

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора биологических наук, члена-корреспондента РАО, профессора РАН Голохваста Кирилла Сергеевича на диссертационную работу Фотиной Натальи Вячеславовны на тему «Биотехнология получения биопрепарата на основе новых штаммов ризобактерий», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Диссертационная работа Фотиной Натальи Вячеславовны на тему «Биотехнология получения биопрепарата на основе новых штаммов ризобактерий» состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Объем основного текста 174 страницы, содержит 28 таблиц, 28 рисунков. Список используемой литературы включает 231 источник, в том числе – 148 иностранных.

Автореферат изложен на 18 страницах. По содержанию и объему автореферат соответствует установленным требованиям, отражает основные положения диссертационной работы.

Актуальность темы выполненной работы

В условиях современных вызовов, связанных с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства, вопросы разработки экологически безопасных и эффективных технологий приобретают первостепенное значение. Интенсификация сельскохозяйственного производства, традиционно опирающаяся на широкое использование агрохимикатов и пестицидов, демонстрирует ряд негативных последствий для агроэкосистем, включая снижение биоразнообразия почвенной микробиоты, развитие резистентности у фитопатогенов и загрязнение окружающей среды. В этой связи, поиск и разработка альтернативных подходов, основанных на использовании биопрепаратов, является перспективным направлением.

Представленная в автореферате работа, посвященная разработке биопрепарата на основе ризобактерий, в полной мере соответствует актуальным тенденциям и задачам, обозначенным в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства и Национальном проекте «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности».

Разработка и внедрение биопрепаратов на основе ризобактерий позволяет снизить зависимость от химических средств защиты растений, мобилизовать естественный потенциал почвы, контролировать распространение фитопатогенов и потенциально улучшить технологические свойства зерна при переработке. Это открывает новые возможности для повышения качества и безопасности сырья для пищевой промышленности, в частности, для повышения качества зерновых культур,

являющихся основой рациона питания и важным сырьем для многих отраслей пищевой промышленности.

Следует подчеркнуть соответствие представленного исследования стратегическим целям Российской Федерации, направленным на обеспечение технологического лидерства и устойчивого развития. Работа соотносится с задачами, определенными Стратегией развития производства органической продукции до 2030 г., Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 г. и Приоритетными направлениями научно-технологического развития.

Ожидается, что результаты диссертационного исследования внесут существенный вклад в развитие отечественной биоэкономики, увеличение доли органической сельскохозяйственной продукции и снижение зависимости от импортных агрохимикатов, что, в свою очередь, будет способствовать укреплению продовольственной безопасности страны и повышению конкурентоспособности российского агропромышленного комплекса.

Научная новизна работы

Автором диссертации предложен и научно обоснован подход к созданию эффективных биопрепаратов для зерновых культур на основе устойчивых к абиотическим стрессам штаммов ризобактерий.

Впервые продемонстрирована эффективность комплексного скрининга и отбора штаммов по признакам устойчивости к засолению, агрохимикатам и дефициту питательных веществ для выявления перспективных бактериальных штаммов, пригодных для разработки универсальных биопрепаратов.

Важным результатом является установление синергетического ростостимулирующего эффекта консорциума на основе выделенных штаммов ризобактерий *Pantoea agglomerans* В-14726 и *Pantoea vagans* В-14727 в отношении модельной культуры – яровой мягкой пшеницы.

Впервые показано, что геном ризобактерий, входящих в состав разработанного консорциума, содержит кластеры генов, детерминирующих синтез сидерофоров, терпенов и антибиотиков, что позволяет говорить о его выраженном антагонистическом потенциале в отношении фитопатогенов.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы расширяют современные представления о ризобактериях яровой мягкой пшеницы и обосновывают перспективы их применения в агробиотехнологиях, направленных на повышение устойчивости культуры к различным неблагоприятным факторам окружающей среды, включая биотический стресс, вызываемый фитопатогенами.

Практическая значимость исследования подтверждается депонированием пяти новых перспективных штаммов ризобактерий в Биоресурсном центре Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский

институт», что делает их доступными для дальнейших научных исследований и практического применения.

