



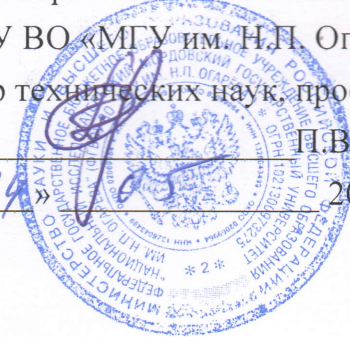
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Н.П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Высшей школы развития
научно-образовательного потенциала
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»,
доктор технических наук, профессор
М.П. _____ П.В. Сенин

« 14 » _____ 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» на диссертационную работу Шагаева Антона Александровича «Разработка методов оценки характеристик и свойств грибов *Fusarium oxysporum* и *Trichoderma viride* при метаболизме экссудатов корневой системы огурца гибрида F₁ Атлет»», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология в диссертационный совет 99.0.027.03 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Актуальность работы. Исследование взаимодействия микроорганизмов с экссудатами корневой системы растений является актуальным направлением в современной науке. Это связано с рядом факторов. Во-первых, исследование взаимодействия микроорганизмов при метаболизме экссудатов корневой системы позволяет лучше понять механизмы, с помощью которых растения влияют на развитие и взаимодействие микроорганизмов в прикорневой зоне. Во-вторых, результаты таких исследований могут быть использованы для разработки новых методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наконец, понимание механизмов взаимодействия микроорганизмов и экссудатов корневой системы может помочь в разработке методов сохранения плодородия почв и предотвращения их деградации. Исследо-

ние взаимодействия микроорганизмов и экссудатов корневой системы также имеет экологические аспекты, связанные с сохранением биоразнообразия и поддержанием экосистем. Результаты исследований могут найти применение в биотехнологии, например, при разработке новых методов биологической защиты растений. Изучение взаимодействия микроорганизмов и экссудатов корневой системы способствует расширению знаний о физиологии растений, микробиологии и экологии, что важно для образования и повышения осведомлённости общества о процессах, происходящих в природе.

Таким образом, исследование взаимодействия микроорганизмов при метаболизме экссудатов корневой системы, проведенное в рамках подготовки диссертационной работы Шагаева А.А., является актуальным и перспективным направлением, которое может привести к важным открытиям и найти практическое применение в сельском хозяйстве, экологии и биотехнологии.

Достоверность, полнота опубликования и апробирования основных положений и результатов диссертации, полученных автором, подтверждается значительным объемом выполненных экспериментальных исследований с использованием современных методов анализа и статистической обработкой данных с применением компьютерных программ.

Основные научные результаты и положения диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, в т.ч. 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, и в 2 изданиях, индексируемых WoS, CAS и Scopus. Основные результаты диссертационной работы представлены на Всероссийской конференции «Болезни и вредители овощных культур в защищенном грунте. Комплексная система защиты растений» (г. Санкт-Петербург, 2021), Всероссийской конференции «Технология биологической защиты, новинки и проверенные методики» (г. Светлогорск, 2019), XIX Ежегодной молодежной конференции с международным участием ИБХФ РАН-ВУЗЫ «Биохимическая физика» (г. Казань, 2019), XV Международном конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2019» (г. Москва, 2019), XVI Международном конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2020» (г. Москва, 2020).

Новизна, теоретическая и практическая значимость исследований. Впервые проведен анализ состава органических компонентов, входящих в состав экссудатов корневой системы огурца гибрида F₁ Атлет. Показано, что основными компонентами экссудатов являются органические кислоты (янтарная, яблочная, лимонная). Автором исследован процесс секреции экссудатов и составлен модельный раствор экссудатов с органическими кислотами и моносахарами. В ходе работы разработан метод для исследования развития и взаимодействия микроорганизмов на фоне экссудации растений. Получены новые экспериментальные данные о влиянии экссудации растения на взаи-

модействие микроорганизмов. При этом показано, что дополнительное внесение экссудатов в зону взаимодействия влияет на синтез грибами ряда гидролитических ферментов, в том числе протеолитических и целлюлолитических. Показана эффективность внесения модельного раствора экссудатов для снижения уровня фитопатогенности грибов при развитии в прикорневой зоне.

Методы, разработанные в рамках исследования по изучению характеристик и свойств грибов при метаболизме экссудатов растений, могут быть рекомендованы для оптимизации мероприятий по биологической защите растений. Полученные результаты вносят вклад в понимание физиологических особенностей грибов при метаболизме экссудатов и показывают пути повышения метаболической устойчивости растений к биотическим стрессовым факторам. В работе установлено негативное влияние экссудатов корневой системы на секрецию ферментов литического ряда *F. oxysporum* и *T. viride*. Результаты исследования использованы при создании органического удобрения «ВитАмин», которое может применяться при защите растений от абиотических и биотических стрессов.

