

*На правах рукописи*

**Медведев Никита Андреевич**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ И  
БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНОЙ БАКТЕРИИ НА  
ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ  
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

**4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

Диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

**Казань – 2025 г.**

Работа выполнена на кафедре общего земледелия, защиты растений и селекции Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» в 2022-2024 гг.

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Научный руководитель:</b>  | <b>Сафин Радик Ильясович</b><br>доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Официальные оппоненты:</b> | <b>Марьина-Чермных Ольга Геннадьевна</b><br>доктор биологических наук, профессор кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Марийский государственный университет»<br><b>Акманаева Юлия Александровна</b><br>кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова» |
| <b>Ведущая организация:</b>   | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Защита состоится «25» декабря 2025 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 35.2.017.01 при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» по адресу: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65, зал заседаний, тел. +7(843) 598-40-50. e-mail: info@kazgau.com.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», адрес: 420064, г. Казань, ул. Р. Гареева, д.62 и на сайте университета [www.kazgau.ru](http://www.kazgau.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 420064, г. Казань, ул. Ферма-2, д. 53, Институт агробиотехнологий и землепользования ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, учёному секретарю диссертационного совета Амирову М.Ф., e-mail: [dissovet\\_kazgau@mail.ru](mailto:dissovet_kazgau@mail.ru)

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор \_\_\_\_\_ Амиров Марат Фуатович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В условиях растущей антропогенной нагрузки, все большее внимание при разработке агротехнологий возделывания зерновых культур уделяется вопросам экологизации и биологизации производства (Вага И.И., 2017). С учетом этого, при разработке современных систем оптимизации минерального питания и интегрированной защиты сельскохозяйственных культур, ведется поиск новых технологических приемов, решающих задачи как обеспечения потребностей растений в элементах питания, так и в эффективном контроле вредных биологических объектов. В качестве таких перспективных приемов могут выступать – использование гуминовых веществ, получаемых из различных природных источников, а также применение различных биопрепаратов, в том числе на основе эндофитных бактерий растений (Юрина Т.А., 2020; Поволоцкая Ю.С., 2019; Эндофитные..., 2016).

Гуминовые вещества, благодаря комплексному положительному воздействию на растения и на процессы, протекающие в почве, достаточно давно и широко используются в растениеводстве. Кроме того, они отличаются универсальностью, что позволяет использовать их как для некорневого внесения, так и для предпосевной обработки (Amprong K., 2022; Кулик А. М., 2023). Природными источниками для производства гуминовых веществ служат – бурый уголь, торф, сапропель и т.д. При добавлении к гуминовым веществам различных микроэлементов, получают ценные удобрения с высокой биологической активностью.

Эндофитные бактерии, находясь в тесной связи с растениями-хозяевами, способны воздействовать на целый ряд физиологических процессов в них, в том числе оказывать положительное влияние на увеличение устойчивости к фитопатогенам и абиотическим стрессам (Кулабухова Д. Ю., 2017; Fadiji A. E., 2020).

Для Республики Татарстан и прилегающих территорий Среднего Поволжья, яровой двурядный пленчатый ячмень является основной зернофуражной культурой. К особенностям ярового ячменя относится сравнительно большое количество различных заболеваний, поражающих растения в период вегетации культуры, а также высокая отзывчивость на внесение гуминовых удобрений. С учетом преимущественно кормового использования, применение на яровом ячмене дорогостоящих химических фунгицидов и минеральных удобрений, часто экономически нецелесообразно.

В связи с этим, становится актуальным изучение эффективности различных способов совместного применения гуминовых веществ и биопрепаратов на основе эндофитных бактерий на яровом ячмене в условиях серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан, где такие исследования ранее не проводились.

**Степень разработанности проблемы.** Изучение эффективности использования гуминовых препаратов в растениеводстве проводилось на

большом количестве сельскохозяйственных культур как в России, так и зарубежом. В ходе исследований, было установлено положительное влияние гуминовых веществ на рост и развитие растений, их фотосинтетическую деятельность, устойчивость к стрессам, а также отмечалось повышение урожайности и качественных характеристик получаемого урожая (Малосиева., 2018; Неверов, А. А., 2021; Панина, Е. В., 2018; Поволоцкая, Ю. С., 2019; Numic..., 2020). Положительное влияние таких препаратов на яровом ячмене показано и для условий Республики Татарстан (Сергеева А.А., 2022).

В последние годы, все больший интерес со стороны исследователей, привлекают эндофитные бактерии, развивающиеся в тканях различных органов растений. Данные бактерии играют важную роль в жизни растения, в том числе оказывают влияние на образование фитогормонов, ростовые процессы, реакции активного иммунитета к инфекционным болезням и устойчивость к абиотическим стрессам (Наумович, Н. И., 2016; Маркова, О. В., 2023; Mushtaq S. et al., 2023). Показано положительное влияние биопрепаратов на основе эндофитных бактерий на увеличение урожайности зерновых культур (Абрамова А. А., 2024).

Несмотря на большое количество исследований, посвященных оценке эффективности гуминовых удобрений и биопрепаратов на основе эндофитных бактерий, недостаточно изученным является вопрос о возможности их совместного использования в виде баковых смесей при различных способах обработки растений, в том числе ярового ячменя.

**Цель исследования** – оценить влияние применения гуминовых удобрений (Гумат +7 «Здоровый урожай», Бигус экстра) и биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 в чистом виде и в баковых смесях, при различных способах внесения (обработки семян, некорневое внесение, сочетание обработок) на формирование урожая, развитие болезней и качество зерна ярового ячменя кормового назначения в условиях Предкамья Республики Татарстан.

