

На правах рукописи



Серазетдинова Юлия Ренатовна

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ
РИЗОБАКТЕРИЙ И РАЗРАБОТКА ПРЕПАРАТА КОМПЛЕКСНОГО
ДЕЙСТВИЯ НА ИХ ОСНОВЕ**

Специальность – 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически
активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Кемерово 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КемГУ»).

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Асякина Людмила Константиновна

Официальные оппоненты: **Самбыла Чойган Николаевна**
доктор биологических наук, доцент, Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, временно исполняющий обязанности директора

Аксёнов-Грибанов Денис Викторович
кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет», проректор по научной работе и международной деятельности

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток

Защита диссертации состоится «18» декабря 2026 г. в 9:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.315.05 при ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» по адресу: 650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, 2 лекц. ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (<https://kemsu.ru/science/dissertation-councils/diss-24-2-315-05/protects/149812/>), на официальном сайте ВАК Минобрнауки РФ (<https://vak.gisnauka.ru>).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, отправлять по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, Диссертационный совет 24.2.315.05, e-mail: ds24.2.315.05@mail.ru.

Автореферат разослан «____» _____ 2026 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Милентьева Ирина Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Рост численности населения и изменение структуры потребления обуславливают устойчивое увеличение спроса на сельскохозяйственную продукцию. По данным организации объединенных наций, численность населения мира в 2050 г. приблизится к 9,7 млрд человек, что увеличит мировой спрос на продовольствие на 50–60 %.

Традиционное повышение объемов производства сельскохозяйственных культур за счет применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений характеризуется существенными экологическими ограничениями, такими как загрязнение почвенных и водных ресурсов, накоплением нитратов и остаточных пестицидов в продуктах питания.

В этих условиях возрастает значение биологизации земледелия как направления, позволяющего повысить продуктивность сельскохозяйственных культур при сохранении экологической устойчивости агроэкосистем. Данный вектор соответствует приоритетам государственной политики Российской Федерации, отраженным в национальных проектах «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» и «Технологическое обеспечение биоэкономики», а также Федеральному закону от 03.08.2018 № 280-ФЗ «Об органической продукции ...», закрепляющему правовые условия перехода к органическому сельскому хозяйству.

Перспективным инструментом биологизации являются экологически безопасные биопрепараты на основе ростостимулирующих бактерий – продукты биотехнологического синтеза, получаемые с использованием технологий микроорганизмов-продуцентов. Такие препараты способны улучшать питание растений за счет фиксации атмосферного азота, мобилизации труднодоступных форм фосфора и калия, синтеза фитогормонов, сидерофоров и других биологически активных соединений. Разработка подобных средств соответствует природоподобным подходам к созданию агротехнологий, основанным на использовании естественных механизмов взаимодействия микроорганизмов и растений.

Степень разработанности темы. Существенный вклад в развитие инновационных технологий в области создания биопрепаратов для сельского хозяйства внесли отечественные и зарубежные исследователи: И. А. Тихонович, А. А. Завалин, Н. А. Проворов, М. В. Безрукова, В. С. Шевелуха, Е. П. Трепачев, Т. К. Шешегова, Л. В. Кравченко, А. П. Кожемяков, О. Н. Кулаева, И. В. Бойкова, И. В. Максимов, Р. М. Хайруллин, В. К. Чеботарь, U. Mathesius, S. Wienkoop, I. Pertot, S. Sarrocco, D. Spadaro и др.

Отдельные этапы работы выполнены в рамках:

- государственного задания по теме «Исследование потенциала ростостимулирующих бактерий для повышения агрономической биофортификации пшеницы» (шифр FZSR-2024-0009);

- студенческого стартапа программы фонда содействия инновациям (III очередь) по теме «Разработка технологии производства биоудобрений на основе RGP-ризобактерий для повышения производительности и пищевой ценности сельскохозяйственных культур» (№ 1205ГССС15-L/88213).

Цели и задачи работы. Целью диссертационного исследования являлось научное обоснование и экспериментальная разработка биотехнологических параметров получения биопрепарата комплексного действия на основе консорциума ростостимулирующих ризобактерий и оценка его влияния на рост и развитие яровой мягкой пшеницы.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- провести скрининг штаммов отечественных коллекций микроорганизмов по комплексу биотехнологически ценных свойств: способности к накоплению общего азота; продуцированию аммиака, фитогормонов, сидерофоров, АСК-деаминазы; солюбилизации фосфатов и цинка, образованию биопленок, а также антагонистической активности в отношении фитопатогенов;
- на основании экспериментальных данных о биологической совместимости и функциональных свойствах штаммов сконструировать микробные консорциумы и исследовать их влияние на показатели развития яровой мягкой пшеницы;
- изучить молекулярно-генетические механизмы, обеспечивающие ростостимулирующую и биотехнологическую активность штаммов консорциума;
- подобрать параметры культивирования биопрепарата, обеспечивающие накопление микробной биомассы и сохранение его функциональной активности; оценить показатели качества и безопасности разработанного биопрепарата;
- оценить экономическую целесообразность производства биопрепарата.

Научная новизна работы. Впервые на основе комплексного скрининга штаммов Национального биоресурсного центра Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» по восьми биотехнологически значимым признакам (продуцирование фитогормонов, сидерофоров, солюбилизация фосфатов и цинка, образование биопленок, потенциально способствующих устойчивой колонизации корневой поверхности растений, антагонистическое действие в отношении фитопатогенов) научно обоснован состав микробного консорциума для биопрепарата комплексного действия. Впервые методами геномного и транскриптомного анализа раскрыты молекулярно-генетические механизмы ростостимулирующей активности штаммов *Priestia aryabhattai*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas chlororaphis*, включая гены биосинтеза фитогормонов и сидерофоров, что позволило обосновать их функциональную совместимость в составе консорциума. Установлены новые экспериментальные закономерности влияния разработанного биопрепарата на морфометрические и физиолого-биохимические показатели сортов яровой мягкой пшеницы сортов Сибирский Альянс, Памяти Афродиты, Надежда Кузбасса.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в расширении научных представлений о функциональной роли ростостимулирующих ризобактерий как продуцентов биологически активных веществ, а также в обосновании молекулярно-генетических механизмов, определяющих их биотехнологический потенциал для создания препаратов комплексного действия.

Практическая значимость работы состоит в следующем. Научно обоснован и экспериментально подтвержден отбор перспективных штаммов ростостимулирующих ризобактерий для разработки биопрепарата. Выявлены генетические и транскриптомные особенности, связанные с энергетическим метаболизмом, стрессоустойчивостью, биосинтезом аминокислот, кофакторов и фитогормонов у перспективных штаммов. Сконструирован и апробирован биопрепарат на основе консорциума *Priestia aryabhattai*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas chlororaphis*. Подобраны биотехнологические параметры культивирования, обеспечивающие высокий выход микробной биомассы и сохранение функциональной активности препарата. Разработана техническая документация, проведена оценка экономической эффективности производства биопрепарата.