Характеристика содержания диссертационной работы, ее завершенность в целом. Диссертационная работа Шагаева А.А. изложена на 139 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, включающей материалы и методы исследования, результатов и их обсуждения, выводов, списка сокращений, списка цитированной литературы, который включает 207 источников. Диссертация содержит 4 таблицы и 37 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы исследования и степень ее разработанности, приведены цель и задачи, научная новизна работы и ее практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту, достоверность результатов, апробация работы и соответствие паспорту научной специальности ВАК.

Обзор литературы включает 5 разделов, в которых приведены основные сведения о ризосфере растений, влиянии экссудации растений на формирование и изменение микробиологического состава ризосферы, а также о влиянии экссудатов на свойства микроорганизмов, входящих в состав ризосферы. В частности, в первом разделе подробно описан механизм корневой экссудации различных растений. Проанализировано влияние экссудатов растений на растительно-микробное взаимодействие. Завершается первый раздел описанием различных веществ и соединений, которые могут входить в состав экссудатов различных растений. Описаны вещества, секретируемые корневой системой и являющиеся посредниками в процессах взаимодействия «растение-микроорганизм» в почве. В следующем разделе приведены сведения о

различных абиотических и биотических стрессах, возникающих при возделывании с.-х. культур, при этом дано подробное описание механизмов влияния микроорганизмов ризосферы на уровень стрессоустойчивости растений. Далее описана и проанализирована роль сахаров на устойчивость с.-х. растений при возникновении абиотических стрессов. В следующем пункте описано современное представление о вопросе фитопатогенеза растений, показано, что ризосферные микроорганизмы, которые находятся в почве, окружающей корни растений, играют ключевую роль, иницируя перекрестные взаимодействия за счет колонизации корней, а также за счет модуляции иммунитета растения-хозяина. Последний раздел обзора литературы посвящен описанию методов исследования характеристик и свойств микроорганизмов, используемых в качестве агентов биологического контроля. Описаны свойства микроорганизмов, которые могут быть использованы для корректировки уровня микроорганизмов в прикорневой зоне растения. В заключении обзора литературы сформулированы основная цель и задачи исследования. Аналитический обзор содержательный, целостный, отражает современное состояние проблемы как в России, так и за рубежом, включает сведения, необходимые для полного понимания экспериментальной части работы и завершается обоснованием выбора направления исследования.

Во второй главе описаны материалы и методы, использованные в работе. Следует отметить большое количество и разнообразие использованных методик. Описаны современные микробиологические, молекулярно-биологические, аналитические, физико-химические, биотехнологические и математические методы, в том числе ВЭЖХ, различные способы культивирования и статистическая обработка данных. Особый интерес вызывает метод, моделирующий развитие микроорганизмов на целлюлозных мембранах в непрерывных условиях культивирования.

В третьей главе приводятся результаты проведенных исследований и их обсуждение. Глава разделена на 4 подраздела. В первую очередь приведены результаты по изучению секреции экссудатов огурца, описаны выявленные закономерности, влияние накопления экссудатов в ризосфере растения на ростовые характеристики самого растения. Определены основные компоненты экссудатов огурца гибрида F_1 Атлет, такие как фруктоза, яблочная кислота, лимонная кислота и янтарная кислота. На основании полученных данных предложен состав модельного раствора экссудатов огурца. Последующие исследования посвящены исследованию характеристик и свойств *F. oxysporum* и *T. viride* при метаболизме экссудатов растений и предложенной модели экссудатов.

В следующем разделе проведено изучение особенностей развития и взаимодействия колоний грибов в условиях поверхностного культивирования

при метаболизме модельного раствора экссудатов огурца F₁ Атлет, при этом показано, что исследуемые микроорганизмы способны расти на средах, содержащих модельный раствор экссудатов огурца. Однако макроморфологические характеристики колоний микроорганизмов при росте на модельной среде значительно отличаются от характеристик, проявляемых ими при развитии на стандартной питательной среде. Далее доказано, что при культивировании микроорганизмов в стационарных условиях на стандартных питательных средах и средах на основе модельного раствора экссудатов огурца существуют различия в их способности секретировать фитотоксичные метаболиты.

В следующем разделе проводилась разработка установки, моделирующей развитие микроорганизмов на поверхности корневой системы при непрерывной секреции питательных компонентов растением. В результате исследования был разработан метод культивирования, а также изготовлена система культивирования и исследованы процессы роста микроорганизмов на поверхности полых мембран из фильтрующего целлюлозного материала при непрерывном подводе компонентов питания (моделирующих экссудаты огурца) внутрь мембраны, моделирующей условия, возникающие на поверхности корневой системы растения. Автором предположено, что при снижении концентрации экссудатов ниже определенного уровня при постоянном их подводе в области лимитированного роста клетки *F. oxysporum* F2106 синтезируют низкомолекулярные водорастворимые фитотоксины, а также синтезируют и секретируют ферменты литического ряда.

