesFus	H	3	42.3000000	3.70000000	4.40000000	0.34641016
NevesFus	J	3	34.9666667	3.78461799	2.96666667	0.35118846

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	0.91254
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.125
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.4327



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.125
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.306



Приложение 14

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на биометрические показатели картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Высота растений

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	628.5162500	89.7880357	7.39	0.0005
Error	16	194.2733333	12.1420833		
Corrected Total	23	822.7895833			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hight Mean
0.763885	9.195072	3.484549	37.89583

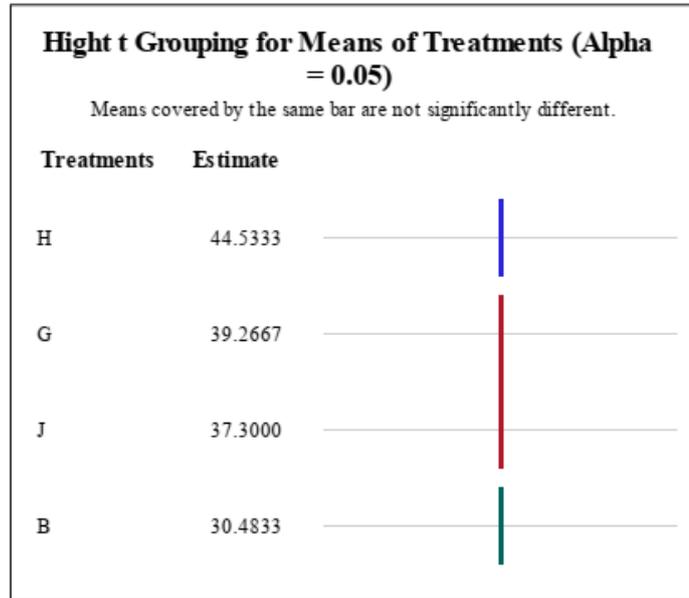
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	5.9004167	5.9004167	0.49	0.4957
Treatments	3	607.4145833	202.4715278	16.68	<.0001
Cultivars*Treatments	3	15.2012500	5.0670833	0.42	0.7430

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

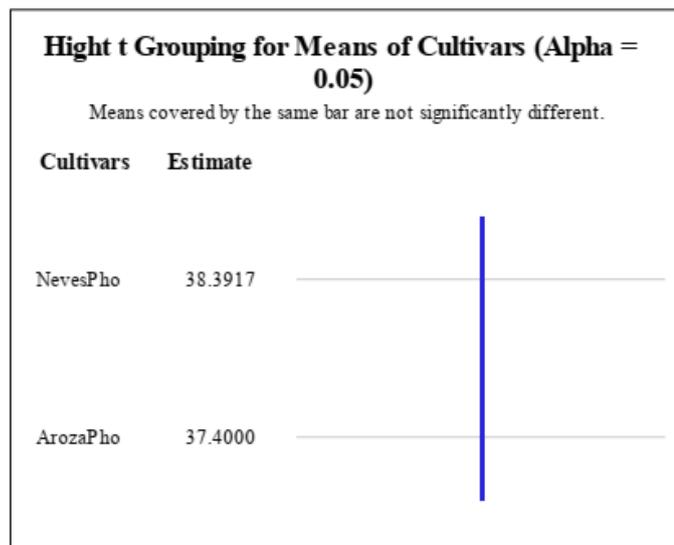
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight		Stem	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaPho	B	3	30.5333333	1.85831465	2.83333333	0.40414519
ArozaPho	G	3	39.7666667	2.40069434	3.63333333	0.35118846
ArozaPho	H	3	43.4333333	4.11865674	4.00000000	0.00000000
ArozaPho	J	3	35.8666667	6.21718050	3.20000000	0.17320508
NevesPho	B	3	30.4333333	2.22785397	2.76666667	0.40414519
NevesPho	G	3	38.7666667	1.96553640	4.00000000	0.00000000
NevesPho	H	3	45.6333333	2.97040962	4.50000000	0.17320508
NevesPho	J	3	38.7333333	3.82796726	3.40000000	0.34641016

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	9.13591
---	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	12.14208
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	4.2648



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	12.14208
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	3.0157



Количество стеблей

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	7.75833333	1.10833333	14.07	<.0001
Error	16	1.26000000	0.07875000		
Corrected Total	23	9.01833333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Stem Mean
0.860285	7.923510	0.280624	3.541667