#### **Задачи исследований:**

1. Оценить влияние предпосевной обработки семян препаратами и их смесями на развитие растений на ранних этапах развития ярового ячменя и зараженность семенного материала фитопатогенами.
2. Дать оценку влияния изучаемых приемов на рост и развитие растений, а также фотосинтетическую деятельность.
3. Установить влияние обработок на устойчивость растений к абиотическим стрессам и развитие основных микозов ярового ячменя.
4. Определить характер влияния обработок гуминовыми удобрениями и биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 на урожайность и качество продукции ярового ячменя.
5. Дать оценку изменений в химическом составе растений и выносе основных элементов минерального питания при применении изучаемых приемов.

6. Изучить влияния обработок на способность эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 заселять ткани растений ярового ячменя.

7. Рассчитать экономическую эффективность различных технологий использования гуминовых удобрений, а также биопрепарата на основе эндофитной бактерии при возделывании ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан.

**Научная новизна.** Впервые в условиях Предкамья Республики Татарстан было установлено положительное влияние применения гуминовых удобрений Гумат +7 «Здоровый урожай» и Бигус экстра, а также биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 на формирование урожая и качество зерна ярового ячменя, причем при использовании сочетания обработки семян и последующего применения препаратов в период вегетации положительный эффект усиливался.

Синергетический эффект от использования баковых смесей гуминовых удобрений и биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17, в зависимости от условий года, не проявлялся или проявлялся в слабой степени. При этом, применение таких смесей не снижало способность бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 к вертикальной передаче, т.е. накоплению в семенах нового урожая.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы в агротехнологиях возделывания ярового зернофуражного ячменя на серой лесной почве Предкамья Республики Татарстан, обеспечивая дополнительный сбор урожая и обеспечивая высокую экономическую эффективность. Использование гуминовых удобрений и биопрепарата на основе эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* PS-17 способствует улучшению фитосанитарного состояния полей, что снижает пестицидную нагрузку на агроценозы.

**Достоверность экспериментальных данных** и корректность их обобщений подтверждается большим объемом проведенных наблюдений и измерений, осуществляемых с учетом общепринятых методик, ГОСТ, стандартов и регламентов в течении трех вегетационных периодов с 2022 по 2024 гг., а также использованием методов математической обработки полученного в ходе проведения исследований цифрового материала.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– положительное влияние гуминовых удобрений Гумат +7 «Здоровый урожай», Бигус экстра, а также биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 при разных способах обработки и их сочетании на рост и развитие растений, формирование листового фотосинтетического потенциала, а также устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам.

– снижение поражения растений ярового ячменя корневыми гнилями и листовыми микозами при применении изучаемых препаратов как в чистом виде, так и в смеси, при наибольшей эффективности вариантов с *Bacillus mojavensis* PS-17;

- рост урожайности и улучшение качественных характеристик зерна ярового ячменя при применении сочетания различных способов обработок и изучаемых препаратов;

- отсутствие значимого синергетического эффекта при применении баковых смесей гуминовых удобрений с биопрепаратом на основе *Bacillus mojavenis* PS-17;

- повышение эффективности производства зернофуражного ячменя при использовании гуминовых удобрений и биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavenis* PS-17.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены и одобрены на международных и всероссийских научно-практических конференциях: «День Аграрной науки» (Лаишевский район, село Нармонка 2022, 2023, 2024), II Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Института агробиотехнологий и землепользования (Казань, 2024), Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры растениеводства и плодовоовощеводства д.с-х.н., профессора А.А. Зиганшина (Казань, 2023), Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича (Казань, 2023), 81-ой студенческой (региональной) научной конференции (Казань, 2023), Первой международной научно-практической конференции «Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии» (Казань, 2023), II Международной научно-практической конференции посвященной памяти профессора Бориса Ивановича Горизонтова (Казань, 2023), Первой международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений с использованием геномных технологий» (Казань, 2022), Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского государственного аграрного университета (Казань, 2022).

**Внедрение результатов исследований.** Результаты исследований внедрены на полях ООО «Агрофирма «Кырлай» Арского района Республики Татарстан.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 10 статей, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации.

**Личный вклад автора.** Работа выполнена согласно тематике научно-исследовательских работ, проводимых в Институте агробиотехнологий и землепользования ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Исследования проводились в основном автором лично. Общий личный вклад соискателя в объеме диссертационной работы составляет не менее 80%. Доля личного участия в опубликованных научных трудах в целом не менее 80%, в том числе в статьях из перечня ВАК - 75%.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 159 страницах компьютерного текста, состоит из 3 глав, выводов,

рекомендаций производству: содержит 28 таблиц, 23 приложения, 8 рисунков. Список использованной литературы включает 232 источников.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

На основе анализа имеющегося в современной научной литературе материала, рассмотрены вопросы народнохозяйственного значения и агробиологических особенностей ярового ячменя; представлены сведения о свойствах и особенностях влияния на растения гуминовых веществ, а также эндофитных бактерий. Представлены результаты отечественных и зарубежных исследований по оценке эффективности применения различных гуминовых удобрений, а также биопрепаратов на основе эндофитных бактерий на различных зерновых культурах, в том числе и на яровом ячмене.

### 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Полевые опыты по теме работы закладывались в период 2022-2024 гг. на опытных полях кафедры «Общего земледелия, защиты растений и селекции» Казанского ГАУ, расположенных на территории Нармонского сельского поселения Лаишевского района РТ.

Объектом исследований был – яровой двурядный ячмень сорта Раушан (репродукция семян ЭС).

В опытах использовались следующие препараты: 1. Гумат +7 «Здоровый урожай» производимый на основе низкозольного угля с добавлением микроэлементов; 2. Бигус экстра, гуминовый препарат на основе озерных пеллоидов или же сапропеля; 3. Биопрепарат на основе живых эндофитных бактерий штамма *Bacillus mojavenensis* PS17.

Препараты применялись в рекомендованных производителями нормах расхода как для обработки семян, так и при опрыскивании в период вегетации.