Важным результатом является оптимизация биотехнологических параметров культивирования разработанного биопрепарата «БП-010» на основе консорциума ризобактерий *Pantoea agglomerans* В-14726 и *Pantoea vagans* В-14727, что позволяет масштабировать производство биопрепарата.

Разработка технической документации на биопрепарат «БП-010» является необходимым шагом для его дальнейшего внедрения в сельскохозяйственное производство. Проведение экономической оценки производства биопрепарата «БП-010» позволяет оценить его экономическую целесообразность и конкурентоспособность на рынке.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций

Достоверность представленных научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается достаточным объемом экспериментальных данных, полученных с использованием стандартных и общепринятых методов, а также многократной повторностью опытов. Результаты работы широко апробированы на международных и всероссийских конференциях. Значимость результатов подтверждается публикацией 20 печатных работ, из которых 8 статей в рецензируемых изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и цитирования Scopus и Web of Science; 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК; также наличием патента и заявки на патент.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует п. 10, 13, 18, 21, паспорта научной специальности ВАК РФ 4.3.5 «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ».

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Фотиной Натальи Вячеславовны состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы (231 источник), 5 приложений. Основной текст изложен на 174 страницах, содержит 28 таблиц, 28 рисунков.

Исследования включали три блока – теоретический, экспериментальный и практический. Теоретический блок, представленный в первой главе, содержит систематизированный обзор и критический анализ современных отечественных и зарубежных научных источников, посвященный современным биотехнологическим подходам к повышению продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур. Это позволило обозначить актуальность темы в контексте глобальных вызовов: необходимости обеспечения продовольственной безопасности, снижения химической нагрузки на агроэкосистемы и адаптации растениеводства к изменяющимся климатическим условиям. На основе критического анализа

литературы автор демонстрирует ограниченность традиционных путей интенсификации, связанных с увеличением доз минеральных удобрений, и научно обосновывает перспективность перехода к природоподобным технологиям. Особое внимание уделено роли ризосферных микроорганизмов как ключевого инструмента для решения поставленных задач. Детально рассмотрены механизмы их позитивного воздействия (фиксация азота, солюбилизация фосфатов, синтез фитогормонов, индукция системной устойчивости) на питательный режим, рост, развитие и стрессоустойчивость растений.

В целом, это позволило Наталье Вячеславовне Фотиной обосновать цели и задачи научного эксперимента диссертационной работы.

Экспериментальная часть работы состоит из трех последовательных этапов.

Первый этап исследований посвящен поиску и отбору штаммов ризобактерий зерновых культур, устойчивых к действию агрохимикатов, высокой степени засоления, и способных к росту на обедненных питательными компонентами средах. Исследованы культуральные, морфологические и биохимические свойства выделенных штаммов.

Второй этап посвящен изучению биотехнологически ценных свойств ризобактерий (оценке антиоксидантной активности, способности продуцировать фитогормоны, солюбилизировать фосфаты, фиксировать азот, проявлять антагонистическую активность в отношении фитопатогенов). Отобранные перспективные штаммы ризобактерий идентифицированы и депонированы в Биоресурсном центре Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт»: № 26 – *Bacillus thuringiensis* B-14700, № 29 – *Bacillus subtilis* B-14701, № 31 – *Raoultella ornithinolytica* B-14725, № 35 – *Pantoea agglomerans* B-14726, № 36 – *Pantoea vagans* B-14727.

Третий этап заключался в конструировании и отборе перспективных консорциумов ризобактерий. Для этого была оценена биосовместимость штаммов, оптимизирован состав и сформированы устойчивые варианты консорциумов. Их ростостимулирующая эффективность была проверена на модельной культуре – яровой мягкой пшенице. По совокупности полученных результатов в качестве основы для биопрепарата был выбран консорциум № 9, состоящий из штаммов *Pantoea agglomerans* B-14726 и *Pantoea vagans* B-14727.

