

На правах рукописи

Стрелецкий Александр Михайлович

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАЗОТРОФНОЙ БАКТЕРИЗАЦИИ НА
ЯРОВОМ ЯЧМЕНЕ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск– 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Поползухина Нина Алексеевна

Официальные оппоненты: **Аниськов Николай Иванович,**

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя

Борадулина Вера Анатольевна,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», ведущий научный сотрудник с совмещением должности заведующей лабораторией селекции зернофуражных культур

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Защита состоится «16» сентября 2022 г. в 12³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.037.06 при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел./факс: +7(391)-227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» и на официальном сайте <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «25» июля 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Халипский
Анатолий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Глобальный экологический кризис конца 20 века поставил сельское хозяйство Российской Федерации и главную ее составляющую - плодородие на грань катастрофы. В среднем по РФ снизилось в 10 раз применение минеральных удобрений, а в некоторых регионах до 30, органических до 6 раз. Нехватка основных элементов питания в одном случае, а в другом и крайне низкая система земледелия, как на государственном уровне, так и в частных хозяйствах привели к падению урожайности (Платонов, Проскураков, Сыроежко и другие, 2005).

В связи с поиском путей увеличения производства растениеводческой продукции при одновременном снижении доз минеральных удобрений и улучшения экологической обстановки возрос интерес к препаратам, созданным на основе высокоэффективных штаммов ассоциативных микроорганизмов, применяемых для инокуляции семян зерновых культур.

В настоящее время одним из наиболее важных направлений считается разработка путей обеспечения небобовых растений доступным азотом за счет использования потенциала азотфиксирующих бактерий, что будет способствовать переходу к стратегии устойчивого развития сельского хозяйства (Шотт, 2000).

Разрабатываемые принципы биологизации земледелия и методы поддержания почвенного плодородия, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур нельзя противопоставлять классическим средствам химизации (минеральным удобрениям, пестицидам и т.д.), так как при их комплексном использовании действие биологических факторов усиливается (Биологизация земледелия, 2003). В этой связи изучение действия diaзотрофной бактериализации на микробиологическую активность почвы, адаптивные свойства возделываемых зерновых культур, формирование продуктивности и качества зерна является в настоящее время актуальным научным направлением.

Цель исследований - оценить действие ассоциативных diaзотрофов на микробиологическую активность почвы, рост, развитие, формирование продуктивности и качества зерна ярового ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследований:

1. Охарактеризовать почву перед посевом и после уборки урожая по запасам продуктивной влаги и основным элементам питания.
2. Оценить микробиологическую активность почвы в ризосфере различных сортов ярового ячменя при действии препаратов.

3. Установить действие биопрепаратов Ризоагрин и Азоризин и контрастных условий выращивания на посевные качества семян, полевую всхожесть и выживаемость растений различных сортов ярового ячменя.

4. Изучить продолжительность вегетационного и межфазных периодов ячменя в контрастных условиях выращивания при использовании предпосевной инокуляции семян биопрепаратами.

5. Оценить сорта ячменя по интегральным показателям фотосинтеза растений, устойчивости к полеганию и основным заболеваниям при действии биопрепаратов Ризоагрина и Азоризина.

6. Изучить действие препаратов и контрастных условий выращивания на урожайность, элементы структуры и качество зерна ярового ячменя.

7. Выявить отзывчивые на обработку биопрепаратами сорта ярового ячменя, характеризующиеся высокими продуктивностью, качеством зерна, адаптивные к условиям южной лесостепи Западной Сибири.

8. Оценить экономическую эффективность использования препаратов.

Научная новизна. Впервые в условиях южной лесостепи Западной Сибири выявлена эффективность применения биопрепаратов Ризоагрин и Азоризин для повышения микробиологической активности почвы в ризосфере растений ярового ячменя. Установлено влияние ассоциативных diaзотрофов на рост, развитие, фотосинтетическую активность, устойчивость к полеганию и болезням, урожайность, качество зерна и семян различных сортов ячменя в контрастных условиях выращивания. Выделены наиболее отзывчивые на инокуляцию биопрепаратами сорта, оценена экономическая эффективность использования биопрепаратов.

Теоретическая и практическая значимость работы и реализация результатов исследований. Полученные экспериментальные данные дополняют фундаментальные исследования о характере действия ассоциативной азотфиксации зерновых культур в частности ярового ячменя различных сортов в природно-климатических условиях лесостепной зоны Западной Сибири, в обогащении биологическим азотом почвы и агроценозов, и его влияния на формирование урожая с использованием зональной агротехники. Экспериментальным и производственным путем показана эффективность действия биологических препаратов Ризоагрин и Азоризин на микробиологическую активность черноземного ряда почв, процессы минерализации и иммобилизации, интегральные показатели фотосинтеза, урожайность, качество зерна и семян ярового ячменя. Выделены отзывчивые на инокуляцию сорта ярового ячменя, адаптивные к условиям южной лесостепи Западной Сибири – Омский 91 и Омский 95. Показана экономическая целесообразность применения препаратов.

Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Омский ГАУ при подготовке бакалавров по направлениям 35.03.03. – «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.04 – «Агрономия»; 35.03.05 – «Плодоводство и виноградарство», 05.03.06 – «Экология и природопользование», 20.03.01 – «Техносферная безопасность», магистрантов по направлению 35.04.04 – «Агрономия (направленность Устойчивое сельское хозяйство и развитие сельских территорий)», аспирантов по направлению 06.06.01 – «Биологические науки (направленность Экология)». По результатам производственного испытания на площади 400 га в ООО «Красноярское» Большереченского района и ООО «Звездино» Русско-Полянского района Омской области в 2017-2018 гг. предпосевная инокуляция семян сорта ячменя Омский 95 препаратами Ризоагрин и Азоризин позволила повысить урожайность зерна на 0,3-0,6 т/га, а также улучшить показатели его качества, что подтверждено актами внедрения.

Методология и методы исследования. Для планирования и проведения исследований источником информации служили монографии, научные статьи, периодические издания, электронные версии научных журналов, методики постановки опыта и другие материалы. В качестве эмпирических методов исследования использовались наблюдение, эксперимент, измерения. Теоретико-методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения опытов. Работа выполнена с использованием современного оборудования, экологических, биологических методов. В ходе исследования применены стандартные методы познания и статистического анализа, табличные и графические формы визуализации данных.

Личный вклад автора состоит в анализе отечественной и зарубежной литературы по теме исследований, в закладке опыта и проведении фенологических наблюдений, отборе почвенных и растительных образцов на химический анализ в лаборатории, статистической обработке полученных данных, в формировании основных выводов, подготовке научных публикаций и участии в конференциях различного уровня, написании и оформлении диссертации.

Степень достоверности результатов. Полученные экспериментальные данные, основанные на заложенных полевых опытах в течение нескольких лет с применением классических и современных методов исследований подтверждены статистическим анализом, актами внедрения в учебный процесс и производство, участием в конференциях различного уровня и публикациями в открытом доступе.

Научные исследования проведены в рамках выполнения зарегистрированной темы НИР: «Адаптивная селекция, семеноводство и биотехнологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Западно-Сибирского региона» (рег. № ААА – А17 – 117032210023-4 от 22.03.2017).

Защищаемые положения:

1. Выявление закономерностей действия биопрепаратов Ризоагрин и Азоризин на микробиологическую активность почвы, рост и развитие, урожайность и качество зерна и семян ячменя в контрастных условиях выращивания.