**Схема опыта:** 1. контроль – без обработки; 2. Гумат +7 «Здоровый урожай», 1 л/т (обработка семян); 3. Бигус экстра, 1 л/т (обработка семян); 4. *Bacillus mojavenensis* PS 17, 1 л/т (обработка семян); 5. Гумат +7 «Здоровый урожай» (1,0 л/т) + *Bacillus mojavenensis* PS 17 (1 л/т) (обработка семян); 6. Бигус экстра (1 л/т) + биопрепаратом *Bacillus mojavenensis* PS 17 (1 л/т) (обработка семян); 7 Гумат +7 «Здоровый урожай», 1 л/га (опрыскивание растений); 8. Бигус экстра, 1 л/га (опрыскивание растений); 9. *Bacillus mojavenensis* PS 17, 1 л/га (опрыскивание растений); 10. Гумат +7 «Здоровый урожай» (1 л/га) + *Bacillus mojavenensis* PS 17 (1 л/га) (опрыскивание растений); 11. Бигус экстра (1 л/га) + *Bacillus mojavenensis* PS 17 (1 л/га) (опрыскивание растений); 12. Гумат +7 «Здоровый урожай» (1 л/т) (обработка семян) и Гумат +7 «Здоровый урожай» (1 л/га) (опрыскивание растений); 13. Бигус экстра (1 л/т) (обработка семян) и Бигус экстра (1 л/га) (опрыскивание растений); 14. Гумат +7 «Здоровый урожай» (1 л/т) + *Bacillus mojavenensis* PS 17 (1 л/га) (обработка семян) и Гумат

+7 «Здоровый урожай» (1 л/га) + *Bacillus mojavensis* PS 17 (1 л/га) (опрыскивание растений); 15. Бигус экстра (1 л/га) + *Bacillus mojavensis* PS 17 (1 л/га) (обработка семян) и Бигус экстра (1 л/га) + *Bacillus mojavensis* PS 17 (1 л/га) (опрыскивание растений); 16. *Bacillus mojavensis* PS 17 (1 л/т) (обработка семян) и *Bacillus mojavensis* PS 17 (1 л/га) (опрыскивание растений).

Общая площадь опытной делянки – 26 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 20 м<sup>2</sup>. Повторность в опыте – трехкратная. Предшественник – чистый пар. Норма высева – 5,5 млн. шт./га всхожих семян. Для обработки семенного материала норма расхода рабочей жидкости составляла 10 л/т, для опрыскивания растений 200 л/га. Опрыскивание посевов проводилась дважды – в фазу выхода в трубку и в фазу колошения.

Почва опытного участка – серая лесная. По гранулометрическому составу – среднесуглинистая. Содержание гумуса – 3,2-3,9%, обменного калия – 159-161 мг/кг, подвижного фосфора – 275-281 мг/кг, рН<sub>сол</sub> – 6,2-6,5. Под предпосевную обработку вносилась нитроаммофоска (16 : 16 : 16) в дозе 150 кг/га.

Агротехнология возделывания ярового двурядного ячменя – на основе зональных рекомендаций по возделыванию культуры для Предкамской зоны Республики Татарстан.

В 2022-2023 годах погодные условия вегетации ярового ячменя отличались периодически засушливыми явлениями (ГТК за вегетацию 0,33-0,66), тогда как в 2024 году, они были благоприятными для роста и развития культуры (ГТК за вегетацию 0,94).

**На заложенных опытах проводились следующие наблюдения, учеты и анализы.** Основные наблюдения в период вегетации растений проводились по методикам государственного испытания (1985). Диагностику, определение процента развития и распространенности заболеваний ярового ячменя осуществлялось по общепринятым в фитопатологии методикам. Определение изменения площади листовой поверхности осуществлялось методом промеров, а чистую продуктивность фотосинтеза по формуле Кидда, Веста и Бригса. Учет урожая проводился путем поделяночной уборки, с последующим пересчетом на 14%-ную влажность ГОСТ 13586.5 и 100%-ную чистоту ГОСТ 13586.2. Анализ содержания в растениях азота проводилось по ГОСТ 13496.4, фосфора по ГОСТ 26657, калия по ГОСТ 30504. Массовую долю белка определяли по ГОСТ 10846-91. Определение содержания пролина в листьях по ГОСТ Р 51124-97, а хлорофилла по ГОСТ 17.1.4.02-90. Статистическая обработка полученных данных проводилась по общепринятым методикам (Доспехов, 1985). Расчет экономической эффективности - по методике СибНИИСХ по технологическим картам на производство ярового ячменя на зернофуражные цели.

### 3. ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНОЙ БАКТЕРИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

**Влияние гуминовых удобрений и эндофитных бактерий на развитие проростков ярового ячменя.**

Для определения влияния на проростки ярового ячменя препаратов Гумат +7 «Здоровый урожай», Бигус экстра и *Bacillus mojavenensis* PS17 были проведены лабораторные исследования. Семена ярового ячменя были обработаны гуминовыми препаратами (концентрация рабочего состава 5%, разведение 1 : 20), а при использовании биопрепарата эндофитных бактерий применялось разведение 1 : 10 (10% концентрация рабочего раствора). В дальнейшем семена проращивались методом рулонов в термостате при температуре 22 °С на протяжении 7 суток, после чего была произведена оценка биометрических показателей и зараженности проростков фитопатогенными микроорганизмами. Результаты показали, что обработка семян гуминовыми препаратами и эндофитными бактериями не оказывает существенного влияние на длину coleoptily, но способствует увеличению длины корней. Помимо анализа биометрических показателей ростков, оценивалась зараженность семян фитопатогенами (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние обработки гуминовыми препаратами и биопрепаратом на основе эндофитной бактерии на зараженность семян ярового ячменя, %, 2022-2024 гг.

| Варианты                                                  | Вид семенной инфекции |                   |              |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|
|                                                           | фузариоз              | гельминто-спориоз | альтернариоз |
| Контроль                                                  | 12                    | 18                | 16           |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                                | 10                    | 16                | 14           |
| Бигус экстра                                              | 10                    | 14                | 14           |
| <i>B. mojavenensis</i> PS 17                              | 6                     | 10                | 10           |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavenensis</i> PS 17 | 8                     | 14                | 14           |
| Бигус экстра + <i>B. mojavenensis</i> PS 17               | 8                     | 14                | 12           |

Примечание: \* – показатели в опытном варианте достоверно (при  $P=0,05$ ) не отличаются от значений в контроле по критерию t.