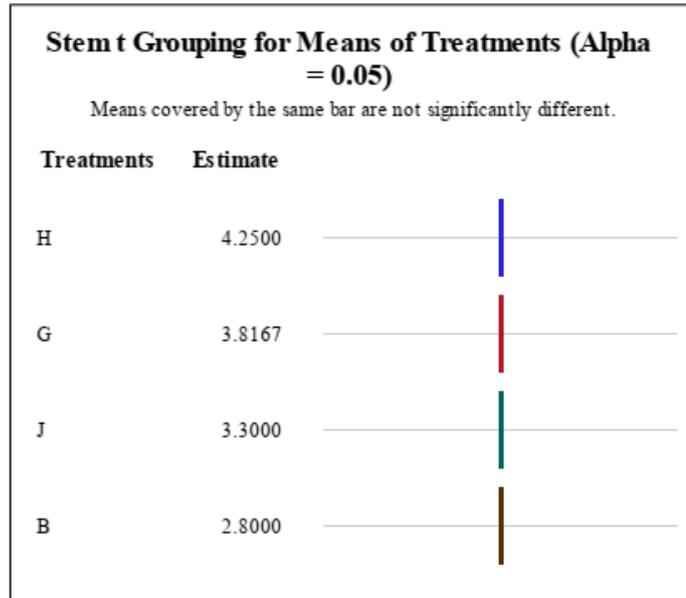
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	0.37500000	0.37500000	4.76	0.0444
Treatments	3	7.11500000	2.37166667	30.12	<.0001
Cultivars*Treatments	3	0.26833333	0.08944444	1.14	0.3645

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

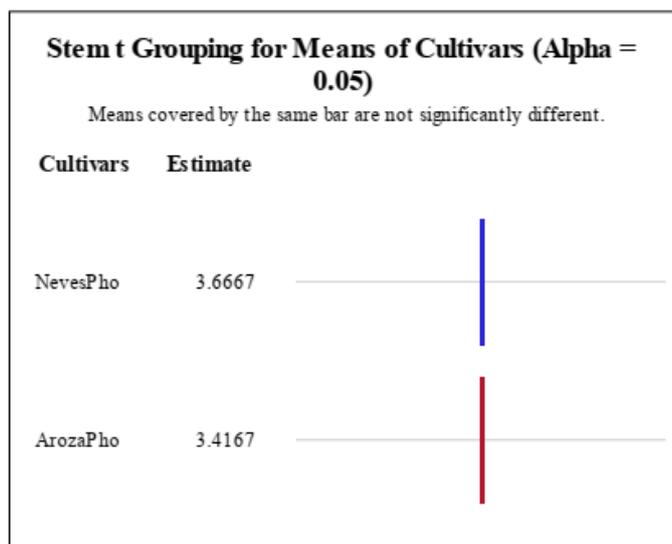
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Hight		Stem	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaPho	B	3	30.5333333	1.85831465	2.83333333	0.40414519
ArozaPho	G	3	39.7666667	2.40069434	3.63333333	0.35118846
ArozaPho	H	3	43.4333333	4.11865674	4.00000000	0.00000000
ArozaPho	J	3	35.8666667	6.21718050	3.20000000	0.17320508
NevesPho	B	3	30.4333333	2.22785397	2.76666667	0.40414519
NevesPho	G	3	38.7666667	1.96553640	4.00000000	0.00000000
NevesPho	H	3	45.6333333	2.97040962	4.50000000	0.17320508
NevesPho	J	3	38.7333333	3.82796726	3.40000000	0.34641016

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	0.69572
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.07875
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.3435



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.07875
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.2429



Приложение 15

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении ризоктониозом, (в среднем за 2016–2018 гг.)

Общая урожайность, т/г

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	122.8516667	17.5502381	7.00	0.0006
Error	16	40.1266667	2.5079167		
Corrected Total	23	162.9783333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Total Mean
0.753791	13.24299	1.583640	11.95833

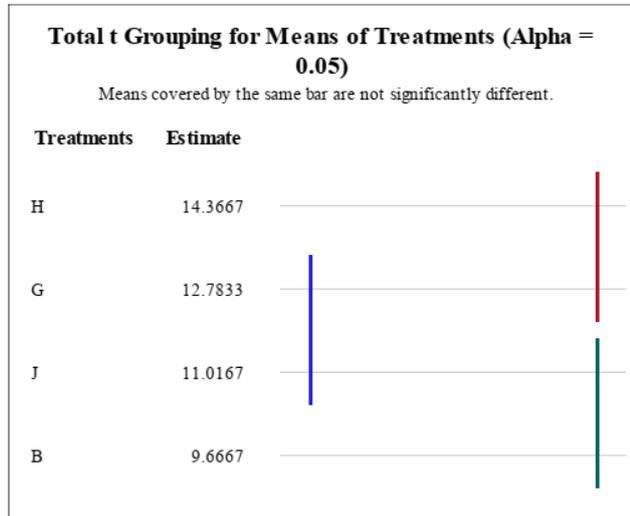
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	44.82666667	44.82666667	17.87	0.0006
Treatments	3	75.71500000	25.23833333	10.06	0.0006
Cultivars*Treatments	3	2.31000000	0.77000000	0.31	0.8199