2. Выделение отзывчивых на инокуляцию Ризоагрином и Азоризином сортов ячменя и обоснование экономической эффективности использования биопрепаратов в южной лесостепи Западной Сибири.

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались на заседаниях кафедры экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ; на научно-технических советах селекционно-семеноводческого центра ФГБНУ «Омский АНЦ» и производственных совещаниях, проводимых по инициативе Министерства сельского хозяйства и продовольствия Омской области.

Результаты исследований доложены и обсуждены на конференциях различного уровня: Международной научно-практической конференции «Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика» (Омск, 14–15 декабря 2014 г.); Научно-практической конференции, посвященной 20-летию юбилею кафедры экологии, природопользования и биологии (Омск, 14 апреля 2016 г.); Национальной научно-практической конференции с международным участием, проводимой в рамках Сибирского экологического форума «Эко-ВООМ» (Омск, 13-15 октября 2016 г.); на: II и III этапах Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза РФ (диплом первой степени в номинации «Биологические науки» г. Омск-2013 г.; г. Краснодар – 2013 г.); семинаре компании «Агро Эксперт Групп» (Тюмень, 2018г.); международной конференции «Ключ к успеху», организованной «Агро Эксперт Групп» для аграриев Урала, Сибири и Дальнего Востока (Вьетнам, 2019г.); III научно-практическом семинаре «Региональные системы комплексного дистанционного зондирования агроландшафтов» (Красноярск, 2021г.).

Результаты исследований внедрены в ФГБОУ ВО Омский ГАУ, ООО «Красноярское», ООО «Звездино».

Публикации По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, общим объемом 3,5 печатных листа, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 146 страницах печатного текста с 15 приложениями, иллюстрирована 50 таблицами и 11 рисунками; состоит из введения, 6 глав, выводов, рекомендаций производству.

Библиографический список включает 167 наименований, в том числе 16 зарубежных публикаций.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору с.-х. наук, профессору Н.А. Поползухиной и коллективам кафедры Экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина; отделов семеноводства и земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ». Особую признательность автор выражает кандидатам с.-х. наук Поползухину П. В., Гайдару А. А., Хамовой О.Ф., Падериной Е.В., докторам с.-х. наук Ю.В. Колмакову и Н.А. Воронковой за помощь в проведении экспериментальных исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

ГЛАВА 1 ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ АССОЦИАТИВНОЙ АЗОТФИКСАЦИИ НА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В главе представлены результаты исследований отечественных и зарубежных авторов о влиянии нерационального применения азотных удобрений на качество и безопасность растениеводческой продукции. Показаны возможности снижения применения азотных удобрений за счет использования микробиологических препаратов на зерновых культурах. Отмечено влияние различных факторов на эффективность ассоциативной азотфиксации, а также на взаимодействие ассоциативных бактерий и растений.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты были заложены на территории современного ФГБНУ «Омский АНЦ» (бывший СибНИИСХоз) с учетом современных подходов при закладке полевого опыта и проведения лабораторных анализов.

Объектами исследований являлись сорта ярового ячменя различных направлений использования, а также почвенный покров опытного участка.

Для исследований были взяты сорта ярового ячменя зернофуражного и пивоваренного назначения селекции Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ныне ФГБНУ «Омский АНЦ»).

Сорта зернофуражного назначения:

Пленчатые:

Омский 95, стандарт (разновидность nutans)

Саша (medicum)

Голозерные:

Омский голозерный 1, стандарт (двурядный)

Омский голозерный 2(многорядный)

Сорта пивоваренного назначения:

Омский 90, стандарт (двурядный)

Омский 91 (двурядный).

Для инокуляции семян были использованы биопрепараты **Ризоагрин** и **Азоризин**. **Ризоагрин** – микробиологический препарат, эффективное экологически безопасное средство повышения урожайности и качества яровых и озимых зерновых культур. Ризоагрин представляет собой порошкообразный субстрат влажностью 60% с прилипателем. В одном грамме препарата содержится 2 - 4 млрд. бактерий, посторонняя микрофлора отсутствует. Основой ризоагрина является природный отселектированный штамм бактерий вида *Agrobacterium radiobacter*, заселяющих ризосферу (прикорневую зону) растений. **Азоризин** - микробиологический препарат, предназначенный для обработки семян. Препарат создан на основе штаммов, относящихся к роду *Azospirillum*, которые заселяют прикорневую зону растений (ризосферу) и поверхность корней, вытесняют болезнетворные бактерии, лишая их пространства и пищи. Выделяют для растений ростостимулирующие вещества и витамины. Дополнительно питают растения азотом (от 30 до 60 кг/га), калием и другими элементами питания.

Почва опытного участка лугово-черноземная с пахотным горизонтом А пах = 25 см, содержанием гумуса 6,4%, суммой поглощенных оснований 31 мг экв/100г, $pH_{\text{сол}}=6,7$ (по данным лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ»).

Гидротермические условия в годы исследований были очень контрастными как по тепло-, так и по влагообеспеченности. Вегетационный период 2014 года характеризовался значительным дефицитом осадков в мае – июне и обилием тепла в августе. Наиболее благоприятные условия по уровню среднемесячных температур и количеству выпавших осадков сложились в 2015 году. Гидротермический коэффициент за период май-август 2016 года составил 1,09, что свидетельствует о достаточном уровне влагообеспеченности.

Полевые опыты были заложены на полях отдела семеноводства. Площадь делянки 3м² при пятикратной повторности. Посев семян с нормой высева 5 млн всхожих зерен на гектар производился сеялкой ССФК-7.0 в оптимальные сроки (15.05-25.05). Инокуляция семенного материала биопрепаратами проводилась в день посева, из расчета 600 г на 1 га.

Схема опыта:

1. Омский 95, контроль
2. Омский 95, Ризоагрин
3. Омский 95, Азоризин
4. Саша, контроль
5. Саша, Ризоагрин
6. Саша, Азоризин

7. Омский голозерный 1, контроль
8. Омский голозерный 1, Ризоагрин
9. Омский голозерный 1, Азоризин
10. Омский голозерный 2, контроль
11. Омский голозерный 2, Ризоагрин
12. Омский голозерный 2, Азоризин
13. Омский 90, контроль
14. Омский 90, Ризоагрин
15. Омский 90, Азоризин
16. Омский 91, контроль
17. Омский 91, Ризоагрин
18. Омский 91, Азоризин

В каждую фазу развития ярового ячменя отбирались растительные пробы в количестве 15 растений для определения фотосинтетических показателей.

Отбор почвенных образцов для определения микробиологических показателей проводился в фазы кущения (1 срок отбора), колошения (2 срок отбора) и перед уборкой культуры (3 срок отбора), для определения запасов продуктивной влаги, основных элементов питания – перед посевом и после уборки.

Уборка полученного урожая проводилась при помощи комбайна марки «Hege-125 С-ЕТL». Определялись следующие показатели: вес зерна с каждой экспериментальной делянки, фактическая урожайность.