Обработка семян биопрепаратом на основе *B. mojavenensis* PS 17 обеспечила наибольшее снижение зараженности семян фитопатогенами (снижение на 6-8% от значений в контроле). Использование препаратов Гумат +7 «Здоровый урожай» и Бигус экстра также позволили несколько снизить зараженность семенного материала. В смеси с гуминовыми удобрениями положительный эффект от *B. mojavenensis* PS 17 был слабее, чем при применении биопрепарата в чистом виде, что свидетельствует об отсутствии синергизма компонентов в баковой смеси.

### **Особенности роста и развития растений ярового ячменя.**

Предпосевная обработка семенного материала отдельно гуминовыми удобрениями или биопрепаратом на основе эндофитной бактерией *B. mojavensis* PS 17 позволила повысить полевую всхожесть до 95,5%. Применение баковых смесей на основе штамма бактерий *B. mojavensis* PS 17 и гуминового препарата на основе сапропеля (Бигус экстра), оказывало наименьший положительный эффект на полевую всхожесть.

Двукратная обработка вегетирующих растений изучаемыми препаратами позволила повысить количество сохранившихся растений к уборке. Так, если в контрольном варианте сохранность растений к уборке составила 85%, то при опрыскивании – 87,3-87,9%. При совместном применении обработки посевного материала и опрыскивания гуминовых удобрений и эндофитных бактерий, сохранность растений к уборке еще больше возрасла (прибавка к контролю на 3,1-4,2%).

Сравнительная оценка изменения воздушно-сухой биомассы надземных и подземных органов ярового ячменя, показала, что на формирование биомассы надземных частей растений, наиболее выраженный стимулирующий эффект, оказывает препарат Гумат +7 «Здоровый урожай» при сочетании обработки семян и опрыскиваний в период вегетации (прибавка к контролю сухой биомассы на 0,47 т/га или на 5,7%). Использование для обработки растений баковых смесей совместно с эндофитными бактериями, также оказывает стимулирующий эффект на нарастание воздушно-сухой массы растений, но при этом эффективность обработок ниже, чем при использовании только гуминовых удобрений.

### **Показатели фотосинтетической деятельности растений.**

Использование для обработки семян и опрыскивания посевов, а также при сочетании обработок, обоих гуминовых удобрений, привело к росту площади листовой поверхности ярового ячменя, причем значительных отличий между ними по такому положительному влиянию не отмечалось. Применение биопрепарата на основе *B. mojavensis* PS 17, в первой половине вегетационного периода ярового ячменя, оказало меньшее положительное влияние на увеличение площади листового аппарата, чем обработки гуминовыми препаратами. Однако, после фазы колошения, наибольшая площадь листьев отмечалась при применении биопрепарата на основе эндофитных бактерий, что связано с их положительным эффектом в подавлении развития листовых микозов культуры.

Во всех опытных вариантах отмечалось увеличение содержания в листьях ярового ячменя хлорофилла и каротиноидов. Препарат Гумат +7 «Здоровый урожай», при некорневом внесении совместно с предварительной обработкой семенного материала, обеспечил максимальное содержание хлорофилла *a* в листьях ярового ячменя. Использование только биопрепарата на основе эндофитных бактерий *B. mojavensis* PS 17 оказывает несколько меньший эффект в увеличении содержания хлорофилла *a*, но оказывает наибольшее положительное влияние на накопление в листьях хлорофилла *b* и каротиноидов.

В целом, отмечалось увеличение содержания пигментов в листьях ярового ячменя при совместном использовании (обработка семян + обработки в период вегетации) изучаемых препаратов.

### Оценка содержания пролина в листьях ярового ячменя.

Аминокислота пролин проявляет способности удерживать воду, препятствует процессам разрушения белка, оказывая антиоксидантное и мембранопротекторное воздействие на растения (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика изменения содержания пролина в листьях ярового ячменя сорта Раушан в зависимости от обработки гуминовыми препаратами и эндофитными бактериями, мг/г сырого веса листьев, 2022-2024 гг.

| Варианты                                                | Фаза развития |         |                |           |
|---------------------------------------------------------|---------------|---------|----------------|-----------|
|                                                         | всходы        | кущение | выход в трубку | колошение |
| Контроль                                                | 22,30         | 28,91   | 40,64          | 59,37     |
| Обработка семян                                         |               |         |                |           |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                              | 25,54         | 37,16   | 44,33          | 64,01     |
| Бигус экстра                                            | 25,29         | 34,21   | 42,99*         | 63,02*    |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | 26,93         | 40,11   | 45,40          | 65,54     |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 25,96         | 37,45   | 44,12          | 62,71*    |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | 24,95         | 36,43   | 43,92          | 63,24*    |
| Обработка растений (опрыскивание)                       |               |         |                |           |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                              | 22,12*        | 36,27   | 48,38          | 69,61     |
| Бигус экстра                                            | 22,39*        | 36,01   | 48,00          | 68,71     |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | 21,82*        | 40,72   | 50,23          | 73,18     |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 22,47*        | 40,06   | 49,78          | 70,43     |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | 23,47*        | 39,97   | 49,95          | 70,37     |
| Обработка семян + обработка посевов (опрыскивание)      |               |         |                |           |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                              | 27,21         | 43,75   | 51,41          | 76,18     |
| Бигус экстра                                            | 26,59         | 42,83   | 50,43          | 74,76     |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | 28,20         | 45,58   | 55,26          | 81,83     |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 28,25         | 41,02   | 53,19          | 78,79     |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | 26,26         | 39,36   | 52,80          | 77,35     |

Примечание: \* – показатели в опытном варианте достоверно (при  $P=0,05$ ) не отличаются от значений в контроле по критерию t.