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

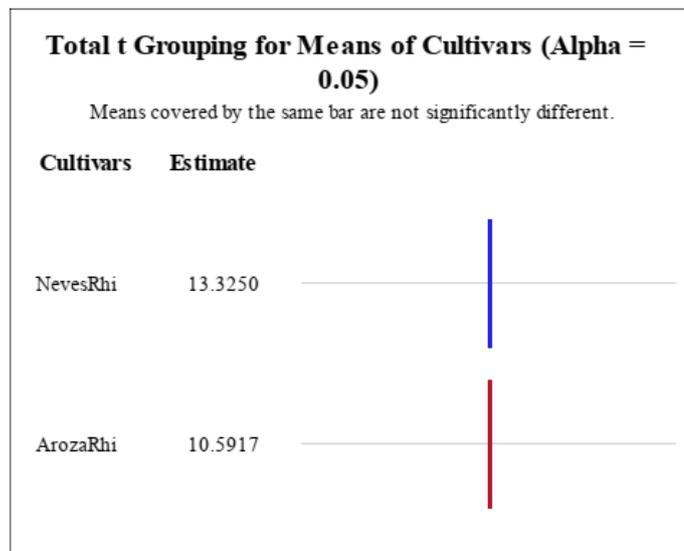
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	8.5333333	0.20816660	7.2333333	0.66583281
ArozaRhi	G	3	11.4000000	0.52915026	10.4666667	0.30550505
ArozaRhi	H	3	12.5000000	0.72111026	11.5666667	0.55075705
ArozaRhi	J	3	9.9333333	1.00166528	8.5666667	0.41633320
NevesRhi	B	3	10.8000000	2.10000000	8.7333333	1.19303534
NevesRhi	G	3	14.1666667	1.67729942	12.8333333	1.79257729
NevesRhi	H	3	16.2333333	2.15019379	14.9666667	1.55670592
NevesRhi	J	3	12.1000000	2.52388589	10.1333333	1.53079500

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	4.13706
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	2.507917
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.9383



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	2.507917
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.3706



Товарная урожайность, т/га

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	132.5029167	18.9289881	14.54	<.0001
Error	16	20.8333333	1.3020833		
Corrected Total	23	153.3362500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Market Mean
0.864133	10.80321	1.141089	10.56250

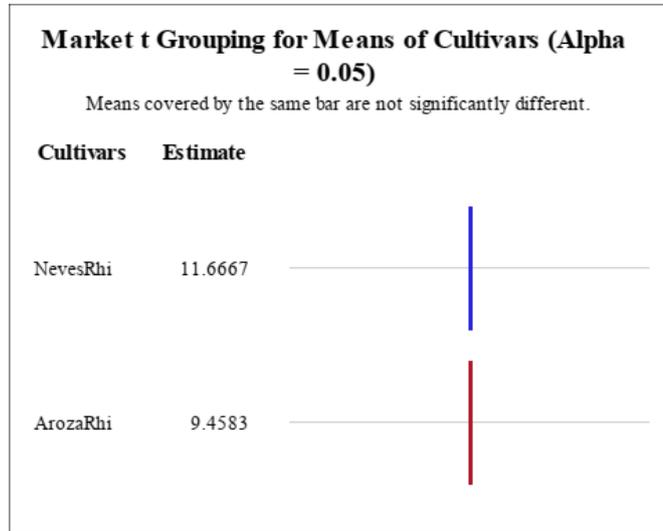
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	29.26041667	29.26041667	22.47	0.0002
Treatments	3	99.70458333	33.23486111	25.52	<.0001
Cultivars*Treatments	3	3.53791667	1.17930556	0.91	0.4601

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

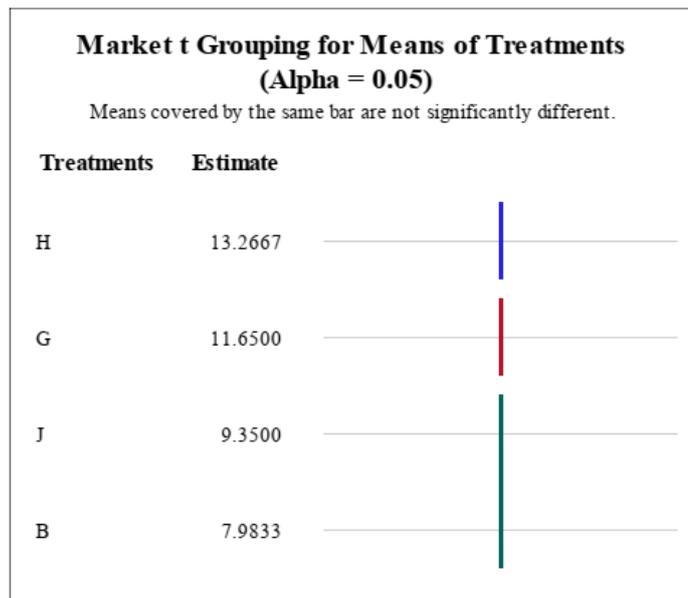
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	8.5333333	0.20816660	7.2333333	0.66583281
ArozaRhi	G	3	11.4000000	0.52915026	10.4666667	0.30550505
ArozaRhi	H	3	12.5000000	0.72111026	11.5666667	0.55075705
ArozaRhi	J	3	9.9333333	1.00166528	8.5666667	0.41633320
NevesRhi	B	3	10.8000000	2.10000000	8.7333333	1.19303534
NevesRhi	G	3	14.1666667	1.67729942	12.8333333	1.79257729
NevesRhi	H	3	16.2333333	2.15019379	14.9666667	1.55670592
NevesRhi	J	3	12.1000000	2.52388589	10.1333333	1.53079500

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	2.97154
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.302083
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.9876



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.302083
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.3966



Приложение 16

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении сухой фузариозной гнилью, (в среднем за 2016–2018 гг.)