В период проведения исследований проводились следующие наблюдения, учеты, определения и расчёты: 1. Содержание нитратного азота в почве перед посевом и после уборки урожая определяли дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу, подвижных соединений фосфора и калия - по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (Практикум по агрохимии ..., 2001). 2. Запасы продуктивной влаги в почве перед посевом - весовым методом в слое 0 – 100 см послойно через 20 см. 3. Посевные качества семян определялись в соответствии с ГОСТами. 4. Фенологические наблюдения проводили в соответствии с Методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985). 5. Учет полевой всхожести и выживаемости растений проводили согласно методике полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса (1971). 6. Расчет площади листьев осуществляли согласно формуле В.В. Анисеева, Ф.Ф. Кутузова (1961). Фотосинтетический потенциал - по методике А. А. Ничипоровича (1966). 7. Изучение элементов структуры урожая проводили согласно Методике Государственной комиссии по сортоиспытанию с/х культур (1971). 8. Определение показателей качества зерна (крупность, натура, белок, крахмал и др.) проводилось в лаборато-

рии качества зерна СибНИИСХ (ныне ФГБНУ Омский АНЦ). 9. Для учета микроорганизмов использовали разные питательные среды: мясо-пептонный агар (МПА) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота; крахмало-аммиачный (КАА) для микроорганизмов, потребляющих минеральный азот; олигонитрофилы - на среде Мишустинской; водный выщелоченный агар с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты использовали для нитрификаторов, подкисленную среду Чапека – для грибов (Аристовская, 1962). По соотношению групп микроорганизмов рассчитывались коэффициенты минерализации – соотношение числа амилотических микроорганизмов к аммонифицирующим (КАА/МПА), иммобилизации – соотношение аммонификаторов к микроорганизмам, потребляющим минеральный азот (МПА/КАА) (Муха, 1980). Активность азотфиксации определялась по количеству общего азота в растениях классическим разностным методом (метод сравнения по выносу азота), проводился расчет коэффициента азотфиксации (Оценка действия, 2000). Содержание общего азота в вегетативной массе растений определяли по Кьельдалю; 10. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась дисперсионным и корреляционными методами по Б. А. Доспехову (1985 г.) на персональном компьютере в специализированных программах Statistica, Microsoft Excel.

ГЛАВА 3 МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В РИЗОСФЕРЕ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРЕПАРАТОВ

Определение количества азота, которое поступает в почву под различными сельскохозяйственными культурами за счет деятельности diazotrophic почвенных бактерий, является одной из главных задач экологии ассоциативной азотфиксации. Сведения об уровне ассоциативной азотфиксации в окультуренных почвах зоны умеренного климата немногочисленны и нередко противоречивы.

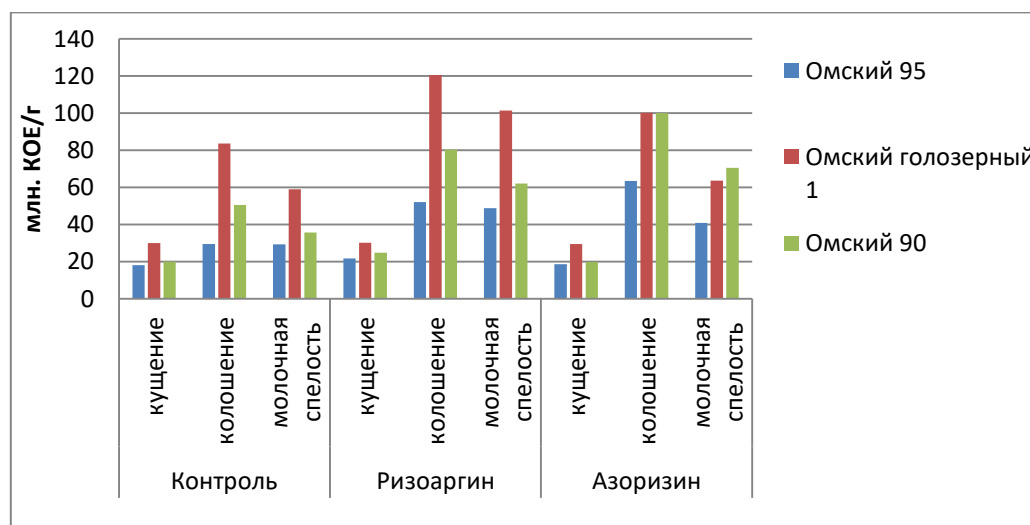


Рисунок 1 – Численность бактерий на МПА, млн КОЕ/г.

Проведенные исследования показали, что численность сапрофитных бактерий на МПА у всех исследуемых сортов было выше в фазу колошения (рисунок 1). Это объясняется тем, что в первой десятидневке июля прошли дожди (20 мм), которых было крайне мало в последней декаде июня (7 мм). С прибавкой к контролю выделились сорта: Омский голозерный 1 (Ризоаргин) – 37,0 млн КОЕ/г и Омский 90 (Азоризин) – 49,6 млн КОЕ/г.

По количеству амилолитических микроорганизмов на КАА наблюдалась следующая ситуация: у сорта Омский 95 наибольшая численность выявлена в третий срок отбора проб: после инокуляции Ризоаргином – 14,6 млн КОЕ/г в сравнении с контролем, после инокуляции Азоризином 18,8 млн КОЕ/г; у сорта Омский голозерный 1 наибольшая численность микроорганизмов была выше во второй срок отбора проб (контроль) – 60,6 млн КОЕ/г и 69,7 млн. КОЕ/г (Азоризин), после инокуляции Ризоаргином наибольшая численность выявлена в третий срок отбора проб; у сорта Омский 90 в контрольном варианте и в варианте с Ризоаргином, наибольшая численность выявлена в первый срок отбора проб – 35,6 и 70,5 млн КОЕ/г соответственно, а в варианте с Азоризином численность выше в третий срок отбора проб – 94,0 млн КОЕ/г (рисунок 2).

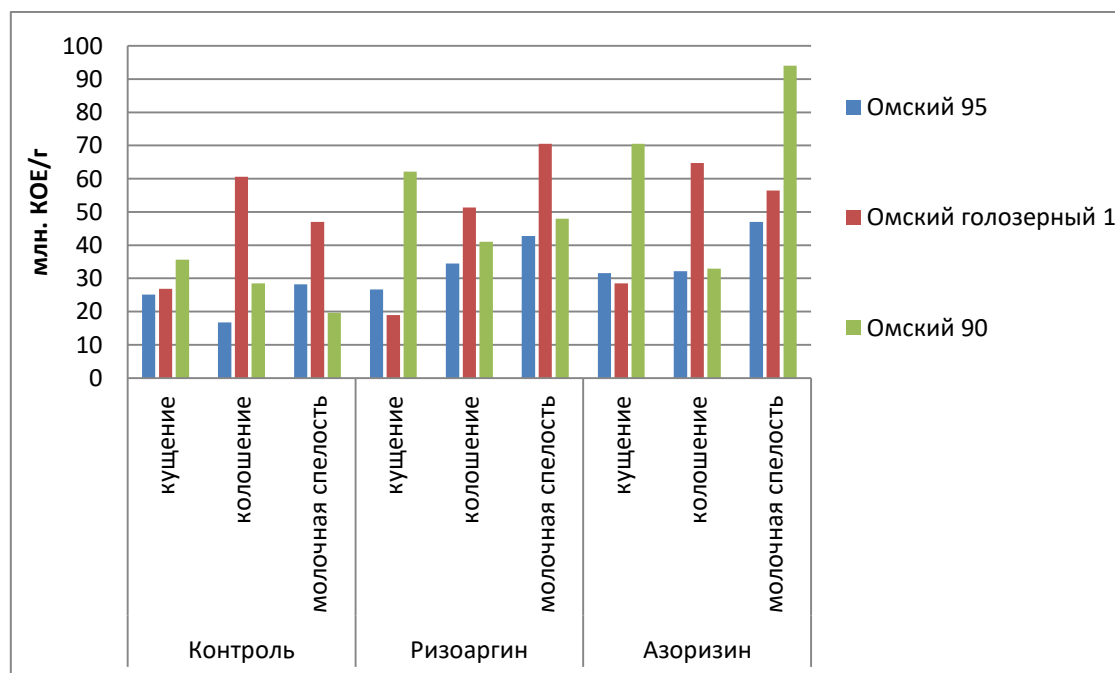


Рисунок 2 – Численность бактерий на КАА, млн КОЕ/г.