Вне зависимости от способа обработки, наибольшие показатели по накоплению в листьях пролина среди всех вариантов опыта, отмечались при использовании биопрепарата на основе эндофитных бактерий штамма *B. mojavensis* PS 17. Обработка семян с последующими опрыскиваниями биопрепаратом на основе *B. mojavensis* PS 17 в фазу колошения ярового ячменя обеспечили максимальное – 81,83 мг/г сырого веса, содержание пролина в листьях, что выше на 37,8% значений для контроля. Полученные результаты подтвердили способность эндофитной бактерии *B. mojavensis* PS 17 повышать устойчивость растений ярового ячменя к абиотическим стрессам.

### Развитие и распространенность болезней ярового ячменя

Корневые гнили ярового ячменя являются одними из наиболее вредоносных и распространенных болезней ярового ячменя. Биопрепарат на основе эндофитной бактерии *B. mojavensis* PS 17 оказал наибольшее влияние на снижение развития корневых гнилей, причем как при обработке семенного материала, так и при опрыскивании растений. При сочетании обработки семян с последующим опрыскиванием биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *B. mojavensis* PS 17, распространенность корневых гнилей к контролю снизилось в 1,14 раза. За все годы исследований, при проведении фитопатологической экспертизы пораженных корневыми гнилями корней ячменя, в вариантах с применением биопрепарата на основе эндофитной бактерии *B. mojavensis* PS 17 не было обнаружено грибов рода *Bipolaris* spp.

К числу наиболее распространенных листовых микозов ярового ячменя на территории Республики Татарстан относятся - темно-бурая пятнистость (*Cochliobolus sativus* (Ito & Kuribayashi) Drechs. ex Dastur) и сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres* Drechs.). Результаты расчета биологической эффективности контроля данных заболеваний (в среднем за годы исследований) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Биологическая эффективность контроля листовых микозов ярового ячменя, %, 2022-2024 гг.

| Вариант                                                 | Способ обработки |                    |                                      |
|---------------------------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------|
|                                                         | обработка семян  | обработка растений | обработка семян + обработка растений |
| Темно-бурая пятнистость                                 |                  |                    |                                      |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                              | 10,0             | 15,5               | 17,5                                 |
| Бигус экстра                                            | 9,5              | 11,5               | 16,0                                 |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | 13,0             | 12,0               | 21,6                                 |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 12,0             | 14,0               | 18,0                                 |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | 10,5             | 10,5               | 18,6                                 |
| Сетчатая пятнистость                                    |                  |                    |                                      |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                              | 16,4             | 19,1               | 23,5                                 |
| Бигус экстра                                            | 14,7             | 20,8               | 22,4                                 |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | 25,7             | 27,9               | 35,1                                 |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 19,7             | 21,9               | 25,7                                 |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | 20,2             | 22,4               | 27,4                                 |

Максимальные показатели биологической эффективности в отношении обоих листовых микозов были при применении биопрепарата на основе *B. mojavensis* PS 17 при сочетании обработки семян и двукратного опрыскивания растений.

### Урожайность и структура урожая.

В таблице 4 представлены данные по урожайности ярового ячменя.

Таблица 4 – Урожайность ярового ячменя сорта Раушан в зависимости от обработки гуминовыми препаратами и эндофитными бактериями, т/га, 2022-2024 гг.

| Вариант                                                | 2022 г | 2023 г | 2024 г | В среднем за 3 года | Прибавка к контролю, т/га | V*, % |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------------|-------|
| Контроль                                               | 5,42   | 4,72   | 5,22   | 5,12                | -                         | 5,75  |
| Обработка семян                                        |        |        |        |                     |                           |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 6,28   | 4,98   | 5,28   | 5,51                | +0,39                     | 10,08 |
| Бигус экстра                                           | 6,05   | 5,81   | 5,24   | 5,70                | +0,58                     | 5,96  |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 5,94   | 5,15   | 5,27   | 5,45                | +0,33                     | 6,37  |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 6,06   | 5,14   | 5,26   | 5,49                | +0,37                     | 7,44  |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 6,15   | 5,17   | 5,27   | 5,53                | +0,41                     | 7,96  |
| Обработка растений (опрыскивание)                      |        |        |        |                     |                           |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 6,53   | 5,97   | 5,35   | 5,95                | +0,83                     | 8,10  |
| Бигус экстра                                           | 6,51   | 5,13   | 5,33   | 5,66                | +0,54                     | 10,76 |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 6,40   | 5,52   | 5,32   | 5,75                | +0,63                     | 8,16  |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 6,39   | 5,52   | 5,31   | 5,74                | +0,62                     | 8,15  |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 6,37   | 5,57   | 5,34   | 5,76                | +0,64                     | 7,66  |
| Обработка семян + обработка посевов (опрыскивание)     |        |        |        |                     |                           |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 6,69   | 6,27   | 5,67   | 6,21                | +1,09                     | 8,3   |
| Бигус экстра                                           | 6,81   | 5,71   | 5,82   | 6,11                | +0,99                     | 9,9   |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 6,60   | 5,77   | 5,60   | 5,99                | +0,87                     | 8,9   |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 6,47   | 5,72   | 5,55   | 5,91                | +0,79                     | 8,3   |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 6,49   | 5,75   | 5,56   | 5,93                | +0,81                     | 8,3   |
| НСР <sub>05</sub>                                      | 0,25   | 0,26   | 0,19   |                     |                           |       |

Примечание: \* V- коэффициент вариации величины урожая, %.