Методология и методы исследования. При выполнении работы использовались общепринятые, стандартные и оригинальные методы исследований, включающие: микробиологические культурально-зависимые методы оценки морфологических и

биохимических свойств штаммов; количественные спектрофотометрические методы; молекулярно-генетические методы, биотехнологические методы культивирования; методы лабораторной апробации для оценки эффективности биопрепарата.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно обоснованная концепция создания биопрепарата комплексного действия на основе скрининга биотехнологически ценных свойств штаммов (способность к продуцированию аммиака, фитогормонов, сидерофоров, солюбилизации фосфатов и цинка, образованию биопленок, антагонистической активности в отношении фитопатогенов);

- результаты скрининга биотехнологически ценных свойств 15 штаммов из отечественных коллекций; молекулярно-генетические механизмы, обеспечивающие ростостимулирующую активность перспективных штаммов;

- состав консорциума и параметры культивирования биопрепарата на основе *Priestia aryabhattai*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas chlororaphis*, обеспечивающие высокий выход биомассы и сохранение функциональной активности.

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность полученных данных подтверждалась достаточным количеством наблюдений (3–5-кратной повторностью), применением стандартных и общепринятых методов исследования и математической обработки. Основные положения и результаты исследований диссертационной работы являлись предметом докладов и обсуждений на мероприятиях различного уровня: Международной научно-практической конференции «Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Краснодар, 2025 г.), Инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (Кемерово, 2024–2025 гг.), Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2024 г.) и др. Разработки удостоены следующих наград: работа признана перспективной на Молодежной премии в области науки и техники «Надежда России» Российского союза научных и инженерных общественных объединений (2025 г.); отмечена дипломом I степени XIII Инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2025 г.); дипломом I степени за победу в Международном конкурсе научно-исследовательских проектов молодежи «Продовольственная безопасность» в номинации «Лучший инновационный проект» (2025 г.); дипломом Правительства Кузбасса за 1-ое место в конкурсе «Лучший аспирант 2024 года» в номинации «Естественные науки»; дипломом III степени за победу в Международном конкурсе научно-исследовательских проектов молодежи «продовольственная безопасность» XIV Евразийского экономического форума молодежи в номинации «Лучшее технологическое исследование» (2024 г.); победитель конкурса «Студенческий стартап (очередь III) / Н5 Биотехнологии», договор 1205ГССС15-L/88213.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 24 печатные работы, из них: 8 статей в рецензируемых изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и цитирования Scopus и Web of Science; 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК; 2 патента на изобретения.

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

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы (307 наименований), 4 приложений. Основной текст изложен на 231 странице, содержит 44 таблицы, 66 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснование актуальности, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту диссертации.

Глава 1 Литературный обзор. В главе проанализированы и систематизированы современные научные представления о ростостимулирующих и антагонистических свойствах бактерий, представляющих интерес для сельскохозяйственной биотехнологии. Рассмотрены механизмы, посредством которых бактериальные штаммы стимулируют рост и развитие растений, улучшают питание растений, а также подавляют развитие фитопатогенных микроорганизмов. Рассмотрены данные о перспективности таких бактерий как основы для создания биопрепаратов комплексного действия.

Глава 2 Организация, объекты и методы проведения исследования. Теоретические и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с целью и задачами на кафедре бионанотехнологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Общая схема выполнения исследования представлена на рисунке 1.

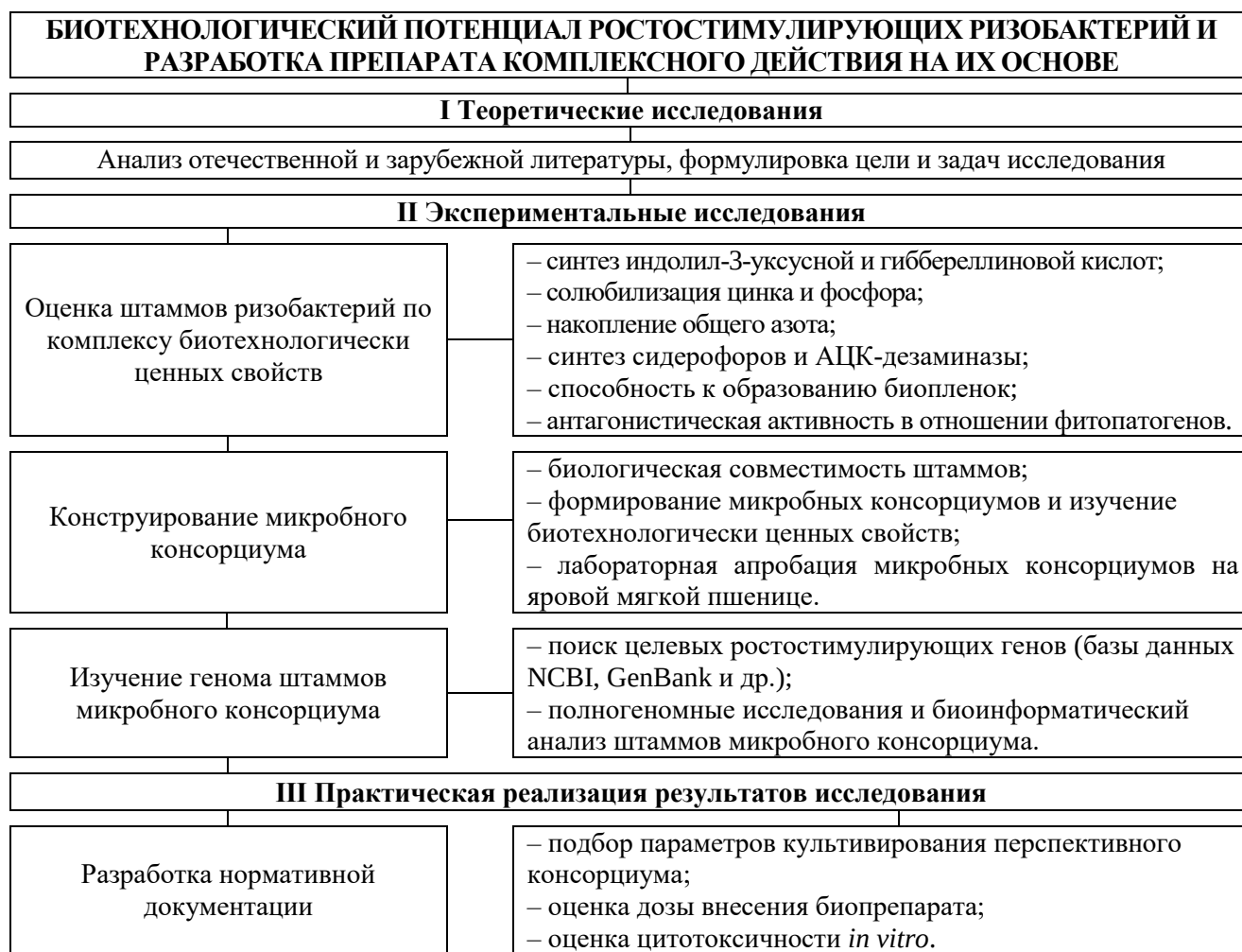


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Исследования включали три блока – теоретический, экспериментальный и практический. Теоретическая работа заключалась в анализе отечественной и зарубежной литературы по теме, обосновании цели и постановке задач исследования.

Экспериментальная часть работы состояла из трех последовательных этапов.