Исследования показали, что численность олигонитрофилов у сорта Омский 95 в первый и третий срок отбора проб была выше в контрольном варианте – 81,3 и 125,5 млн. КОЕ/г соответственно (рисунок 3). Но стоит отметить, что во второй срок отбора проб в ризосфере инокулированных сортов численность олигонитрофилов увеличилась в 2 – 2,5 раза в сравнении с контролем. Подобная ситуация наблюдалась и у сорта Омский голозерный 1. У ярового ячменя Омский 90 в контрольном варианте наибольшая численность была выявлена в третий срок от-

бора проб (197,1 млн. ЕКО/г), как и в варианте с Азоризиром (224,3 млн. ЕКО/г в сравнении с контролем). В варианте с Ризоаргином во второй срок отбора проб, выявлена численность олигофитрофилов в размере 81,1 млн. ЕКО/г в сравнении с контролем.

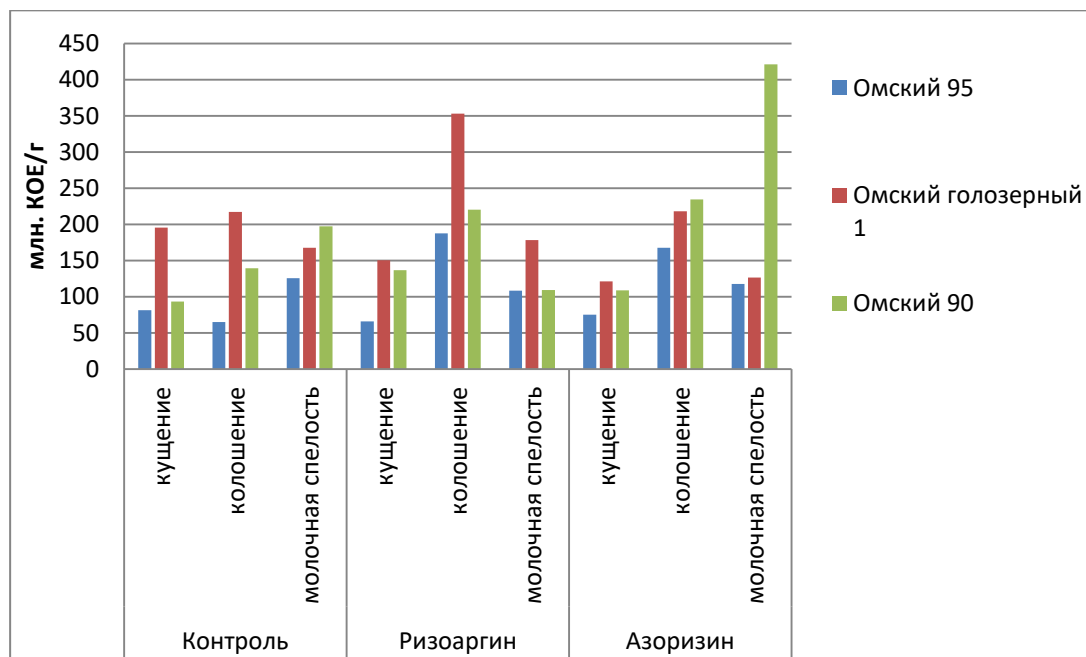


Рисунок 3 – Численность олигонитрофилов, млн КОЕ/г.

У сорта Омский 95 в первый срок отбора проб наибольшая численность нитрификаторов была выявлена в контрольном варианте 850 КОЕ/г, во второй срок – в варианте с Ризоаргином – 900 КОЕ/г с прибавкой к контролю, в третий срок – в варианте с Азоризином – 950 КОЕ/г с прибавкой к контролю. У сорта Омский голозерный 1 во всех вариантах наибольшая численность нитрификаторов получена в третий срок отбора проб, причем в варианте с Ризоаргином количество микроорганизмов было равным 5410 КОЕ/г с прибавкой к контролю (рисунок 4).

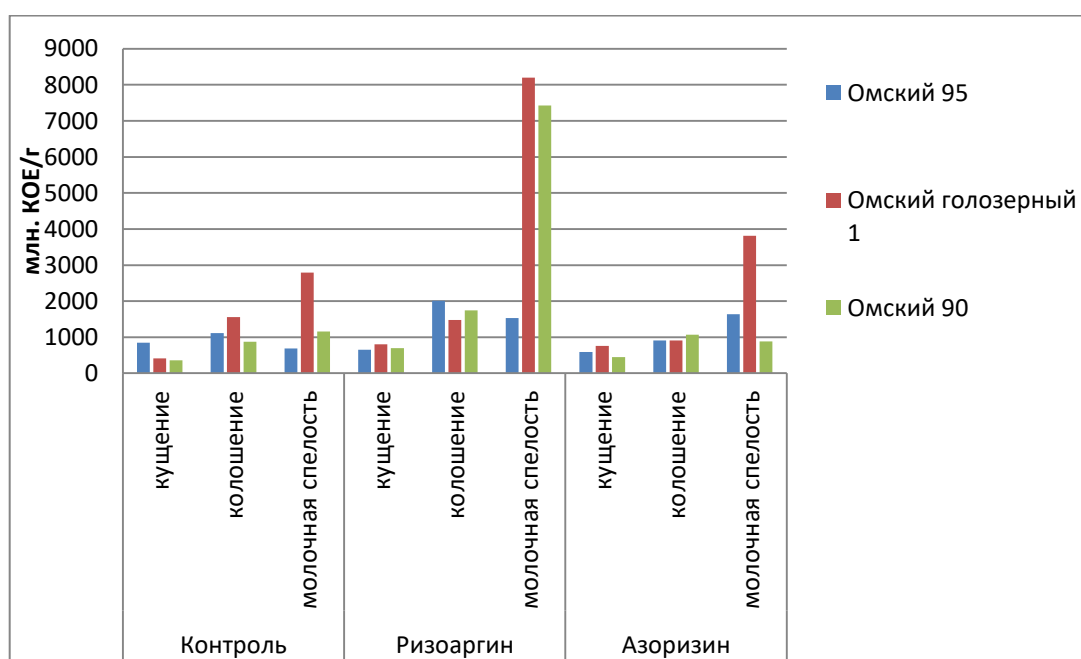


Рисунок 4 – Численность нитрификаторов, КОЕ/г.

Численность аммонификаторов на МПА в ризосфере инокулированного Ризоаргином сорта Омский голозерный 1 была выше контроля без инокуляции на 37%; микроорганизмов, потребляющих минеральный азот на КАА, – на 45%, олигонитрофилов – на 8%. Подобные значительные изменения произошли с численностью вышеперечисленных групп микроорганизмов и в ризосфере ячменя Омский 95 после инокуляции (рисунок 5).