Максимальный рост урожайности наблюдался при совместном использовании обработки посевного материала гуминовыми удобрениями или биопрепаратом на основе эндофитной бактерии с дальнейшим их применением в период вегетации ярового ячменя. Особенно заметным, преимущество применения комбинированной схемы обработки (обработка семян + опрыскивание в период вегетации) было в условиях 2024 года. Наибольшая прибавка урожая (1,09 т/га), в среднем за годы исследований, была получена при использовании комбинированной схемы в варианте с Гумата +7 «Здоровый урожай», однако такой высокий показатель был связан с показателями урожайности при использовании данного препарата в засушливом 2023 году. Использование только удобрения Бигус экстра и биопрепарата на основе *B. mojavensis* PS 17 оказало несколько меньшее положительное влияние на рост урожайности ярового ячменя. В первом случае рост урожайности составил 0,99 т/га, а во втором – 0,87 т/га.

Рост урожайности ярового ячменя в опытных вариантах был обусловлен, в первую очередь увеличением густоты продуктивного стеблестоя и количества зерен, формирующихся в колосе.

При анализе эффективности применения баковых смесей гуминовых удобрений с биопрепаратом на основе *B. mojavensis* PS 17 было установлено, что величина коэффициента синергизма была ниже 1, что свидетельствует об отсутствии данного эффекта.

Одним из показателей, характеризующих устойчивость зерновых к стрессам выступает коэффициент реализации колоса (КРК). В результате было установлено, что использование комбинированной схемы обработок (обработка семян + обработка растений) ведет к росту данного показателя.

Для оценки роли различных факторов формировании урожая ярового ячменя был использован корреляционно-регрессионный анализ. Анализ полученных результатов показал, что среди показателей, характеризующих фотосинтетическую деятельность растений, наибольшие значения коэффициенты корреляции были для площади листовой поверхности ( $r=0,906$ ). При оценке показателей, характеризующих устойчивость к стрессам, наибольшая положительная зависимость урожайности отмечалась для содержания в листьях пролина ( $r=0,842$ ). Для всех болезней отмечалась отрицательная корреляция показателя их развития в фазу колошения с урожайностью ярового ячменя, но наиболее сильное отрицательная зависимость была в отношении темно-бурой пятнистости. Среди всех изучаемых показателей структуры урожая и всех исследованных параметров, наибольшая положительная величина коэффициента корреляции была для значений числа продуктивных стеблей ( $r=0,968$ ).

**Содержание белка в зерне.** В большинстве случаев, применение изучаемых препаратов привело к некоторому снижению содержания белка в зерне (не более, чем на 0,6%). Однако, при определении показателя выхода белка с 1 га было установлено, что во всех вариантах опыта он был выше значений в контроле. Так в варианте опыта с применением препарата Гумат +7

«Здоровый урожай» выход белка с 1 гектара достиг 0,89 т, что на 0,14 т или на 12,6% выше, чем в контроле.

**Химический состав зерна, побочной продукции и вынос элементов минерального питания яровым ячменем.**

При анализе химического состава зерна, было установлено, что содержание в нем азота в вариантах с обработками было несколько ниже в сравнении с показателями в контроле. Наибольшее содержание фосфора в зерне отмечалось в вариантах опыта, где использовались гуминовые препараты для обработки по вегетации. Некорневое внесение гуминовых удобрений, особенно препарата Гумат +7 «Здоровый урожай» оказало положительное влияние на накопление в зерне калия. Изучаемые варианты обработок способствовали увеличению содержания азота и калия в соломе, но слабо повлияли на содержание фосфора.

Основываясь на данных по содержанию макроэлементов в зерне и в соломе были рассчитаны показатели их выноса с урожаем основной и побочной продукции ярового ячменя (табл. 5).

Таблица 5 – Вынос макроэлементов урожаем ярового ячменя сорта Раушан в зависимости от обработки гуминовыми препаратами и эндофитными бактериями, кг/т, 2022-2024 гг.

| Вариант                                                | Азот | Фосфор | Калий |
|--------------------------------------------------------|------|--------|-------|
| Контроль                                               | 30,8 | 6,3    | 16,2  |
| Обработка семян                                        |      |        |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 31,3 | 6,5    | 16,3  |
| Бигус экстра                                           | 31,0 | 6,5    | 15,9  |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 31,8 | 6,7    | 15,9  |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 31,7 | 6,5    | 16,6  |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 32,1 | 6,4    | 16,5  |
| Обработка растений (опрыскивание)                      |      |        |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 32,6 | 7,0    | 17,8  |
| Бигус экстра                                           | 32,3 | 7,1    | 18,2  |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 31,9 | 6,6    | 16,8  |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 33,1 | 6,5    | 17,3  |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 33,1 | 6,5    | 17,4  |
| Обработка семян + обработка посевов (опрыскивание)     |      |        |       |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»                             | 32,6 | 6,8    | 17,3  |
| Бигус экстра                                           | 32,7 | 6,7    | 18,0  |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                             | 32,2 | 6,6    | 17,1  |
| Гумат +7 «Здоровый урожай»+ <i>B. mojavensis</i> PS 17 | 33,6 | 6,5    | 18,6  |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17              | 33,2 | 6,4    | 18,1  |

В агроклиматических условиях Республики Татарстан с 1-тонной урожай ярового ячменя из почвы выносятся около 25 кг азота, 11 кг фосфора и 22 кг калия (Система земледелия..., 2014). В контрольном варианте опыта вынос элементов составил азота 30,8 кг, фосфора 6,3 кг, калия 16,2 кг.

Во всех опытных вариантах, за счет роста урожайности и увеличения содержания в соломе азота отмечался рост выноса данного макроэлемента на единицу урожая. Максимальный вынос фосфора был в вариантах с применением гуминовых препаратов – Гумат +7 «Здоровый урожай» и Бигус экстра для некорневого внесения в период вегетации.

По калию, рост выноса в расчете на 1 т урожая особенно заметным был при использовании некорневых обработок и их сочетании с обработками семян.