На первом этапе осуществляли отбор и характеристику бактериальных штаммов, обладающих ростостимулирующими свойствами. Для каждого штамма определялись ключевые физиолого-биохимические параметры, свидетельствующие о способности к стимуляции роста растений, в частности: способность к синтезу фитогормонов (индолил-3-уксусная, гиббереллиновая кислоты), способность к накоплению общего азота, мобилизации неорганических соединений фосфора и выработке сидерофоров, синтез АЦК-деаминазы, а также антагонистическую активность штаммов в отношении фитопатогенных микроорганизмов.

На втором этапе исследовали биологическую совместимость отобранных штаммов и определяли возможные синергетические эффекты при их совместном культивировании. В сконструированных микробных консорциумах анализировали функциональную активность микроорганизмов. Оценка проводилась по совокупности показателей, включающих интенсивность продуцирования фитогормонов, эффективность накопления общего азота и мобилизации фосфора, а также устойчивость микроорганизмов к антагонистическим воздействиям.

На третьем этапе изучали генетические детерминанты ростостимулирующей активности перспективных штаммов. Для этого использовались методы молекулярной биологии и биоинформатики, включающие секвенирование геномов и аннотирование функциональных локусов. Поиск генов, ответственных за ключевые метаболические пути, осуществлялся с использованием баз данных NCBI, GenBank и специализированных биоинформатических платформ.

На этапе практической реализации осуществлен подбор параметров культивирования микробного консорциума, обеспечивающих накопление микробной биомассы и сохранение функциональной активности биопрепарата; определена доза внесения биопрепарата; исследована цитотоксичность в условиях *in vitro* для подтверждения безопасности разрабатываемого биопрепарата. Завершающим этапом практической реализации являлась подготовка нормативной документации, необходимой для дальнейшего внедрения разработанного биопрепарата.

При выполнении работы использовались общепринятые, стандартные и оригинальные методы исследований, включающие микробиологические, физиолого-биохимические, молекулярно-генетические и аналитические подходы. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2021. Результаты исследования агрономически ценных свойств консорциумов оценивали при помощи анализа ANOVA с апостериорным критерием Шеффе.

Глава 3 Исследование ризобактерий. Для выбора перспективных ростостимулирующих штаммов осуществляли комплексную оценку функциональных характеристик исследуемых штаммов микроорганизмов. Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунках 2, 3. Среди исследованных микроорганизмов выявлены штаммы с наиболее выраженными биотехнологическими признаками, значимыми для создания биопрепарата комплексного действия.

Наиболее выраженная способность к синтезу сидерофоров отмечена у штаммов В-11094, В-4062 и В-4064. Максимальное продуцирование индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) установлено у штаммов В-5292, В-4064, В-219, В-548, В-216 и В-11094, а гиббереллиновой кислоты (ГК) – у штаммов В-3481, В-932, В-548, В-219, В-4062, В-11094, В-8739 и В-11265. Наибольшей способностью к накоплению общего азота (N) обладали штаммы В-3481, В-216, В-219, Y-4318 и В-4064. Максимальная способность продуцировать аммиак (NH₃) отмечена у штаммов В-11094, В-548, В-4064, В-932, В-219, В-3481 и В-13802.

Таблица 1 – Ростостимулирующие свойства исследуемых штаммов

Штамм	Ростостимулирующие свойства					
	ИУК, мкг/мл	ГК, мг/мл	Сидерофоры, %	N, мкг/мл	NH ₃ , мкг/мл	P, мкг/мл
B-11094	6,15±0,22	1,12±0,03	53,13±1,74	117,53±3,87	395,87±13,06	200,00±6,61
B-4148	0,56±0,01	0,98±0,03	47,77±1,56	151,22±4,99	112,53±3,71	242,86±8,01
B-8739	0,51±0,01	1,10±0,02	48,21±1,59	89,88±2,96	119,87±3,94	157,14±5,17
B-932	2,25±0,06	1,20±0,03	37,95±1,25	160,64±5,30	299,20±9,87	85,71±2,80
B-11265	5,23±0,14	1,05±0,03	46,15±1,50	34,24±1,12	239,87±7,91	200,00±6,61
B-13192	3,07±0,10	0,84±0,02	35,50±1,17	110,40±3,64	183,87±6,06	171,43±5,65
B-219	8,61±0,29	1,20±0,03	40,83±1,34	189,22±6,24	297,53±9,81	185,71±6,12
B-4064	8,76±0,28	0,58±0,01	50,26±1,66	174,78±5,77	307,20±10,13	228,57±7,54
B-4062	0,46±0,01	1,16±0,02	51,31±1,66	164,48±5,42	169,87±5,60	185,71±6,12
B-5292	13,99±0,46	0,73±0,02	43,79±1,44	119,46±3,94	145,87±4,81	200,00±6,60
B-548	8,61±0,28	1,20±0,03	49,55±1,63	49,23±1,62	323,20±10,66	128,57±4,25
B-3481	1,48±0,04	1,23±0,04	39,64±1,30	212,87±7,02	256,53±8,46	300,00±9,90
B-13802	1,23±0,04	0,67±0,02	37,87±1,24	154,26±5,10	255,87±8,44	128,57±4,24
B-216	7,27±0,23	0,95±0,03	47,93±1,55	193,95±6,40	185,87±6,13	100,00±3,30
Y-4318	0,61±0,02	0,88±0,03	45,56±1,50	187,87±6,19	206,53±6,81	114,29±3,77

Данные представлены в виде среднего значения ±SD (n=3)



Рисунок 2 – Способность некоторых штаммов ризобактерий образовывать биопленки



Рисунок 3 – Способность некоторых штаммов ризобактерий соллюбилизовать цинк

Способность к образованию биопленок выявлена у B-13192 и B-219. Это может свидетельствовать о потенциальной способности к устойчивой колонизации корневой системы. Высокую способность к соллюбилизации фосфатов (P) проявили штаммы B-3481, B-4148, B-4064, B-11094, B-11265 и B-5292; соллюбилизация цинка установлена у штаммов B-4064, B-5292, B-548 и B-13802.

Результаты исследования антагонистической активности штаммов в отношении фитопатогенов (*Fusarium graminearum* F-877, *Bipolaris sorokiniana* F-529, *Botrytis cinerea* F-1006 *Erwinia rhapontici* B-9292, *Xanthomonas campesyris* B-4102) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования антагонистической активности исследуемых штаммов ризобактерий в отношении фитопатогенов

Исследуемый фитопатоген Исследуемый штамм	Антагонистическая активность, мм				
	<i>Fusarium graminearum</i> F-877	<i>Bipolaris sorokiniana</i> F-529	<i>Botrytis cinerea</i> F-1006	<i>Erwinia rhapontici</i> B-9292	<i>Xanthomonas campestris</i> B-4102
<i>Azospirillum brasilense</i> B-11094	67±3	35±1	40±2	–	95±4
<i>Azotobacter chroococcum</i> B-4148	25±1	37±1	37±1	75±3	60±3
<i>Azotobacter chroococcum</i> B-8739	–	–	–	–	–
<i>Azotobacter vinelandii</i> B-932	42±3	95±6	95±3	20±1	66±3
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> B-11265	–	85±4	–	17±1	–
<i>Bacillus aryabhattai</i> B-13192	–	–	–	19±1	–
<i>Ensifer meliloti</i> B-219	67±2	65±3	55±2	23±1	95±2
<i>Ensifer mexicanus</i> B-4064	90±5	95±4	25±1	–	77±3
<i>Mesorhizobium mediterraneum</i> B-4062	92±4	75±4	16±1	–	95±6
<i>Pantoea ananatis</i> B-5292	65±4	75±3	18±1	65±3	62±3
<i>Pseudomonas chlororaphis</i> subsp. <i>aurantiaca</i> B-548	62±3	95±5	95±3	–	41±2
<i>Pseudomonas koreensis</i> B-3481	–	–	–	28±2	–
<i>Pseudomonas plecoglossicida</i> B-13802	–	–	–	22±1	65±2
<i>Rhizobium tropici</i> B-216	95±2	72±5	40±2	45±2	95±4
<i>Zygorhiza dageshanica</i> Y-4318	–	77±3	–	40±4	52±3
Данные представлены в виде среднего значения ±SD (n=3)					