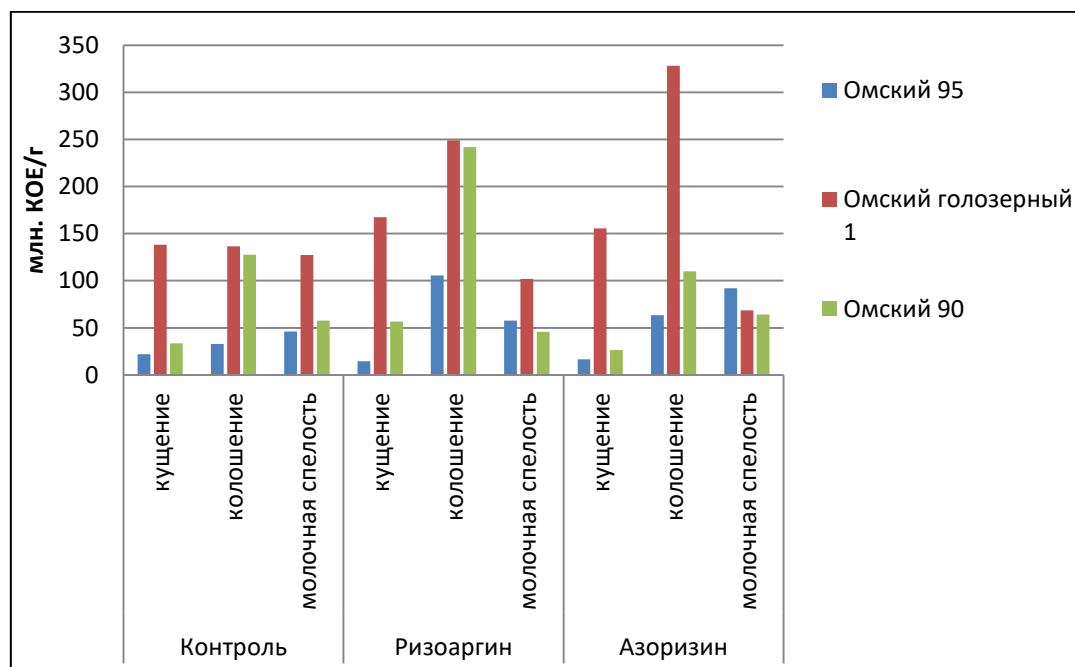


Рисунок 5 – Численность грибов, тыс. КОЕ/г.

Наблюдения показали, что наиболее высокая общая численность микроорганизмов в ризосфере ярового ячменя была во второй срок определения - в июле, в фазу колошения – начало цветения (рисунок 6). При этом у голозерного сорта Омский голозерный 1 отмечалось наиболее высокое общее количество микроорганизмов в ризосфере, на 47% больше, чем у пленчатого сорта Омский 95и на 21% больше пивоваренного сорта Омский 90.

В ризосфере инокулированных Ризоаргином сортов Омский 95 и Омский 90 общая численность микроорганизмов была значительно выше в сравнении с контролем без инокуляции, на 36 и 37% соответственно. Увеличение общей численности микробного населения связано со стимуляцией роста отдельных групп почвенных микроорганизмов.

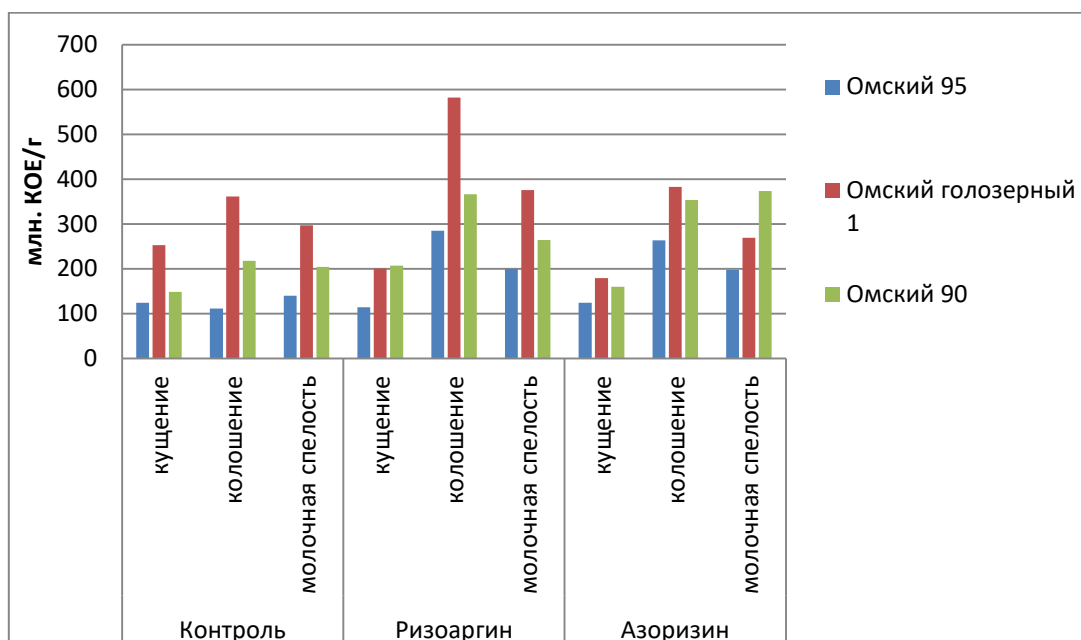


Рисунок 6 – Общее количество микроорганизмов, млн. КОЕ/г.

Дисперсионный анализ данных двухфакторного опыта (таблица 1) показал, что определяющее влияние на микробиологическую активность почвы оказал генотип - 62,67%, инокуляция Ризоаргином – 37,24%, различного рода взаимодействия факторов – 0,09 %. В вариантах опыта с Азоризином было установлено, что наибольшее влияние на микробиологическую активность почвы также оказал генотип - 59,09%, инокуляция Азоризином – 25,04%, различного рода взаимодействия факторов – 15,86 %.

Однако следует отметить, что влияние изучаемых признаков на численность отдельных групп микроорганизмов неравноценно. Так, инокуляция Ризоаргином являлась определяющим для микроорганизмов на КАА (52,23%) и нитрификаторов (72,52%). Генотип сорта оказал значительное влияние на численность бактерий на МПА (52,71%), олигонитрофилов (84,37%) и грибов (75,02%). Значительным было влияние взаимодействия факторов АВ (12,64%) для микроорганизмов на КАА.

Таблица 1- Доля влияния факторов на численность микроорганизмов при инокуляции Ризоаргином, % (в среднем за 2014-2016 гг.).

Фактор	Бактерии на МПА	Микроорганизмы на КАА	Олигонитрофилы	Нитрификаторы	Грибы	Общее количество микроорганизмов
Сорт (А)	52,71	35,12	84,37	18,16	75,02	62,67
Инокуляция Ризоаргин (В)	46,14	52,23	14,63	72,52	24,49	37,24
Взаимодействие факторов (АВ)	1,15	12,64	1,00	9,32	0,49	0,09

В варианте с использованием Азоризина выявлены следующие особенности. Инокуляция Азоризином являлась определяющим фактором для бактерий на МПА (48,85%) и микроорганизмов на КАА (61,25%). Генотип сорта оказал значительное влияние на нитрификаторов (93,06%), олигонитрофилов (50,73%) и грибы (86,41%). Значительным было влияние взаимодействия факторов АВ (30,29%) для олигонитрофилов (таблица 2).