### **Содержание эндофитных бактерий в семенах нового урожая**

В исследованиях изучались различные способы внесения бактерий штамма *Bacillus mojavensis* PS17, которые также относятся к эндофитным бактериям. В связи с этим были проведены исследования по определению содержания этих микроорганизмов в зерне ярового ячменя полученных с растений, обработанных *B. mojavensis* (табл. 6). Идентификация бактерий проводилась с использованием метода ПЦР.

Таблица 6 – Присутствие штамма *Bacillus mojavensis* PS17 в зерне ярового ячменя сорта Раушан в зависимости от обработки эндофитными бактериями, за 2022-2024 гг.

| Вариант                                                 | Наличие штамма <i>B. mojavensis</i> PS 17 в образце |      |      |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|
|                                                         | 2022                                                | 2023 | 2024 |
| Контроль                                                | -                                                   | -    | -    |
| Обработка семян                                         |                                                     |      |      |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | +                                                   | -    | +    |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | +                                                   | -    | +    |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | +                                                   | -    | -    |
| Обработка растений (опрыскивание)                       |                                                     |      |      |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | +                                                   | +    | +    |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | +                                                   | +    | +    |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | +                                                   | +    | +    |
| Обработка семян + обработка посевов (опрыскивание)      |                                                     |      |      |
| <i>B. mojavensis</i> PS 17                              | +                                                   | +    | +    |
| Гумат +7 «Здоровый урожай» + <i>B. mojavensis</i> PS 17 | +                                                   | +    | +    |
| Бигус экстра + <i>B. mojavensis</i> PS 17               | +                                                   | +    | +    |

Эндофитные бактерии штамма *Bacillus mojavensis* PS17 были обнаружены в большинстве вариантов опыта, что позволяет сделать выводы не только об их способности заселять ткани растений и мигрировать в колос, но и о сохранении

их эндофитной активности даже в присутствии гуминовых веществ в баковой смеси. Однако, при обработке только семенного материала бактерии *Bacillus mojavenensis* PS17 только в два года (2022 и 2024 гг.) из трех лет исследований были обнаружены в зернах нового урожая. В тоже время, при применении двукратной обработки посевов данным биопрепаратом, во все годы исследований, в зерне нового урожая были обнаружены изоляты *Bacillus mojavenensis* PS17.

### **Оценка экономической эффективности**

Полученные данные по оценке экономической эффективности возделывания ярового ячменя с применением эндофитных бактерий и гуминовых удобрений, показали, что внедрение в технологию возделывания изучаемых способов и вариантов обработки, приводит к увеличению производственных затрат, но за счет повышения урожайности, растет рентабельность производства ярового ячменя на зернофуражные цели.

Наибольший чистый доход с 1 гектара (29,8 тыс. руб./га) был получен в варианте опыта с предпосевной обработкой ярового ячменя с последующими двукратными подкормками посевов в период вегетации препаратом Гумат +7 «Здоровый урожай». В данном варианте опыта, была получена максимальная рентабельность – 102% и наименьшая себестоимость зерна – 4,70 тыс. руб./т.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Обработка семян ярового ячменя гуминовыми препаратами Бигус экстра и Гумат +7 «Здоровый урожай» оказала наибольший эффект на увеличение длины проростка (1,0 см), длину (1,3-1,4 см) и количество (0,7-0,8 шт./растение) корней. Использование биопрепарата на основе *Bacillus mojavenensis* PS17 снижает процент развития фитопатогенных микроорганизмов, находящихся на поверхности семени на 6-8%.

2. Обработка семян биопрепаратом и гуминовыми веществами отдельно друг от друга, повышала показатель полевой всхожести от 1,3% до 1,5%. К моменту уборки, наибольшая сохранность растений составила 89,2% от посеянных в варианте с предпосевной обработкой и двукратным некорневым внесением препарата Гумат +7 «Здоровый урожай». Этот же вариант обработки позволил получить наибольшую прибавку воздушно-сухой надземной биомассы 0,47 т/га или 5,7%.

3. Наибольший эффект на формирование фотосинтетического аппарата растений в опыте отмечалось при применении гуминовых биопрепаратов для обработки семенного материала с последующим двукратным некорневым внесением. При этом с увеличением площади листьев отмечается снижение чистой продуктивности фотосинтеза. Препарат Гумат +7 «Здоровый урожай» увеличил содержание в листьях хлорофилла а на 49%, а эндофитные бактерии штамма *Bacillus mojavenensis* PS17 стимулируют накопление в листьях хлорофилла b и каротиноидов.

4. Обработка ярового ячменя всеми изучаемыми препаратами способствовала повышению содержания пролина в листьях, что позволяет сделать выводы об их способности повышать устойчивость ячменя к стрессам, в том числе и к засухе. Установлена тесная положительная корреляция между содержанием пролина в листьях и урожайностью ярового ячменя. При использовании обработки семян и последующих опрыскиваний биопрепаратом на основе *B. mojavensis* PS 17 содержание пролина в фазу колошения в листьях достигает максимального значения в опыте 81,83 мг/г сырого веса, что выше контроля на 37,8%.

5. Применение биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS17 оказывало наибольшее влияние на снижение поражения ячменя возбудителями корневых гнилей, темно-бурой пятнистости и сетчатой пятнистости листьев при обработке семян и последующем некорневом внесении. Наибольший эффект на показатель контроля развития микозов в посевах ярового ячменя достигается при применении биопрепаратов для предпосевной обработки семенного материала с последующим двукратным внесением в фазы выхода в трубку и колошения.