Антагонистическая активность в отношении фитопатогенов обладала выраженным штаммоспецифичным характером. Установлено, что 9 штаммов ингибировали рост *Fusarium graminearum* в диапазоне от 25 до 95 мм. Способностью ингибировать рост *Bipolaris sorokiniana* F-529 обладало 11 штаммов в диапазоне от 35 до 95 мм. В отношении *Botrytis cinerea* F-1006 антагонистическая активность установлена у 9 штаммов (диапазон от 16 до 95 мм). Антагонистическая активность в отношении *Erwinia rhapontici* B-9292 выявлена у 10 штаммов (от 17 до 75 мм), в отношении *Xanthomonas campestris* B-4102 – у 10 штаммов (от 41 до 95 мм). Наиболее широкий спектр антагонистического действия отмечен у штаммов B-932, B-219, B-5292 и B-216, проявивших активность в отношении всех исследованных фитопатогенов. Штамм B-8739 не обладал антагонистической активностью в отношении фитопатогенов.

Ранжирование исследуемых штаммов проводили на основании совокупной оценки ростостимулирующих показателей и антагонистической активности в отношении фитопатогенных микроорганизмов. Результаты ранжирования отражены на рисунке 4.

Ранжирование позволило выделить восемь наиболее перспективных штаммов, общий ранг которых превышал 5,00: *Ensifer mexicanus* B-4064 (6,42), *Ensifer meliloti* B-219 (6,07), *Rhizobium tropici* B-216 (5,72), *Mesorhizobium mediterraneum* B-4062 (5,47), *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aurantiaca* B-548 (5,43), *Azospirillum brasilense* B-11094 (5,10), *Pantoea ananatis* B-5292 (5,06) и *Azotobacter vinelandii* B-932 (5,02).

Штамм	Балл									Ранг									Общий ранг
	N	NH ₃	P	Zn	БП	АЦК	СД	ИУК	ГК	N	NH ₃	P	Zn	БП	АЦК	СД	ИУК	ГК	
B-11094	3	2	3	0	0	5	5	3	4	0	0,4	0,75	0	0	0,05	1,15	0,06	0,08	2,49
B-4148	3	1	4	0	0	5	4	1	3	0	0,2	1	0	0	0,05	0,92	0,02	0,06	2,25
B-8739	2	1	2	0	0	5	4	1	4	0	0,2	0,5	0	0	0,05	0,92	0,02	0,08	1,77
B-932	3	1	1	0	0	5	3	2	4	0	0,2	0,25	0	0	0,05	0,69	0,04	0,08	1,31
B-11265	1	4	3	0	0	5	3	3	3	0	0,8	0,75	0	0	0,05	0,69	0,06	0,06	2,41
B-13192	3	3	3	0	5	5	2	2	3	0	0,6	0,75	0	0,05	0,05	0,46	0,04	0,06	2,01
B-219	4	5	3	0	5	5	3	3	4	0	1	0,75	0	0,05	0,05	0,69	0,06	0,08	2,68
B-4064	4	5	4	5	0	5	4	3	1	0	1	1	0,05	0	0,05	0,92	0,06	0,02	3,1
B-4062	4	3	3	0	0	5	4	1	4	0	0,6	0,75	0	0	0,05	0,92	0,02	0,08	2,42
B-5292	3	3	3	5	0	5	3	5	2	0	0,6	0,75	0,05	0	0,05	0,69	0,1	0,04	2,28
B-548	1	2	2	5	0	5	4	3	4	0	0,4	0,5	0,05	0	0,05	0,92	0,06	0,08	2,06
B-3481	5	5	5	0	0	5	3	1	5	0	1	1,25	0	0	0,05	0,69	0,02	0,1	3,11
B-13802	3	5	2	5	0	5	2	1	2	0	1	0,5	0,05	0	0,05	0,46	0,02	0,04	2,12
B-216	4	3	1	0	0	5	4	3	3	0	0,6	0,25	0	0	0,05	0,92	0,06	0,06	1,94
Y-4318	4	3	2	0	0	5	3	1	3	0	0,6	0,5	0	0	0,05	0,69	0,02	0,06	1,92

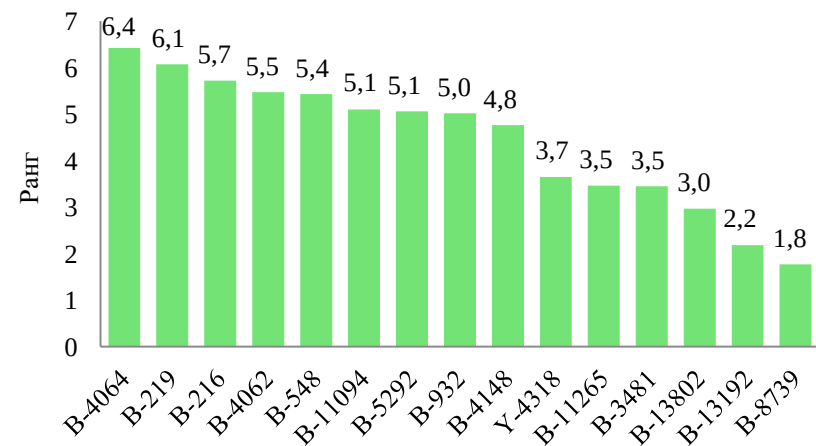


а

Штамм	Балл					Ранг					Общий ранг
	F-877	F-529	F-1006	B-9292	B-4102	F-877	F-529	F-1006	B-9292	B-4102	
B-11094	4	2	2	0	5	0,88	0,44	0,44	0	0,85	2,61
B-4148	2	2	2	4	3	0,44	0,44	0,44	0,68	0,51	2,51
B-8739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B-932	3	5	5	1	4	0,66	1,1	1,1	0,17	0,68	3,71
B-11265	0	4	0	1	0	0	0,88	0	0,17	0	1,05
B-13192	0	0	0	1	0	0	0	0	0,17	0	0,17
B-219	4	3	3	2	5	0,88	0,66	0,66	0,34	0,85	3,39
B-4064	5	5	2	0	4	1,1	1,1	0,44	0	0,68	3,32
B-4062	5	4	1	0	5	1,1	0,88	0,22	0	0,85	3,05
B-5292	3	4	1	3	3	0,66	0,88	0,22	0,51	0,51	2,78
B-548	3	5	5	0	3	0,66	1,1	1,1	0	0,51	3,37
B-3481	0	0	0	2	0	0	0	0	0,34	0	0,34
B-13802	0	0	0	2	3	0	0	0	0,34	0,51	0,85
B-216	5	4	2	3	5	1,1	0,88	0,44	0,51	0,85	3,78
Y-4318	0	4	0	2	3	0	0,88	0	0,34	0,51	1,73



б



в

Рисунок 4 – Биотехнологическая активность штаммов, где а – тепловая карта ростостимулирующих свойств;
б – тепловая карта биоконтрольных свойств; в – общий ранг исследуемых штаммов

Глава 4 Исследование консорциумов ризобактерий. По результатам анализа биосовместимости (таблица 3), а также на основании ростостимулирующей и антагонистической активностей для составления консорциумов выбраны следующие штаммы: *Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216. Соотношение штаммов в сконструированных консорциумах представлено на рисунке 5.