В последних разделах главы «Результаты и обсуждение» представлено исследование по снижению уровня биотических стрессовых воздействий на растение огурца (*Cucumis sativus*) гибрида F₁ Атлет при выращивании с помощью дополнительного внесения модели экссудатов.

Завершается диссертационное исследование выводами, которые полностью отражают полученные Шагаевым Антоном Александровичем результаты и соответствуют цели и задачам диссертационной работы. Эксперименты проводили в трех-пятикратных повторениях, и их **достоверность не вызывает сомнения.**

Автореферат изложен на 20 страницах и полностью соответствует содержанию самой диссертации. Выводы в автореферате и диссертации идентичны. По содержанию, объему и структуре автореферат соответствует установленным требованиям. Личный вклад автора подробно описан в автореферате.

Замечания и рекомендации. Наряду с отмеченными выше положительными сторонами диссертационной работы, научной и практической зна-

чимостью, в порядке дискуссии стоит отметить следующие рекомендации, вопросы и замечания, возникающие в процессе ознакомления:

1. В тексте работы допущено некоторое количество пунктуационных и орфографических ошибок;
2. Каким образом повышение концентрации экссудатов в прикорневой зоне огурца при отсутствии микроорганизмов отрицательно влияет на ростовые характеристики растения (кроме АСВ) – стр. 70, гл.3.1.1)?;
3. Подробное описание методов не стоило прописывать в главе 3, т.к. методы достаточно подробно описаны в главе 2.
4. Почему по Вашему мнению *Trichoderma viride* не проявляет антагонистическое действие к *Fusarium oxysporum* при культивировании на голдном агаре (с. 87, гл.3.2.2.)?;
5. Чем вы можете объяснить проявление лучших ростовых характеристик в концентрациях моделей экссудатов среде *Fusarium oxysporum*, по сравнению с *Trichoderma viride* (с. 83, гл.3.2.2)?

Высказанные замечания не являются принципиальными, носят рекомендательный характер, не влияют на обоснованность положений, выносимых на защиту диссертации и не снижают общую положительную оценку работы.

Заключение. Диссертационная работа Шагаева Антона Александровича «Разработка методов оценки характеристик и свойств грибов *Fusarium oxysporum* и *Trichoderma viride* при метаболизме экссудатов корневой системы огурца гибрида F₁ Атлет» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые принципы исследования характеристик, свойств и взаимодействия микроорганизмов ризосферы растений, что вносит значительный вклад в исследование, разработку и оценку эффективности принципиальных способов снижения влияния абиотических и биотических стрессов при возделывании с.-х. культур. Это логичное, системно взаимосвязанное, целостное исследование, выполненное на высоком научном уровне с применением современных методов исследования. Научные положения и выводы, сформулированные автором, теоретически и экспериментально обоснованы, оригинальны, достоверны, обладают научной новизной и практической значимостью.

Диссертационная работа Шагаева Антона Александровича «Разработка методов оценки характеристик и свойств грибов *Fusarium oxysporum* и *Trichoderma viride* при метаболизме экссудатов корневой системы огурца гибрида F₁ Атлет» полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ п. 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного

постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в текущей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор, Шагаев Антон Александрович, заслуживает присуждения ему степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Отзыв подготовлен Смолиным Николаем Васильевичем, заведующим кафедрой агрономии и ландшафтной архитектуры, доктором сельскохозяйственных наук, профессором.

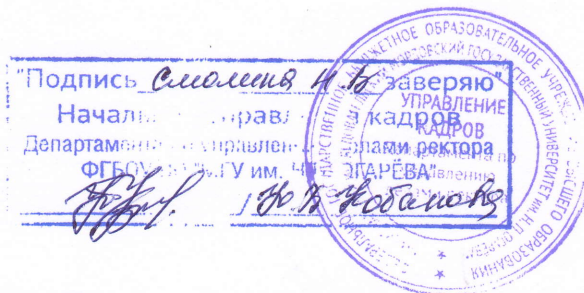
Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры агрономии и ландшафтной архитектуры, протокол № 5 от 14 мая 2024 г.

Присутствовало на заседании 12 человек. В обсуждении приняло участие 12 человек. Результаты голосования: «за» – 12 (двенадцать), «против» – нет, «воздержалось» - нет.

Доктор сельскохозяйственных наук
(06.01.01 Общее земледелие и 06.01.04
Агрохимия), профессор, заведующий
кафедрой агрономии и ландшафтной
архитектуры

Смолин
Николай
Васильевич

14.05.2024 г.



Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

30005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68.

<https://mrsu.ru/ru/>

+7 (8342) 24-37-32

+7 (8342) 24-48-88

+7 (8342) 47-29-13