Таблица 2 - Доля влияния факторов на численность микроорганизмов, %
(в среднем за 2014-2016 гг.).

Фактор	Бактерии на МПА	Микроорганизмы на КАА	Олигонитрофилы	Нитрификаторы	Грибы	Общее количество микроорганизмов
Сорт (А)	44,54	22,08	50,73	93,06	86,41	59,09
Инокуляция Азоризин (В)	48,85	61,25	18,97	5,49	8,36	25,04
Взаимодействие факторов (АВ)	6,61	16,67	30,29	1,45	5,23	15,86

Дисперсионный анализ данных трехфакторного опыта при изучении общей численности микроорганизмов представлен на рис. 7.



Рисунок 7 – Доля влияния отдельных факторов на общую численность микроорганизмов, в %
А – сорт, В - год, С- препараты, АВ – взаимодействие факторов «сорт x год», АС – взаимодействие факторов «сорт x препараты», ВС – взаимодействие факторов «год x препараты»

Как показали исследования, наибольший вклад в изменчивость общей численности микроорганизмов вносили генотип сорта – 69,63%, взаимодействие факторов «сорт x препараты» - 18,28%, а также используемые препараты – 10,83%. Доля влияния других факторов была незначительной – от 0,01 до 0,43%.

Содержание в почве питательных веществ и условия азотного питания растений определяют непрерывно идущие процессы минерализации-иммобилизации азота.

Для оценки активности этих процессов были рассчитаны коэффициенты минерализации и иммобилизации по соотношению групп микроорганизмов на МПА и КАА, отражающие доминирующее действие той или иной группы, а также представлен коэффициент трансформации органического вещества – Пм Величина Пм свидетельствует о балансе между разложением органических остатков и синтезом органического вещества почвы. Снижение Пм связано с угнетением развития аммонификаторов и процесса иммобилизации азота.

Исследования показали, что наиболее высокий коэффициент минерализации в ризосфере пленчатых сортов – Омский 90 и Омский 95, в среднем по фактору – 0,87 и 0,95 ед. В ризосфере голозерного ячменя коэффициент минерализации снизился до 0,76 ед. Соответственно, коэффициент иммобилизации (МПА/КАА) минерального азота и его перевода в азотсодержащие органические соединения (Пм) наиболее высокий в ризосфере голозерного ячменя – 1,36 и 121 ед. соответственно, в среднем по фактору. Самое низкое соотношение МПА/КАА и Пм у зернофуражного ячменя Омский 95. Применение биопрепаратов усиливало иммобилизационные процессы в ризосфере всех изучаемых сортов, но наиболее высоким коэффициент трансформации органического вещества был у голозерного ячменя - >100 ед.

ГЛАВА 4 РОСТ, РАЗВИТИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ АССОЦИАТИВНЫХ ДИАЗОТРОФОВ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

4.1 Полевая всхожесть семян и выживаемость растений

Полевая всхожесть семян и выживаемость растений в значительной мере обусловлены средой, хотя доля влияния генотипа на проявление этих признаков не вызывает сомнения (Шмакова, Поползухина, 2008). Эти показатели характеризуют адаптивность культуры и в значительной степени определяют ее продуктивность.

В наших исследованиях запасы продуктивной влаги в почве в годы исследований были удовлетворительными. Обеспеченность верхнего 40-сантиметрового слоя почвы нитратным азотом весной перед посевом, в соответствии с градацией А.Е. Кочергина, в годы исследования была низкой. Обеспеченность подвижным фосфором была очень высокой, а обменным калием очень высокая (по Чирикову).

Полевая всхожесть семян зависит от запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы и от основных элементов питания: нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия. Как показали расчеты, зависимость показателя от запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы была сильной ($r = 0,99$), от основных элементов питания: нитратного азота ($r = 0,99$) и подвижного фосфора ($r = 0,97$) – также сильной, и от обменного калия- средней ($r = 0,61$).

Как показали исследования, действие препаратов, прежде всего Азоризина оказало положительное действие на этот показатель в условиях 2014г. В 2015 и 2016 гг. инокуляция способствовала снижению (2015 г.) полевой всхожести, в 2016 г. реакция сортов на обработку была нейтральной (таблица 3).

Таблица 3 - Полевая всхожесть семян ярового ячменя, %

Сорт	2014 год			2015 год			2016 год		
	К*	Р*	А*	К	Р	А	К	Р	А
Омский 95	97,0	93,0	98,4	97,6	93,0	96,0	89,0	94,0	90,0
Саша	88,0	83,0	100,0	100,0	97,0	96,0	96,0	90,0	97,0
Омский голозерный 1	82,0	91,0	100,0	99,0	91,0	87,0	92,0	87	92,0
Омский 90	99,0	83,0	82,0	94,0	83,0	78,0	96,0	89,0	91,0
Омский 91	77,0	78,0	100	99,0	81,0	80,0	81,0	85,0	87,0
Среднее	88,6	85,6	96,08	97,9	89,0	87,4	90,8	89,0	91,4
НСР _{0,5}	4,05			3,7			3,9		

* К – контроль, Р – инокуляция Ризоагрином, А – инокуляция Азоризином

Отзывчивость на обработку отдельных сортов была не одинакова, действие Ризоагрина и Азоризина было также специфичным. Достоверное увеличение показателя в 2014 и 2016 гг. отмечалось при инокуляции семян сортов ячменя Саша и Омский 91. У сорта Омский 95 увеличение полевой всхожести было выявлено в 2016 г. при инокуляции Ризоагрином, у Омского голозерного 1 – в 2014 г. при обработке обоими препаратами, а у сорта Омский 90 отмечалось достоверное снижение изучаемого показателя во все годы исследований.

Выживаемость растений обусловлена климатическими условиями последующих фаз развития и считается экологически значимым признаком адаптации (Зыкин и др., 2000).

Как показали исследования, наибольшее положительное действие инокуляции на изучаемые сорта отмечалось в 2014 и 2016 гг., причем в большей степени при обработке семян Азоризином. Так, в среднем по всем сортам значение показателя составило 95,3%, или на 13,9% больше, чем на контроле, а в 2016 г. – 94,0%, или на 13,8% выше.

В среднем за годы изучения и по изучаемым сортам (таблица 4) выживаемость растений при предпосевной инокуляции Азоризином составила 92,5%, что на 7,7% выше по сравнению с контролем. При обработке Ризоагрином величина показателя была примерно одинаковой, как в варианте опыта, так и на контроле – 84,6 и 84,8% соответственно.

Таблица 4 - Выживаемость растений ярового ячменя, в среднем за 2014-2016 гг., %

Сорт	Выживаемость растений,%		
	К*	Р*	А*
Омский 95	88,1	87,6	89,3
Саша	86,3	91,0	89,7
Омский голозерный 1	82,6	77,7	95,0
Омский 90	86,0	88,3	95,0
Омский 91	81,0	78,6	93,6
Среднее	84,8	84,6	92,5
НСР _{0,5}	3,5		

* К – контроль, Р – инокуляция Ризоагрином, А – инокуляция Азоризином

Отзывчивыми на инокуляцию Ризоагрином при анализе изучаемого показателя оказались сорта Саша и Омский 90, Азоризином – все сорта за исключением Омского 95. Положительная реакция на действие обоих препаратов отмечалась для сортов Саша и Омский 90.