Таблица 3 – Биосовместимость перспективных штаммов

Штамм	Штамм							
	B-11094	B-932	B-219	B-4064	B-4062	B-5292	B-548	B-216
B-11094								
B-932	–							
B-219	–	–						
B-4064	–	–	+					
B-4062	–	–	–	–				
B-5292	–	+	–	–	–			
B-548	+	+	+	–	–	+		
B-216	–	+	+	+	–	+	–	

«+» – отсутствует зона ингибирования роста тест-штамма, «–» – присутствует зона ингибирования роста тест-штамма

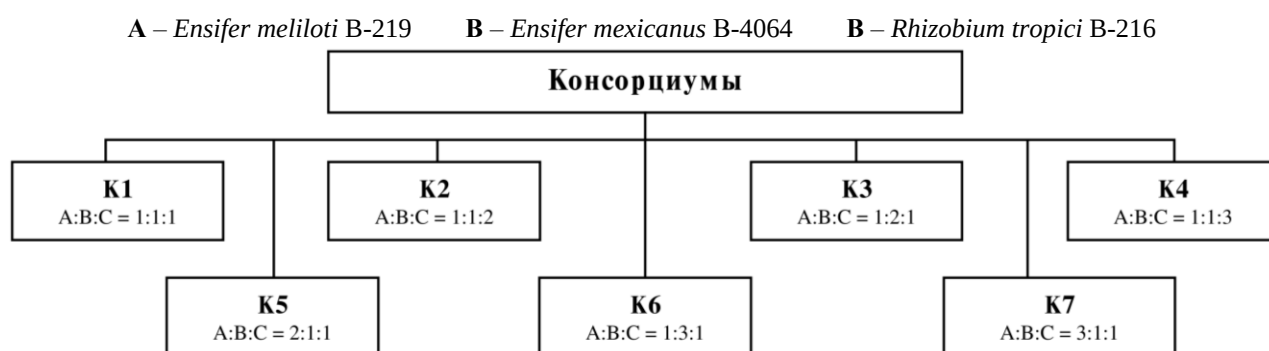


Рисунок 5 – Состав консорциумов на основе штаммов *Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216

На следующем этапе оценивали биотехнологический потенциал разработанных консорциумов (таблицы 4, 5). Наиболее высокую способность к накоплению общего азота проявили консорциумы K3, K5, K6 и K7, у которых данный показатель превышал 190,0 мкг/мл. Максимальное продуцирование аммиака установлено у консорциумов K5, K6 и K7, а наиболее выраженная фосфатмобилизующая активность – у K1, K2, K4 и K7. Способность к продуцированию сидерофоров на уровне более 50 % характерна для всех консорциумов, за исключением K7. Высокий уровень синтеза индолил-3-уксусной кислоты выявлен у K1, K4 и K5, тогда как продукция гиббереллиновой кислоты выше 1,00 мг/мл отмечена у всех консорциумов, кроме K3. Полученные данные свидетельствуют о полифункциональности сформированных микробных консорциумов и различной выраженности их ростостимулирующих механизмов.

Наиболее стабильная активность в отношении большинства фитопатогенов отмечена у консорциумов K1, K4, K6 и K7, демонстрировавших высокие значения зон подавления роста (таблица 6).

Таблица 4 – Способность консорциумов фиксировать атмосферный азот, продуцировать аммиак и сидерофоры

Шифр	N, мкг/мл	Ср. по м.о.	NH ₃ , мкг/мл	Ср. по м.о.	Сидерофоры, %	Ср. по м.о.
K1	112,11±3,21 ^а	185,98	275,87± 9,10 ^{об}	263,53	52,27±1,70^а	46,34
K2	167,90±5,48 ^б	187,97	205,87±6,77 ^а	244,12	53,79±1,77^а	46,74
K3	209,79±7,01^б	183,18	264,87±8,73 ^б	274,45	53,03±1,72^а	47,32
K4	189,80±6,08 ^{бг}	186,79	281,53±9,29 ^{об}	272,03	51,52±1,71^а	44,96
K5	195,58±6,41^{бг}	189,17	298,20±8,84^{бг}	232,47	51,52±1,70^а	46,98
K6	196,81±6,23^{бг}	181,50	341,53±11,27^а	281,00	51,52±1,69^а	47,91
K7	193,96±6,11^г	187,28	313,87±10,35^г	277,13	49,24±1,62 ^а	44,14

Данные представлены в виде среднего значения ±SD (n=3). Различные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами по критерию Шеффе при p ≤ 0,05. Ср. по м.о. – среднее по микроорганизмам.

Таблица 5 – Способность консорциумов солюбилизировать фосфаты и продуцировать фитогормоны

Шифр	P, мкг/мл	Ср. по м.о.	ИУК, мкг/мл	Ср. по м.о.	ГК, мг/мл	Ср. по м.о.
K1	285,71±9,34^б	171,43	8,92±0,29^б	8,22	1,18±0,03^{бг}	0,91
K2	357,14±11,65^г	153,57	7,74±0,26 ^а	7,98	1,12±0,02^{бв}	0,92
K3	171,43±5,64 ^а	185,71	7,74±0,25 ^а	8,35	0,92±0,02 ^а	0,83
K4	285,71±9,42^б	175,00	13,38±0,44^б	8,32	1,21±0,03^г	0,98
K5	228,57±7,54 ^б	142,86	8,92±0,29^б	7,84	1,09±0,03^б	0,92
K6	142,86±4,70 ^а	194,29	7,79±0,28 ^а	8,44	1,12±0,03^{бв}	0,78
K7	285,71±9,41^б	177,14	7,84±0,25 ^а	8,37	1,10±0,02^{бв}	1,02

Данные представлены в виде среднего значения ±SD (n=3). Различные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами по критерию Шеффе при p ≤ 0,05. Ср. по м.о. – среднее по микроорганизмам.