Общая урожайность, т/г

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	99.2533333	14.1790476	12.07	<.0001
Error	16	18.8000000	1.1750000		
Corrected Total	23	118.0533333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Total Mean
0.840750	8.909377	1.083974	12.16667

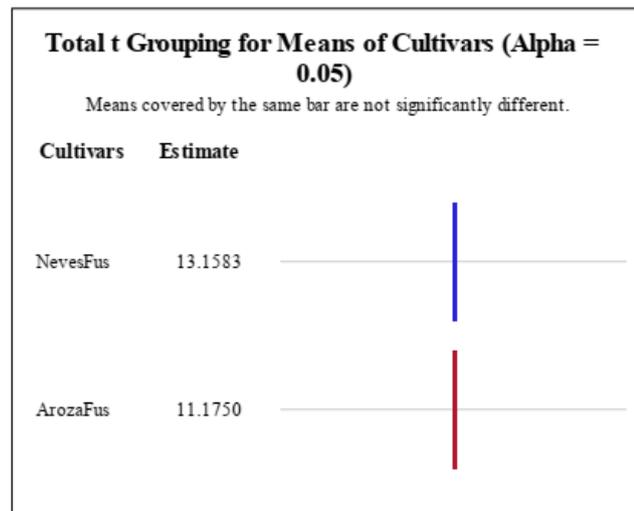
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	23.60166667	23.60166667	20.09	0.0004
Treatments	3	69.28333333	23.09444444	19.65	<.0001
Cultivars*Treatments	3	6.36833333	2.12277778	1.81	0.1865

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

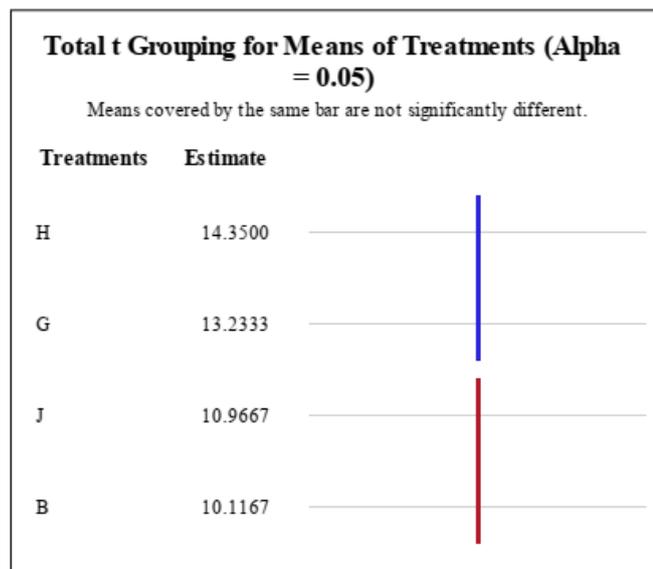
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	9.7000000	0.36055513	7.8666667	0.20816660
ArozaFus	G	3	11.9000000	1.60934769	10.7333333	1.52752523
ArozaFus	H	3	12.7000000	2.10000000	11.8000000	1.83575598
ArozaFus	J	3	10.4000000	0.30000000	8.7666667	0.15275252
NevesFus	B	3	10.5333333	0.40414519	8.5333333	0.40414519
NevesFus	G	3	14.5666667	0.90737717	10.8666667	0.50332230
NevesFus	H	3	16.0000000	1.01488916	12.8000000	0.60827625
NevesFus	J	3	11.5333333	0.40414519	9.7666667	0.37859389

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	2.8762
--	--------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.175
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.9381



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.175
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.3267



Товарная урожайность, т/га

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	120.0583333	17.1511905	20.48	<.0001
Error	16	13.4000000	0.8375000		
Corrected Total	23	133.4583333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Market Mean
0.899594	8.599689	0.915150	10.64167

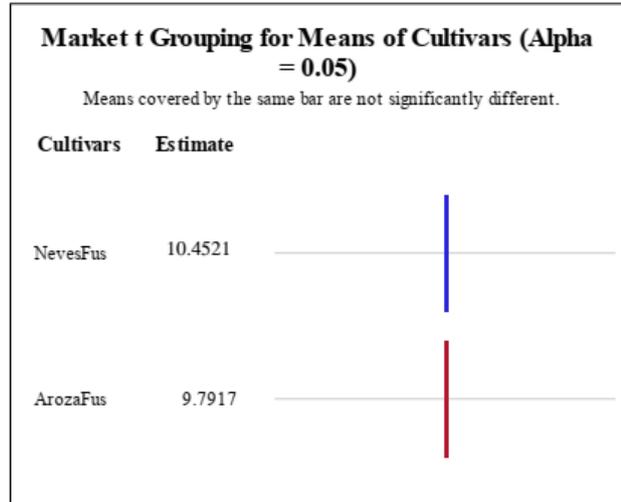
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	17.34000000	17.34000000	20.70	0.0003
Treatments	3	97.56500000	32.52166667	38.83	<.0001
Cultivars*Treatments	3	5.15333333	1.71777778	2.05	0.1472