4.2 Продолжительность вегетационного и межфазных периодов

Проведенные исследования показали, что у сортов зернофуражного назначения продолжительность вегетационного периода в среднем по вариантам опытов составила 93сут., у голозерных сортов – 87 сут., у сортов пивоваренного назначения - 87 сут.

По всем изучаемым сортам ячменя за годы исследований отмечалось незначительное сокращение вегетационного периода (на 1-3 сут.) в вариантах с инокуляцией, причем в основном за счет межфазного периода выход в трубку – колошение.

4.3 Эффективность фотосинтеза

По данным ряда исследований известно, что на активность ассоциативной азотфиксации в ризосфере существенно влияет фотосинтетическая деятельность растений. Интенсивность корневых выделений, от которой зависит динамика ассоциативной азотфиксации, возрастает в фазы активного развития растений и при высокой скорости фотосинтеза, т.е. при значительных размерах ассимиляционной поверхности растений.

Показателем, характеризующим мощность ассимиляционного аппарата, является фотосинтетический потенциал (ФП), величину которого определяют площадь листовой поверхности и длительность ее функционирования. В связи с этим динамика формирования фотосинтетического потенциала находится в прямой зависимости от динамики формирования площади листовой поверхности. Как показали исследования, нарастание листовой поверхности растений ячменя происходило от фазы кущения, достигая максимума в фазу выхода в трубку. К фазе колошения и молочной спелости наблюдалось ее уменьшение в связи с отмиранием листьев нижнего яруса. Действие препаратов, прежде всего Ризоагрина, оказало положительное действие на

увеличение этого показателя. Реакция сортов в то же время была не одинаковой. Наибольшее увеличение листовой поверхности отмечалось у сортов ячменя Омский 90 и Омский голозерный 1.

Расчеты показали, что фотосинтетический потенциал листьев у изучаемых сортов не различался существенно в зависимости от года исследований. Изучение динамики показателя выявило максимальное его значение в межфазный период «кущение-выход в трубку». В среднем за годы исследований и по сортам на контрольных вариантах ФП за вегетационный период составил 1169,6; при инокуляции Азоризином - 1321,2; Ризоагрином - 1143,4 см²/сут. Наибольшее увеличение ФП в результате инокуляции было характерно для сортов Омский 90 и Омский голозерный 1.

4.4 Устойчивость к полеганию и заболеваниям

Признак устойчивость к полеганию у ячменя является важным фактором, лимитирующим урожайность. Полегшие посевы значительно снижают урожайность, потери могут составлять до 50 %. Устойчивость к полеганию того или иного сорта определяется как генотипом, так и условиями вегетации. Проведенные исследования не выявили существенных различий по этому показателю как по сортам, так и по годам исследований. Величина показателя изменялась от 3,7 до 4,5 баллов. Обработка Ризоагрином не выявила значительного увеличения устойчивости к полеганию, в то же время при обработке Азоризином отмечалась положительная тенденция увеличения этого показателя.

В годы исследований отмечалось поражение изучаемых сортов ячменя заболеваниями: бурой ржавчиной, пыльной головней и мучнистой росой. Как показали наблюдения, инокуляция семян Азоризином способствовала повышению устойчивости к пыльной головне сортов ячменя Омский 95 и Омский 91, а сорта Омский 95 – и к мучнистой росе; при обработке Ризоагрином также отмечалось меньшее поражение сортов Омский 95 и Омский 90 пыльной головней.

ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА И СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

5.1 Урожайность зерна и элементы ее структуры

Урожайность является комплексным показателем адаптивности сорта к условиям среды.

Наибольшую урожайность изучаемые сорта сформировали в условиях 2015 г., которая на контроле составила 3,03 т/га; наименьшую – 2,41 т/га в 2016 г. Наиболее эффективной инокуляция оказалась в условиях 2016 г., когда в среднем по сортам на варианте с Ризоагрином урожайность составила 2,64 т/га (+0,23 т/га к контролю), а с Азоризином – 2,74 т/га (+ 0,33 т/га).

Урожайность зерна изучаемых сортов в вариантах опыта в среднем за 2014-2016 гг. представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Урожайность различных сортов ярового ячменя в зависимости от инокуляции семян биопрепаратами, т/га (в среднем за 2014-2016 гг.).

Сорт (А)	Урожайность зерна, т/га				
	Контроль	Инокуляция (В)		± к контролю	
		Азоризин	Ризоагрин	Азоризин	Ризоагрин
Омский 95	3,13	3,24	3,35	0,11	0,22
Саша	2,21	2,33	2,29	0,12	0,08
Омский голозерный 1	2,87	2,32	2,12	-0,55	-0,75
Омский голозерный 2	2,53	2,39	2,26	-0,14	-0,27
Омский 90	2,24	2,03	2,12	-0,21	-0,12
Омский 91	3,12	3,89	3,23	0,77	0,11
<i>HCP_{0,5}A</i>				0,19	
<i>HCP_{0,5}B</i>				0,15	
<i>HCP_{0,5}AB</i>				0,34	

На основании полученных результатов было выявлено достоверное превышение урожайности у сорта Омский 95 при обработке семян Ризоагрином (+0,22 т/га), а также у сорта Омский 91 при инокуляции Азоризином (+0,77 т/га). Тенденция увеличения урожайности отмечалась у сорта Омский 95 при использовании Азоризина (+0,11 т/га), у сорта Омский 91 в варианте с Ризоагрином (+ 0,11 т/га), а также у сорта Саша при инокуляции обоими препаратами (+0,12 и +0,08 т/га).

На основе трехфакторного анализа был выявлен вклад отдельных факторов в изменчивость урожайности зерна в вариантах опытов (рис. 8).

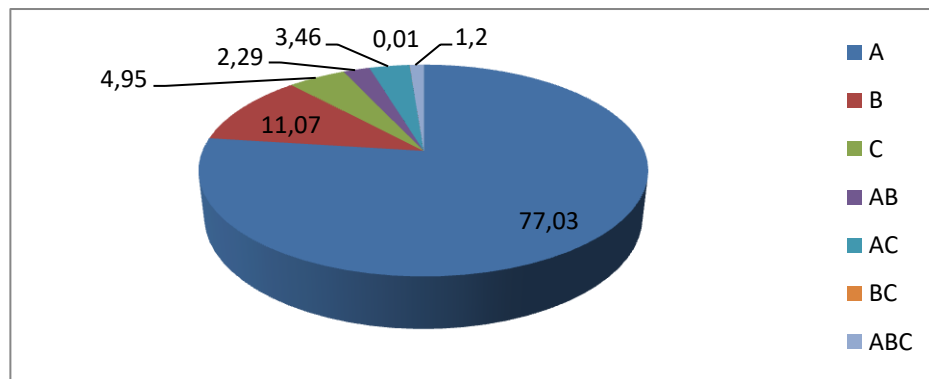


Рисунок 8 -Трехфакторный анализ доли вклада отдельных факторов в урожайность зерна ячменя

А – сорт, В – год, С – препарат, АВ – взаимодействие факторов «сорт x год», АС - взаимодействие факторов «сорт x препараты», ВС - взаимодействие факторов «год x препараты», АВС - взаимодействие факторов «сорт x год x препараты»

Расчеты показали, что определяющий вклад в изменчивость урожайности внесли сорт – 77,03% и год исследований – 11,07%. Доля влияния препаратов составила 4,95%, взаимодействия «сорт x препараты» - 3,46%, «сорт x год» - 2,29%.