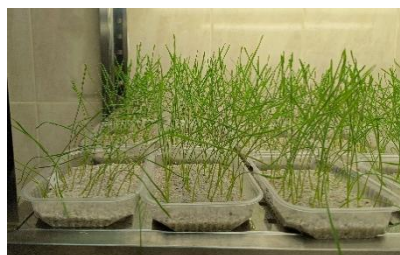
Таблица 6 – Результаты антагонистической активности консорциумов

Шифр	Антагонистическая активность, мм									
	<i>Fusarium graminearum</i> F-877		<i>Bipolaris sorokiniana</i> F-529		<i>Botrytis cinerea</i> F-1006		<i>Erwinia rhapontici</i> B-9292		<i>Xanthomonas campesyris</i> B-4102	
	Знач.	Сред.	Знач.	Сред.	Знач.	Сред.	Знач.	Сред.	Знач.	Сред.
K1	95±3^а	78	95±5^а	84	95±3^а	40	95±5^а	23	95±4^а	89
K2	95±3^а	76	95±3^а	87	53±2 ^б	40	30±2 ^б	28	73±3 ^б	91
K3	95±4^а	82	50±2 ^б	86	71±3 ^б	36	81±3^б	17	86±4 ^{аб}	86
K4	95±3^а	74	95±4^а	80	95±3^а	44	70±3 ^г	23	95±4^а	91
K5	75±2 ^б	76	95±3^а	89	95±5^а	40	76±4 ^б	32	95±5^а	92
K6	95±4^а	85	95±4^а	87	80±5 ^б	34	50±3 ^г	14	95±5^а	85
K7	80±4 ^б	82	95±4^а	90	95±4^а	51	95±3^а	29	95±4^а	95

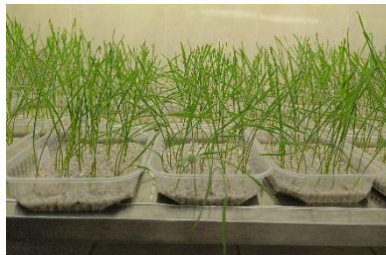
Данные представлены в виде среднего значения ±SD (n=3). Различные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами по критерию Шеффе при p ≤ 0,05. Сред. – среднее по микроорганизмам.

На основании оценки ростостимулирующей и антагонистической активностей для лабораторной апробации выбраны консорциумы: K4 (*Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216 в соотношении 1:1:3) и

K5 (*Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216 в соотношении 2:1:1). Лабораторная апробация перспективных штаммов и микробных консорциумов на яровой мягкой пшенице сортов Сибирский Альянс, Памяти Афродиты и Надежда Кузбасса показала, что наибольшим ростостимулирующим действием обладал консорциум № 5 (рисунок 6). Применение консорциума обеспечивало увеличение энергии прорастания, всхожести, длины ростка и корня, а также сухой массы надземной и подземной частей.



сорт Сибирский Альянс



сорт Памяти Афродиты



сорт Надежда Кузбасса

Рисунок 6 – Лабораторная апробация перспективных консорциумов и штаммов, входящих в их состав

Обработка семян консорциумом № 5 также способствовала повышению физиолого-биохимических показателей растений. Установлено увеличение содержания хлорофилла и каротиноидов в надземной части пшеницы всех исследованных сортов, что указывает на стимуляцию фотосинтетического аппарата. Применение консорциума сопровождалось повышением содержания азота в надземной части яровой мягкой пшеницы.

Глава 5 Исследование генетических свойств перспективных штаммов ризобактерий. Филогеномный анализ по 120 консервативным белкам позволил уточнить таксономическую принадлежность штаммов и идентифицировать их. Установлено, что штаммы, ранее идентифицированные как *Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216, относятся к видам *Priestia aryabhattai*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas chlororaphis* соответственно. У данных штаммов, выявлены различные молекулярно-генетические механизмы, определяющие их потенциальную PGP-активность (рисунок 7).

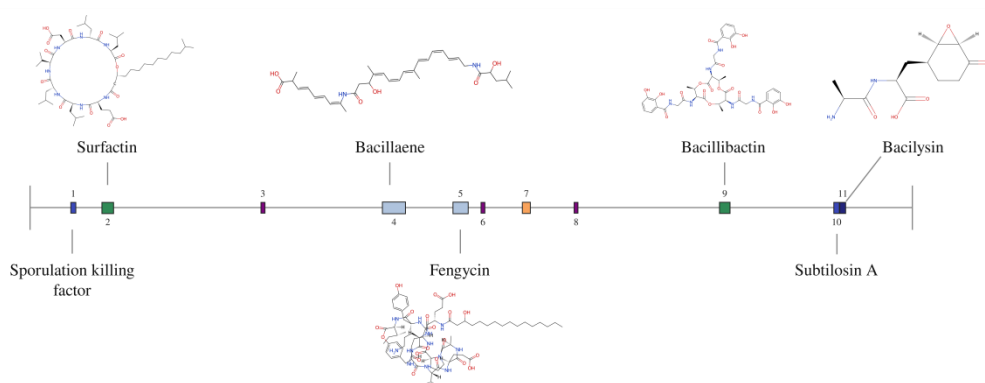


Рисунок 7 – Кластеры генов, обнаруженные в геноме *Bacillus subtilis*

По результатам транскриптомного анализа установлена активная экспрессия генов, связанных с энергетическим метаболизмом, стрессоустойчивостью, биосинтезом аминокислот и кофакторов, транспортом питательных веществ, формированием клеточных мембран и продукцией вторичных метаболитов. Для *Priestia aryabhattai* выявлено преобладание косвенных ростостимулирующих

механизмов, обеспечивающих выживаемость и метаболическую активность бактерий в ризосфере. Штамм *Bacillus subtilis* характеризовался выраженным потенциалом стрессоустойчивости и наличием кластеров биосинтеза сурфактина, фенгидина, бациллаена, бациллибактина, субтилозина А и бацилизина. Наиболее широкий спектр потенциальных ростостимулирующих и антагонистических механизмов установлен для *Pseudomonas chlororaphis*: выявлены гены и биосинтетические кластеры, связанные с образованием предшественников фитогормонов, усвоением железа и цинка, синтезом пирролнитрина, феназиновых соединений, сидерофоров, липопептидов и цианистого водорода.

Сопоставление культурально-зависимых и геномно-транскриптомных данных показало неодинаковую степень подтверждения выявленных фенотипических признаков. Накопление общего азота на безазотной среде не сопровождалось выявлением полного комплекса *nif*-генов и соответствующих транскриптов, поэтому данный результат отражает накопление азотсодержащих соединений, но не является доказательством фиксации N_2 . Гены метаболизма триптофана и изопреноидов подтверждают потенциальные механизмы образования ИУК и гиббереллинов. Наличие гена, кодирующего АЦК-деаминазу, у исследуемых изолятов не подтверждено.

Совокупность геномных и транскриптомных данных подтверждает функциональную комплементарность исследуемых штаммов и научно обосновывает перспективность их совместного использования при разработке микробного препарата комплексного ростостимулирующего и защитного действия.

Глава 6 Практическая реализация результатов исследования. Для получения биопрепарата подобран состав питательной среды и температурный режим культивирования. Параметры получения биопрепарата, обеспечивающие максимальное накопление биомассы и показатели активности биопрепарата: время культивирования: 22–24 ч, температура: 28–30 °С, питательная среда следующего состава, г/л: триптон – 10; дрожжевой экстракт – 5; натрий хлористый – 10; меласса – 6; мочевины – 1.

Для оценки безопасности разработанного биопрепарата на культуре нормальных клеток человека НЕК293Т выполнен МТТ-тест, который показал отсутствие у них цитотоксичности при концентрации культуральной жидкости бактериальных штаммов 1 % от всего объема среды. Результаты тестирования представлены на рисунке 8.