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

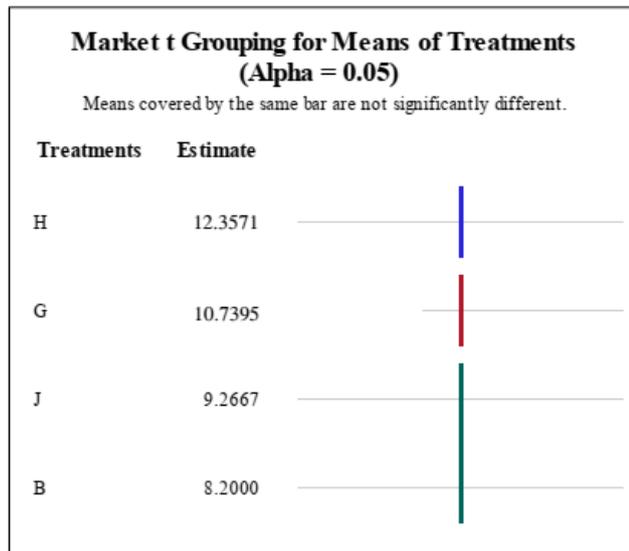
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	9.7000000	0.36055513	7.8666667	0.20816660
ArozaFus	G	3	11.9000000	1.60934769	10.7333333	1.52752523
ArozaFus	H	3	12.7000000	2.10000000	11.8000000	1.83575598
ArozaFus	J	3	10.4000000	0.30000000	8.7666667	0.15275252
NevesFus	B	3	10.5333333	0.40414519	8.5333333	0.40414519
NevesFus	G	3	14.5666667	0.90737717	10.8666667	0.50332230
NevesFus	H	3	16.0000000	1.01488916	12.8000000	0.60827625
NevesFus	J	3	11.5333333	0.40414519	9.7666667	0.37859389

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	2.3812
--	--------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.8375
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	0.792



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	0.8375
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.1201



Приложение 17

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на урожайность картофеля при искусственном заражении фомозом (в среднем за 2016–2018 гг.)

Общая урожайность, т/г

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	89.6050000	12.8007143	6.21	0.0012
Error	16	32.9933333	2.0620833		
Corrected Total	23	122.5983333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Total Mean
0.730883	11.82701	1.435996	12.14167

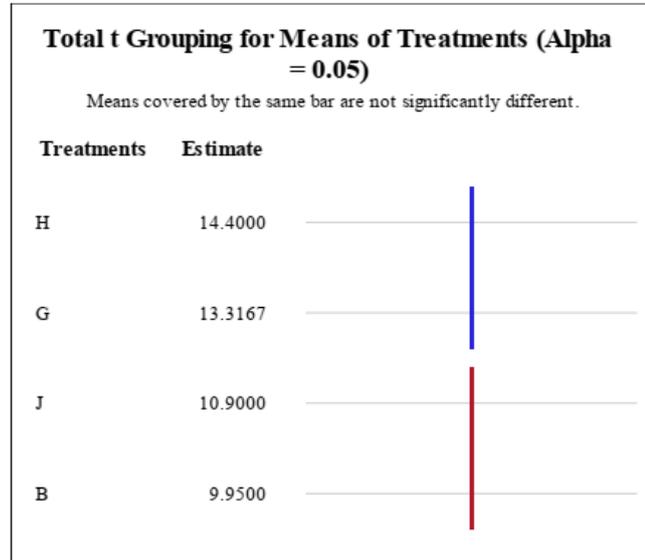
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	10.14000000	10.14000000	4.92	0.0414
Treatments	3	76.95500000	25.65166667	12.44	0.0002
Cultivars*Treatments	3	2.51000000	0.83666667	0.41	0.7509