Для углубленного понимания механизмов действия отобранных штаммов был проведен поиск генетических кластеров, ответственных за синтез вторичных метаболитов. Исследование выявило наличие у штаммов генных кластеров, кодирующих синтез сидерофоров (аэробактина, десферриоксамина Е) и терпенов (каротиноидов), что объясняет их высокую конкурентную способность и адаптивность. У штамма *Pantoea vagans* B-14727 дополнительно обнаружены кластеры биосинтеза пептидных антибиотиков зеамин и презеамин, указывающие на его выраженный антагонистический потенциал.

Важным аспектом работы стала оценка безопасности будущего биопрепарата. Проведенный МТТ-тест на нераковой клеточной линии НЕК293Т подтвердил

отсутствие цитотоксического эффекта у штаммов, входящих в состав консорциума, что является необходимым условием для его практического применения.

В пятой главе диссертации представлена практическая реализация разработанного биопрепарата «БП-010» на основе консорциума ризобактерий № 9 (*Pantoea agglomerans* B-14726 и *Pantoea vagans* B-14727). В рамках исследования была проведена оптимизация условий культивирования, что позволило разработать эффективную биотехнологию производства. Для биопрепарата «БП-010» разработаны и утверждены технические условия и технологическая инструкция по производству (ТУ 20.20.19-294-02068309-2024 и ТИ 20.20.19-294-02068309-2024). Проведен экономический анализ производства биопрепарата, подтверждающий его конкурентоспособность для сельскохозяйственного производства.

В целом следует отметить, что автором проведена комплексная научно-исследовательская работа, отражающая теоретическую и практическую ценность.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В таблицах с результатами оценки биотехнологически ценных свойств ризобактерий и консорциумов не указаны эталонные штаммы или коммерческие препараты, использованные в качестве контроля. С чем сравнивались полученные результаты?

2. В работе рассматривается применение разработанного биопрепарата на основе штаммов, выделенных из ризосферы яровой мягкой пшеницы, и испытания проводились только на этой модельной культуре. Какова потенциальная эффективность и безопасность применения данного препарата на других сельскохозяйственных культурах?

3. Уточните, какие механизмы антагонистической активности были изучены у штаммов ризобактерий, входящих в состав биопрепарата? В дальнейшем исследовании представляется целесообразным определить состав метаболитов, продуцируемых данными штаммами, для более глубокого понимания механизмов антагонистической активности по отношению к фитопатогенам.

4. Из текста работы не до конца очевидно, как биопрепарат «БП-010» взаимодействует с другими агрохимикатами. Для оптимизации применения биопрепарата в сельскохозяйственной практике, рекомендуется провести исследования по его совместимости и взаимодействию с агрохимикатами и пестицидами.

5. Учитывая перспективы расширения области применения биопрепарата, планируется ли разработка сухой формы на основе выделенных штаммов ризобактерий для обеспечения более удобного хранения, транспортировки и применения в различных агроэкологических условиях?

**Заключение о соответствии работы критериям положения о присуждении
ученой степени кандидата биологических наук.**

Диссертационная работа Фотиной Натальи Вячеславовны на тему «Биотехнология получения биопрепарата на основе новых штаммов ризобактерий» является законченной научно-квалификационной работой, обладающей значительной теоретической и практической ценностью. Представляет собой перспективное направление в разработке биотехнологических подходов для повышения устойчивости растений к биотическим стрессам и улучшения качества сырья для пищевой промышленности, демонстрируя эффективное применение ризобактерий для повышения устойчивости пшеницы и внося вклад в развитие биотехнологических методов управления продуктивностью сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена в соответствии с требованиями «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор Фотина Наталья Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

доктор биологических наук,
член-корреспондент РАО, профессор РАН,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Сибирский
федеральный научный центр
агробиотехнологий Российской академии
наук, директор



Голохваст Кирилл Сергеевич

04.03.2026 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. Центральная, 2Б.

Контакты: +7 (383) 348-14-40, golokhvast@sfscs.ru

Подпись директора Голохваста К.С. удостоверено
Надпись о приеме в архив и охране труда
04.03.2026