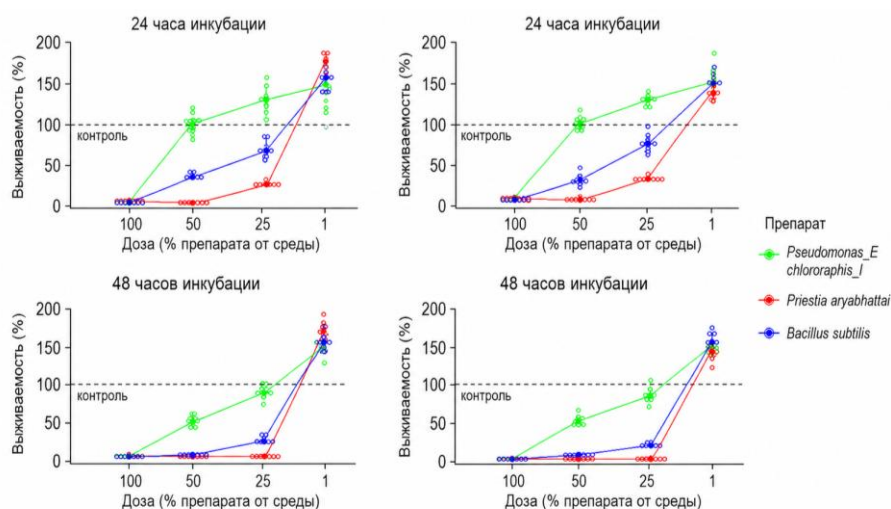


Рисунок 8 –
Выживаемость
клеток человека
НЕК293Т

Экономический анализ показал, что расчетная оптовая стоимость 1 л препарата составляет 298,62 руб. При установленной норме применения 2 л на 1 т семян пшеницы затраты на биопрепарат при обработке 1 т семенного материала составляют 597,24 руб.

ВЫВОДЫ

1. Осуществлен скрининг 15 штаммов на наличие биотехнологически ценных свойств, в частности: способность к накоплению общего азота, продуцированию аммиака, фитогормонов, сидерофоров, АЦК-деаминазы солюбилизации фосфатов и цинка, образованию биопленок, а также антагонистической активности в отношении фитопатогенов. По результатам ранжирования ростостимулирующих и антагонистических показателей отобраны восемь перспективных штаммов: *Ensifer mexicanus* B-4064; *Ensifer meliloti* B-219; *Rhizobium tropici* B-216; *Mesorhizobium mediterraneum* B-4062; *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aurantiaca* B-548; *Azospirillum brasilense* B-11094; *Pantoea ananatis* B-5292 и *Azotobacter vinelandii* B-932.

2. Изучена биологическая совместимость 8-ми перспективных штаммов, сконструировано 7 микробных консорциумов; исследованы активности разработанных консорциумов *in vitro*; отобраны 2 перспективных консорциума для лабораторной апробации: консорциум № 4 (*Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216 в соотношении 1:1:3 соответственно) и консорциум № 5 (*Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216 в соотношении 2:1:1 соответственно). Исследована эффективность влияния перспективных консорциумов на морфометрические показатели яровой мягкой пшеницы сортов «Сибирский Альянс», «Памяти Афродиты», «Надежда Кузбасса» в лабораторных условиях (энергия прорастания, всхожесть, средняя длина ростка, средняя длина корня, сухая масса наземной и подземной части, содержание хлорофилла и каротиноидов, азота в наземной части); отобран 1 перспективный консорциум № 5 (*Ensifer meliloti* B-219, *Ensifer mexicanus* B-4064 и *Rhizobium tropici* B-216 в соотношении 2:1:1 соответственно).

3. Проведено полногеномное и транскриптомное исследование трех перспективных бактериальных штаммов. Филогеномный анализ по 120 консервативным белкам позволил уточнить таксономическую принадлежность штаммов и идентифицировать их как *Priestia aryabhattai* (*Ensifer meliloti* B-219), *Bacillus subtilis* (*Ensifer mexicanus* B-4064) и *Pseudomonas chlororaphis* (*Rhizobium tropici* B-216). Установлено, что *Priestia aryabhattai* характеризуется косвенными ростостимулирующими механизмами, связанными со стрессоустойчивостью и поддержанием энергетического метаболизма. Для *Bacillus subtilis* выявлено 11 кластеров биосинтеза вторичных метаболитов, включая сурфактин, фенгицин, бациллаен, бациллибактин, субтилозин А и бацилизин. В геноме *Pseudomonas chlororaphis* обнаружено 23 биосинтетических кластера, связанных с продукцией пирролнитрина, феназинов, сидерофоров, липопептидов и цианистого водорода, а также экспрессия генов транспорта железа, цинка и предшественников фитогормонов.

4. Подобраны рациональные параметры культивирования биопрепарата, обеспечивающие накопление микробной биомассы, а также сохранение его функциональной биотехнологической активности: продолжительность культивирования: 22–24 ч, температура: 28–30 °С, питательная среда следующего состава, г/л: триптон – 10; дрожжевой экстракт – 5; натрий хлористый – 10; меласса – 6; мочевины – 1. Проведена оценка безопасности разработанного биопрепарата. МТТ-тест показал отсутствие цитотоксичности штаммов при концентрации культуральной жидкости бактериальных штаммов 1 % от всего объема среды.

5. Оценена экономическая целесообразность производства биопрепарата. Экономический анализ показал, что расчетная оптовая стоимость 1 л препарата составляет 298,62 руб. (затраты на 1 т семян пшеницы – 597,24 руб.).

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science

1. Генетические детерминанты антагонистической и ростостимулирующей активности штамма *Pantoea pleuroti* / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, А. Е. Тупикин и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2026. – Т. 56. – № 2. – С. 234–246 (Q3, уровень белого списка 1).
2. **Serazetdinova, Yu.R.** Rhizobia as complex biofertilizers for wheat: Biological nitrogen fixation and plant growth promotion / **Yu. R. Serazetdinova**, E. E. Borodina, N. V. Fotina et al. // Foods and Raw Materials. – 2026. – Vol. 14. – № 1. – P. 214–227 (Q2, уровень белого списка 1).
3. A Novel Fungicide Consortium: Is It Better for Wheat Production and How Does It Affect the Rhizosphere Microbiome? / L. Asyakina, P. Barsukov, **Yu. Serazetdinova** et al. // Applied Microbiology. – 2025. – Vol. 5. – №. 4. – P. 142 (Q2).
4. Synergistic interaction between *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria in a growth-stimulating consortium / **Yu. Serazetdinova**, D. Chekushkina, E. Borodina et al. // Foods and Raw Materials. – 2024. – Vol. 13. – № 2. – P. 376–393 (Q2, уровень белого списка 1).
5. Потенциал совместного применения цеолита и ростостимулирующих бактерий для улучшения роста пшеницы / Н. Н. Богачева, Ю. Е. Афонина, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2025. – Т. 55. – № 3. – С. 509–520 (Q3, уровень белого списка 1).
6. Микробная биофортификация злаковых культур: перспективы и текущее развитие / Д. Е. Колпакова, **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54. – № 2. – С. 191–211 (Q3, уровень белого списка 1).
7. Enhancement of wheat growth by plant growth-stimulating bacteria during phytopathogenic inhibition / N. V. Fotina, **Yu. R. Serazetdinova**, D. E. Kolpakova et al. // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2024. – Vol. 60. – P. 103294 (Q1, уровень белого списка 2).
8. Antagonistic activity of extremophilic bacteria against phytopathogens in agricultural crops / L. K. Asyakina, **Yu. R. Serazetdinova**, A. S. Frolova et al. // Food Processing: Techniques and Technology. – 2023. – Vol. 53. – №. 3. – P. 565–575 (Q3, уровень белого списка 1).