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

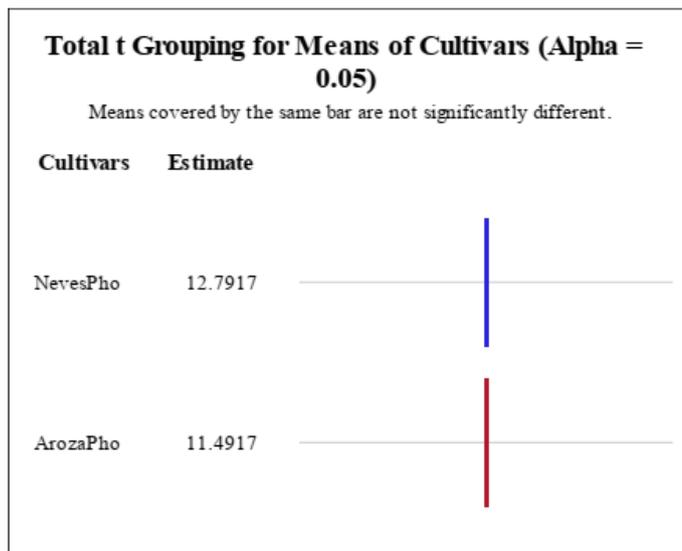
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaPho	B	3	9.4000000	0.26457513	7.8000000	1.0000000
ArozaPho	G	3	12.6333333	1.92959409	11.4666667	1.76729549
ArozaPho	H	3	13.2666667	2.13619600	12.2333333	1.79257729
ArozaPho	J	3	10.6666667	0.86216781	9.1333333	1.53079500
NevesPho	B	3	10.5000000	0.52915026	8.4000000	0.1000000
NevesPho	G	3	14.0000000	1.82482876	12.8000000	1.32287566
NevesPho	H	3	15.5333333	1.85022521	14.4000000	1.37477271
NevesPho	J	3	11.1333333	0.60277138	9.6333333	0.85049005

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	3.9651
---	--------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	2.062083
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.7576



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	2.062083
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.2428



Товарная урожайность, т/га

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	114.9666667	16.4238095	9.35	0.0001
Error	16	28.1066667	1.7566667		
Corrected Total	23	143.0733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Market Mean
0.803551	12.34838	1.325393	10.73333

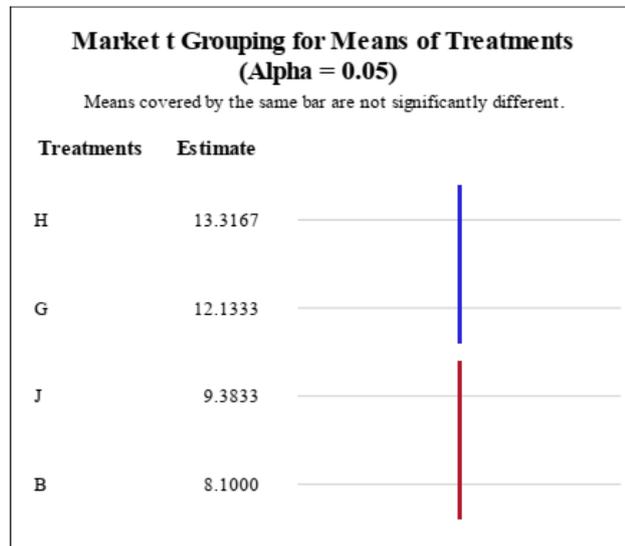
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	7.9350000	7.9350000	4.52	0.0495
Treatments	3	104.3433333	34.7811111	19.80	<.0001
Cultivars*Treatments	3	2.6883333	0.8961111	0.51	0.6810

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

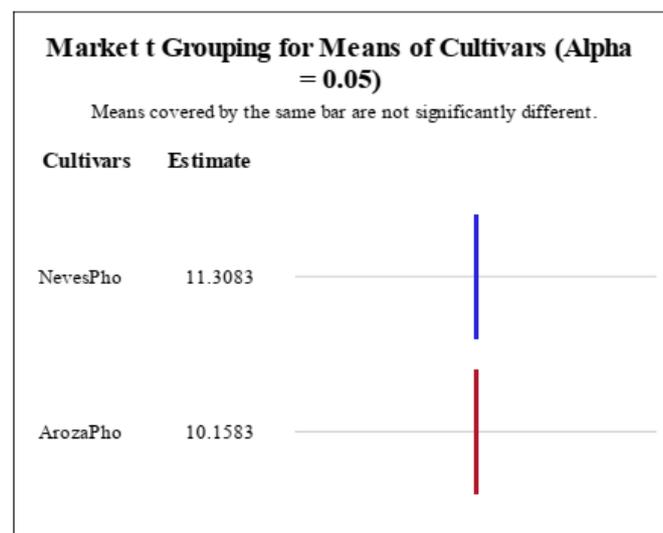
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Total		Market	
			Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
ArozaPho	B	3	9.4000000	0.26457513	7.8000000	1.0000000
ArozaPho	G	3	12.6333333	1.92959409	11.4666667	1.76729549
ArozaPho	H	3	13.2666667	2.13619600	12.2333333	1.79257729
ArozaPho	J	3	10.6666667	0.86216781	9.1333333	1.53079500
NevesPho	B	3	10.5000000	0.52915026	8.4000000	0.1000000
NevesPho	G	3	14.0000000	1.82482876	12.8000000	1.32287566
NevesPho	H	3	15.5333333	1.85022521	14.4000000	1.37477271
NevesPho	J	3	11.1333333	0.60277138	9.6333333	0.85049005

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	3.4513
--	--------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.756667
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.6222



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	1.756667
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	1.1471