6. Наибольший рост урожайности наблюдается при обработке посевного материала отдельно гуминовыми или биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 с использованием их для дальнейшего некорневого внесения. Наибольшая прибавка к урожаю в среднем за годы исследований (1,09 т/га) была в варианте с применением Гумата +7 «Здоровый урожай» при сочетании обработки семян и последующих обработок в период вегетации. Использование препаратов Бигус экстра, производимого на основе сапропелей, (0,99 т/га) и бактерии штамма *Bacillus mojavensis* PS-17 (0,87 т/га) обеспечило несколько меньшее формирование урожая ярового ячменя, чем при использовании Гумата+7 «Здоровый урожай». При этом в большинстве вариантов опыта в семенах нового урожая эндофитные бактерии штамма *Bacillus mojavensis* PS17 были обнаружены, что позволяет сделать выводы не только о их способности заселять ткани растений и мигрировать в колос, но и о сохранении их активности даже в присутствии гуминовых веществ.

7. В большинстве своем применение эндофитных бактерий и гуминовых биопрепаратов приводит к некоторому снижению процента содержания белка в зерне (не более, чем на 0,6%). Использование баковых смесей гуминовых веществ и эндофитных бактерий для некорневого внесения, как отдельно, так и с предварительной обработкой семенного материала, позволяет сохранить содержание белка в зерне на уровне контроля или незначительное его увеличение (прибавка до 0,3%). По показателю выхода белка в тоннах с 1 гектара, можно заметить, что все варианты опыта с применением эндофитных бактерий и гуминовых препаратов превосходят контроль, что достигается за счет большего выхода зерна с единицы площади.

8. Некорневое внесение гуминовых препаратов увеличивает содержание фосфора в зерне в среднем на 0,06%-0,08%, а калия на 0,11%. На содержание фосфора в соломе изучаемые варианты обработки растений существенного

влияния не оказывают. При этом наибольшее накопление азота и калия в побочной продукции ярового ячменя при обработке вегетирующих растений совместно с предпосевной обработкой семенного материала препаратами на основе гуминовых веществ.

9. Обработка растений биопрепаратом Гумат +7 «Здоровый урожай» по схеме: предпосевная обработка семенного материала с последующим опрыскиванием в фазу выхода в трубку и колошение оказалась наиболее экономически выгодной. Внедрение в агротехнологию ярового ячменя данного приема позволила снизить себестоимость продукции на 0,70 тыс. руб./т, а также повысить показатель рентабельности до 102%, тогда как рентабельность контрольного варианта составила 72,7%.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан для повышения урожайности и улучшения качества зерна ярового ячменя кормового назначения включить в агротехнологию ее возделывания следующие мероприятия:

1. Обработку семян (1 л/т) и двукратное опрыскивание в фазы выхода в трубку и колошение гуминовым удобрением на основе бурого угля Гумат +7 «Здоровый урожай» (с дозой 1 л/га и расходом рабочего раствора 200 л/га).

2. Для повышения устойчивости к болезням и абиотическим стрессам ярового ячменя использовать обработку семенного материала и последующую обработку в период вегетации биопрепаратом на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS 17.

3. Не рекомендуется использование баковых смесей гуминовых удобрений Гумат +7 «здоровый урожай» и Бигус экстра с биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS 17.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

#### Статьи в научных журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

1. **Медведев, Н. А.** Синергетический эффект комбинированного применения эндофитных бактерий и гуминовых биостимуляторов на продуктивность ярового ячменя / **Н. А. Медведев**, Р. И. Сафин, А. Р. Валиев // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. – 2025. – Т. 4, № 1(13). – С. 42-48.

2. **Медведев, Н. А.** Влияние применения различных гуминовых препаратов на формирование урожая и качество зернофуражного ячменя / **Н.А. Медведев**, Р. И. Сафин // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 2(10). – С. 18-23.

#### Статьи в прочих научных журналах и сборниках трудов

1. **Медведев, Н. А.** Особенности влияния совместного применения гуматов и биопрепаратов на формирование урожая ярового ячменя

/Н.А.Медведев, Р. И. Сафин // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича, Казань, 29 марта 2023 года. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 143-151.

2. **Медведев, Н. А.** Оценка влияния биопрепарата на основе штамма *Bacillus toyovensis* PS-17 на продуктивность и устойчивость к болезням ярового ячменя / **Н. А. Медведев, А. А. Будрина** // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Института агробиотехнологий и землепользования, Казань, 29 ноября 2024 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 148-157.

3. **Медведев, Н. А.** Оценка эффективности комплексного применения биопрепаратов и гуматных биостимуляторов на яровом ячмене / **Н. А. Медведев, Р. И. Сафин** // Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры растениеводства и плодовоовощеводства А.А. Зиганшина, Казань, 05-06 апреля 2023 года. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 171-179.

4. **Медведев, Н. А.** Влияние предпосевной обработки семян гуминовыми препаратами на продуктивность и качественные характеристики ярового ячменя /**Н. А. Медведев, Е. Л. Капралова** // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича, Казань, 28 марта 2024 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 211-218.

5. **Медведев, Н. А.** Разработка приемов повышения эффективности использования гуматных биостимуляторов на яровом ячмене / **Н. А. Медведев, Р. И. Сафин** // Воспроизводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Б.И. Горизонтова, Казань, 14-15 июня 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 227-235.

6. **Медведев, Н. А.** Оценка эффективности обработки посевов ярового ячменя препаратами на основе гуминовых веществ / **Н. А. Медведев, Ю. А. Фахритдинова, А. А. Чернова** // Агрономия, землеустройство, переработка

сельскохозяйственной продукции: Материалы 81-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 21 февраля 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 229-235.

7. **Медведев, Н. А.** Изучение влияния эндофитных бактерий на основе штамма *Bacillus mojavensis* PS-17 на фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя / **Н. А. Медведев**, Р. И. Сафин, А. А. Ханафиев // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Казань, 23–24 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 27-35.

8. **Медведев, Н. А.** Оценка влияния предпосевной обработки семян гуминовыми удобрениями и биопрепаратом на развитие растений ярового ячменя на этапе прорастания / **Н. А. Медведев**, Р. И. Сафин // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского государственного аграрного университета, Казань, 26–27 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 165-171.