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

9. **Серазетдинова, Ю. Р.** Обзор биотехнологических подходов к биообогащению *Triticum aestivum* L / **Ю. Р. Серазетдинова**, Л. К. Асякина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2025. – Т. 13. – № 2. – С. 5–15 (K2).
10. Перспективы совместного применения *Pseudomonas koreensis* и *Pseudomonas plecoglossicida* для биологического обогащения растений азотом / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. Н. Богачёва, К. В. Карчин и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2025. – Т. 33. – №1. – С. 116–129 (K1, уровень белого списка 1).
11. Ризобактерии для снижения биотического стресса яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), вызванного фитопатогенными грибами / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, Л. К. Асякина и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 4. – С. 98–113 (K1, уровень белого списка 1).

12. Роль *Bacillus amyloliquefaciens* в снижении абиотического стресса зерновых культур / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, Л. К. Асякина и др. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12. – № 4(64). – С. 178–183 (K2).

Патенты и заявки на изобретения

13. Пат. 2850674 Российская Федерация, МПК С 12 N 1/20. Биопрепарат для стимуляции роста и защиты пшеницы от фитопатогенов на основе штаммов *Ensifer* и *Rhizobium* / **Серазетдинова Ю. Р.**, Колпакова Д. Е., Бородина Е. Е., Фасхутдинова Е. Р., Афонина Ю. Е., Фотина Н. В., Милентьева И. С., Асякина Л. К., Просеков А. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2025125897; заявл. 20.09.2025; опубл. 12.11.2025. – Бюл. № 32.

14. Пат. 2861018 Российская Федерация, МПК А01N 63/20, А01N 65/44. Способ получения бактериальной суспензии, повышающей устойчивость зерновых культур к фитопатогенам / Асякина Л. К., Фотина Н. В., Бородина Е. Е., **Серазетдинова Ю. Р.**, Просеков А. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2025128128; заявл. 14.10.2025; опубл. 28.04.2026. – Бюл. № 13.

В материалах конференций

15. Генетические и молекулярные механизмы, лежащие в основе ростостимулирующей активности ризобий / Е. Р. Фасхутдинова, Е. Е. Бородина, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово, 2026. – С. 568–570.

16. Ризобактерии как агенты для стимулирования роста и улучшения питания растений / Е. Е. Бородина, А. В. Гордиенко, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // VIII Международная научно-практическая конференция, посвященная 35-летию со дня образования общероссийской общественной организации «Российская инженерная академия» «Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции». – Краснодар, 2025. – С. 224–230.

17. **Серазетдинова, Ю. Р.** Влияние микроорганизмов на усвоение питательных веществ и продуктивность *Triticum aestivum* L. / **Ю. Р. Серазетдинова**, А. В. Гордиенко, А. Наик // XIII Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации», посвященный 80-й годовщине победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов. – Кемерово, 2025. – С. 263–265.

18. **Серазетдинова, Ю. Р.** Эффективность применения ростостимулирующих ризобактерий для защиты сельскохозяйственных культур от абиотического стресса / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, А. Ю. Просеков // XII Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово, 2024. – С. 325–328.

19. **Серазетдинова, Ю. Р.** Аспекты применения симбиотической фиксации азота для улучшения питания зерновых культур / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, Е. Р. Фасхутдинова // XII Всероссийская (национальная) научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». – Кемерово, 2024. – С. 356–357.

20. **Серазетдинова, Ю. Р.** Перспективы применения почвенных бактерий для солюбилизации труднорастворимых форм фосфатов / **Ю. Р. Серазетдинова**, Д. Е. Колпакова, К. В. Карчин // XII Всероссийская (национальная) научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». – Кемерово, 2024. – С. 358–359.

21. **Серазетдинова, Ю. Р.** Применение бактерий рода *Azotobacter* в качестве антагонистов фитопатогенных грибов / **Ю. Р. Серазетдинова**, Е. Е. Бородина, Л. К. Асякина // III Международный Симпозиум, посвященный 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, основателя научной школы Льва Александровича Остроумова «Пищевые технологии». – Кемерово, 2024. – С. 93–96.

22. **Серазетдинова, Ю. Р.** Солюбилизация питательных элементов микроорганизмами / **Ю. Р. Серазетдинова**, Д. Е. Колпакова, Л. К. Асякина // Международная научно-практическая конференция. «Развитие производительных сил Кузбасса: история, современный опыт, стратегия будущего». – Москва, 2024. – С. 420–424.

23. Исследование влияния эндофитных бактерий на ростовые показатели яровой пшеницы / Е. Е. Бородина, **Ю. Р. Серазетдинова**, Е. Р. Фасхутдинова и др. // XI Международная конференция молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов, молекулярных биологов и специалистов фундаментальной медицины. – Новосибирск, 2024. – С. 103–104.

24. **Серазетдинова, Ю. Р.** Эндофиты, как агенты в борьбе с окислительным стрессом сельскохозяйственных культур / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина // Сборник научных трудов «Современные проблемы агропромышленного комплекса». – Самара, 2023. – С. 106–110.

Отчеты о научных исследованиях

25. Исследование потенциала ростостимулирующих бактерий для повышения агрономической биофортификации пшеницы / Л. К. Асякина, К. В. Карчин, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Научно-технический отчет в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (номер темы FZSR-2024-0009). – Кемерово, 2025. – 126 с.

26. Новые бактериальные штаммы рода *Pantoea* в повышении устойчивости злаковых культур к фитопатогенам / Л. К. Асякина, А. Ю. Просеков, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Научно-технический отчет в рамках гранта Российского научного фонда (25-16-20076). – Кемерово, 2025. – 152 с.

27. Фундаментальные исследования по разработке биопестицидов, состоящих из экстремофильных и эндофитных микроорганизмов, для преодоления абиотического и биотического стресса сельскохозяйственными культурами в условиях Кемеровской области – Кузбасса / Л. К. Асякина, К. В. Карчин, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Научно-технический отчет в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (номер темы FZSR-2023-0003). – Кемерово, 2023. – 267 с.

28. Исследование потенциала ростостимулирующих бактерий для повышения агрономической биофортификации пшеницы / Л. К. Асякина, К. В. Карчин, **Ю. Р. Серазетдинова** и др. // Научно-технический отчет в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (номер темы FZSR-2024-0009). – Кемерово, 2024. – 195 с.

29. Разработка технологии производства биоудобрений на основе RGP-ризобактерий для повышения производительности и пищевой ценности сельскохозяйственных культур / **Ю. Р. Серазетдинова**, Н. В. Фотина, Е. Е. Бородина // Научно-технический отчет в рамках программы фонда содействия инновациям студенческий стартап (III очередь) № 1205ГССС15-L/88213. – Кемерово, 2024. – 32 с.