Приложение 18

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на проявление ризоктониоза во время уборки (в среднем за 2016–2018 гг.)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4367.626250	623.946607	4.84	0.0043
Error	16	2061.853333	128.865833		
Corrected Total	23	6429.479583			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Disease Mean
0.679313	39.94221	11.35191	28.42083

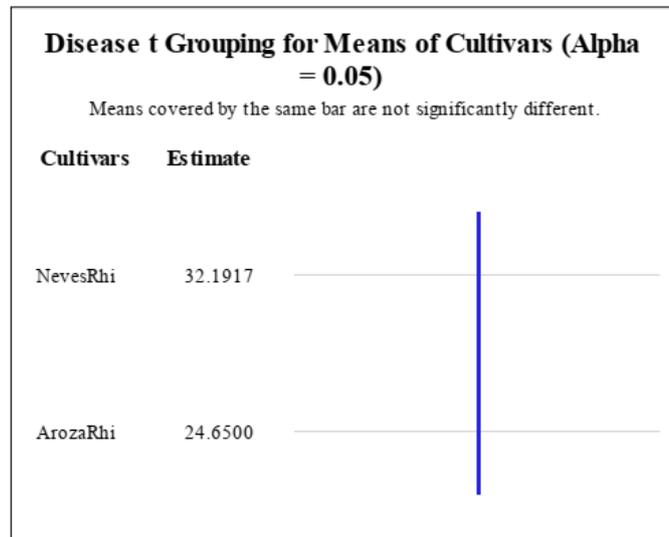
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	341.260417	341.260417	2.65	0.1232
Treatments	3	3947.584583	1315.861528	10.21	0.0005
Cultivars*Treatments	3	78.781250	26.260417	0.20	0.8923

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

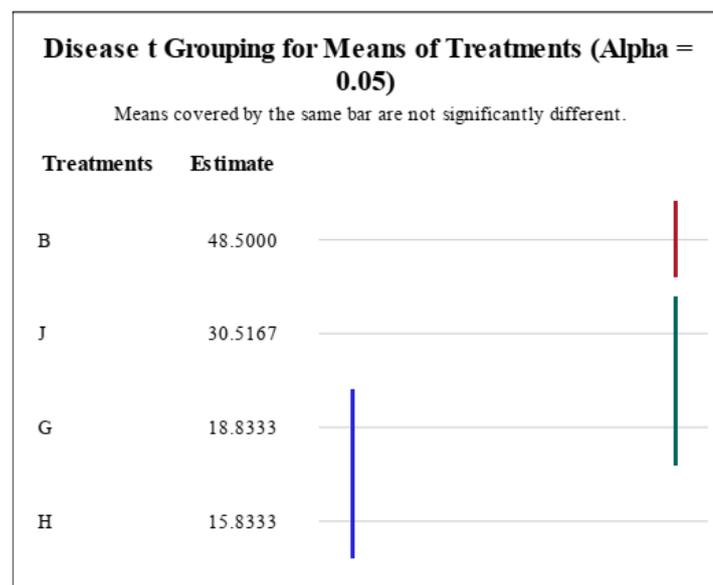
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Disease	
			Mean	Std Dev
ArozaRhi	B	3	42.6333333	15.9819690
ArozaRhi	G	3	17.2666667	4.1633320
ArozaRhi	H	3	13.4000000	2.8844410
ArozaRhi	J	3	25.3000000	4.0853396
NevesRhi	B	3	54.3666667	23.7643290
NevesRhi	G	3	20.4000000	3.7040518
NevesRhi	H	3	18.2666667	4.0414519
NevesRhi	J	3	35.7333333	11.7627945

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	29,6521
--	---------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	128.8658
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	9.8245



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	128.8658
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	13.894



Приложение 19

Двухфакторный дисперсионный анализ. Влияние обработки хитозаном, хлоридом кальция и Максимом, КС на проявление сухой фузариозной гнили при хранении картофеля (в среднем за 2016–2018 гг.)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	399.1295833	57.0185119	5.72	0.0019
Error	16	159.6066667	9.9754167		
Corrected Total	23	558.7362500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Disease Mean
0.714343	29.34623	3.158388	10.76250

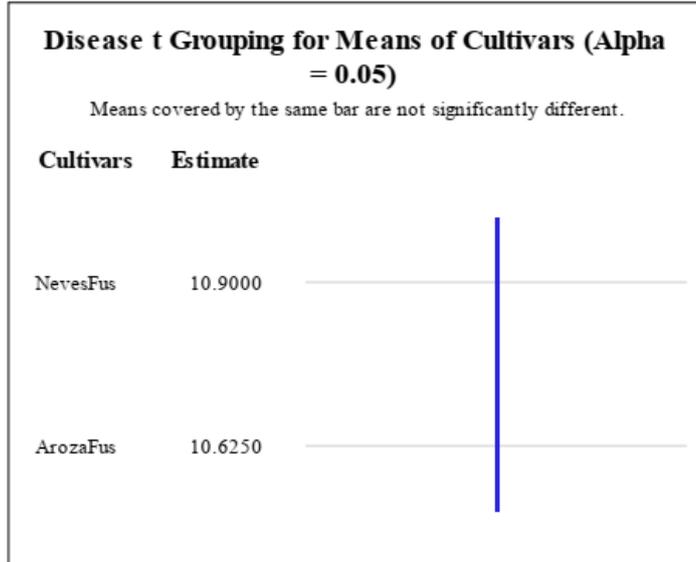
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Cultivars	1	0.4537500	0.4537500	0.05	0.8338
Treatments	3	389.8612500	129.9537500	13.03	0.0001
Cultivars*Treatments	3	8.8145833	2.9381944	0.29	0.8288

F05 (A) = 3.23887151745 F05 (b) = 4.49399847767 F05 (Ab) = 3.23887151745

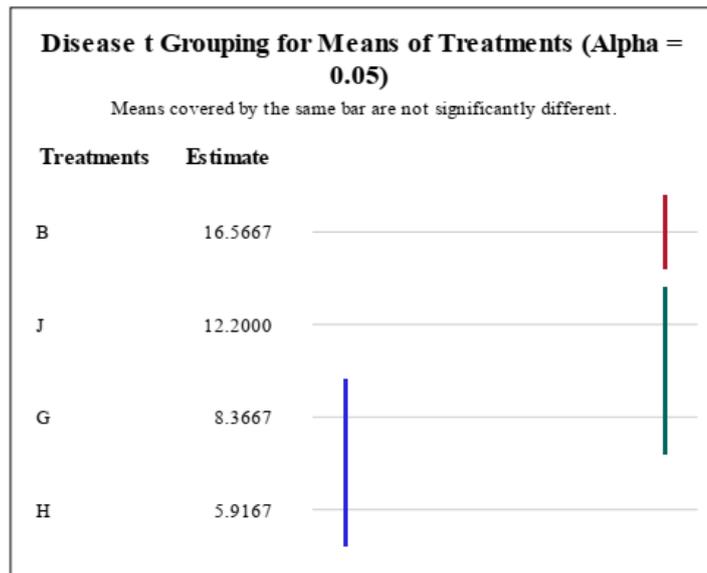
Level of Cultivars	Level of Treatments	N	Disease	
			Mean	Std Dev
ArozaFus	B	3	17.4666667	2.50066658
ArozaFus	G	3	7.7333333	3.00887576
ArozaFus	H	3	5.5000000	2.53574447
ArozaFus	J	3	11.8000000	2.94618397
NevesFus	B	3	15.6666667	3.93107280
NevesFus	G	3	9.0000000	2.30651252
NevesFus	H	3	6.3333333	2.50066658
NevesFus	J	3	12.6000000	4.72863617

Least Significant Difference (Cultivars*treatments)	8.2471
--	--------

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	9.975417
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	2.7334



Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	16
Error Mean Square	9.975417
Critical Value of t	2.11991
Least Significant Difference	3.8656



Словарь однофакторного дисперсионного анализа

source = источник вариации

tret = обработки

error = ошибка

$F = F_{\Phi}$

$F_{05} = F_{\kappa}$

R^2 = точность опыта

$LSD_{0.05} = HCP_{0.05}$

significance level = уровень значимости

c = контроль

ch 0.125 = хитозан, 0,125 %

ch 0.25 = хитозан, 0,25 %

ch 0.5 = хитозан, 0,5 %

ch 1 = хитозан, 1 %

C 0 = контроль, нулевой день

C1 = контроль, первый день

C2 = контроль, второй день

C3 = контроль, третий день

C4 = контроль, четвертый день

C5 = контроль, пятый день

C6 = контроль, шестой день

C7 = контроль, седьмой день

Ch 0 = хитозан, нулевые сут.

Ch 1 = хитозан, первые сут.

Ch 2 = хитозан, вторые сут.

Ch 3 = хитозан, третьи сут.

Ch 4 = хитозан, четвертые сут.

Ch 5 = хитозан, пятые сут.

Ch 6 = хитозан, шестые сут.

Ch 7 = хитозан, седьмые сут.

Словарь двухфакторного дисперсионного анализа

source = источник вариации

sum of squares = SS

mean square = MS

F Value = F_{Φ}

$F_{05} = F_{\kappa}$

R -Square = точность опыта

treatments = обработки (фактор А)

cultivars = сорт (Фактор В)

cultivars \times treatments = фактор А \times В (обработка \times сорт)

least significant difference = НСР

least significant difference (cultivars \times treatments) = НСР Фактор (А \times В)

alpha = уровень значимости

means = среднее

В = контроль

G = CaCl₂ (0,05 кг/т + 2 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)

H = CaCl₂ (0,1 кг/т + 4 кг/га) + хитозан (0,05 кг/т + 0,4 кг/га)

J = Максим, КС 0,4 л/т

germination = всхожесть

height = высота растений, см

stem = количество стеблей, шт./ куст

total = общая урожайность, т/г

market = товарная урожайность, т/га

disease = болезнь