Анализ структуры урожая показал, что увеличение урожайности зерна в вариантах опыта было обусловлено в большей степени такими показателями, как продуктивная кустистость, масса 1000 зерен и масса зерна колоса.

С целью апробации и внедрения полученных научных результатов в ООО «Красноярское» Большереченского района и ООО «Звездино» Русско-Полянского района Омской области были проведены производственные испытания по изучению действия биопрепаратов Ризоагрин и Азоризин на урожайность зерна сорта ячменя Омский 95. Опыт был заложен в 2017 и 2018 гг. на двух полях площадью по 100 га каждый. Как показали опыты, в среднем за два года использование предпосевной инокуляции Ризоагрином обеспечило достоверную прибавку урожайности зерна как на поле № 1, так и на поле № 2, которая составила соответственно 0,6 и 0,5 т/га. Использование Азоризина способствовало повышению урожайности зерна на поле №1 на 0,3 т/га по сравнению с контролем и составило 3,3 т/га.

5.2 Качество зерна ярового ячменя

К основным показателям, определяющим пищевую и технологическую ценность ячменя различного направления использования, относятся: содержание в зерне белка, крахмала, его натура, пленчатость и другие, которые определяются как генотипом сорта, так и условиями выращивания. Более качественное зерно было получено в условиях 2015 г. В среднем за годы исследований лучшей натурой зерна характеризовались сорта Саша, Омский 90 и Омский 91 (683-684 г/л), наибольшим содержанием в зерне белка (14,8% в среднем по вариантам) – сорт Омский голозерный 1, крахмала (67,8%; 61,8%) - соответственно сорта Омский 91 и Омский голозерный 1. Тенденция повышения таких показателей, как пленчатость и содержание белка в зерне отмечалась у изучаемых сортов при инокуляции как Ризоагрином, так и Азоризином.

Представляет интерес выявление действия биопрепаратов на посевные качества семян ячменя. Определение их проводилось весной 2015 г. (урожай 2014 г.) и 2016 г. (урожай 2015 г.). Полученные результаты проведенного анализа оказались неоднозначны (таблица 6).

Таблица 6 – Посевные качества семян ячменя при инокуляции препаратами, в среднем за 2015-2016 гг., в %

Сорт	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть
Омский 95, К**	65,0	95,5
Омский 95, Р	63,4*	96,2
Омский 95, А	66,2	97,3*

Омский голозерный 1,К	67,3	81,45
Омский голозерный 1,Р	64,7*	83,4
Омский голозерный 1,А	65,4*	85,3
Омский 91, К	33,9	84,6
Омский 91, Р	56,0*	92,5*
Омский 91, А	52,0*	87,1*
НСР ₀₅	1,7	3,3

* достоверно при $P=0,05$

** К – контроль, Р – инокуляция Ризоагрином, А – инокуляция Азоризином

В результате анализа полученных данных было установлено положительное влияние биопрепаратов на посевные качества семян у сорта ячменя Омский 91. Достоверные превышения по сравнению с контролем были отмечены по показателям энергия прорастания, лабораторная всхожесть семян и масса 1000 зерен. У сортов Омский 95 и Омский голозерный 1 обработка Ризоагрином способствовала снижению этих показателей.

ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ

Основной принцип оценки экономической эффективности использования биопрепаратов – сопоставление эффекта, полученного в результате их применения в виде дополнительного урожая и экономии материально-технических и трудовых ресурсов и затрат на химические средства защиты.

Анализ полученных данных показал (табл.7) , что урожайность зерна сорта Омский 91 после инокуляции биопрепаратами Ризоаргин и Азоризин увеличилась на 0,11 т/га и 0,77 т/га соответственно.

Таблица 7 - Экономическая эффективность применения инокуляции сортов ярового ячменя

Показатели	Омский 91			Омский 95		
	К*	Р	А	К	Р	А
Урожайность, т/га	3,12	3,23	3,89	3,13	3,35	3,24
Материально денежные затраты на 1 га, руб.	5147,4	5443,4	5688,1	5151,1	5477,5	5436,8
Себестоимость 1 т, руб.	1649,8	1685,3	1462,2	1645,7	1635,1	1678,0
Цена реализации 1 т, руб.	6000,0	6001,0	6000,0	6000,0	6000,0	6000,0
Стоимость продукции, руб.	18720,0	19383,2	23340,0	18780,0	20100,0	19440,0
Чистый доход, с 1 га, руб.	13572,6	13939,8	17651,9	13628,9	14622,5	14003,2
Рентабельность, %	263,7	256,1	310,3	264,6	267,0	257,6

*К - контроль, Р - инокуляция Ризоагрином, А - инокуляция Азоризином

Чистый доход при урожайности 3,23 т/га составил 13939,8 руб., а при урожайности 3,89 т/га – 17651,9 руб. по сравнению с контролем данной группы. Рентабельность сорта Омский 91 после инокуляции Ризоаргином снизилась на 0,3%, а после инокуляции Азоризином - увеличилась на 17,6%. Сорт Омский 95 после инокуляции обеспечил прибавку урожая 0,22 т/га и 0,11 т/га, что позволило получить чистый доход 14622,5руб. и 14003,2руб. соответственно. Рентабельность сорта Омский 95 после инокуляции Ризоаргином увеличилась на 0,9%, а после инокуляции Азоризином - снизилась на 0,3%. Исходя из этого, можно сделать вывод, что применение инокуляции на сортах Омский 91 и Омский 95 экономически эффективно в первом случае Азоризином, а во втором случае - Ризоаргином.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по изучению эффективности действия диазотрофной бактериализации на яровом ячмене в условиях южной лесостепи Западной Сибири были сделаны следующие выводы.

1. Установлено, что численность нитрификаторов и олигонитрофилов в большей степени определялась действием метеорологических факторов, общая численность микроорганизмов – инокуляцией биопрепаратами, а количество бактерий на МПА и микроорганизмов на КАА в большей степени зависело от генотипических особенностей сортов. Трехфакторный анализ общей численности микроорганизмов выявил определяющую долю вклада генотипа - 69,63%, вклад взаимодействия факторов «сорт x препараты» составил 18,28%, используемых препаратов – 10,83%. Доля влияния других факторов была незначительной – от 0,01 до 0,43%.

2. Выявлено, что высокий коэффициент минерализации был в ризосфере пленчатых сортов – Омский 90 и Омский 95, низкий - у голозерного ячменя. Наибольший коэффициент иммобилизации (МПА/КАА) минерального азота и его перевода в азотсодержащие органические соединения (Пм) был отмечен, напротив, для голозерного ячменя. Применение биопрепаратов усиливало иммобилизационные процессы в ризосфере всех изучаемых сортов, но наиболее высоким коэффициент трансформации органического вещества был у голозерного ячменя - >100 ед.

3. Установлено, что действие препаратов на полевую всхожесть семян было неоднозначным и варьировало как по годам исследований, так и в зависимости от генотипа и используемого препарата. Наибольший процент выживаемости растений (90-95%) отмечался в 2015 г. Положительное действие инокуляции на изучаемые сорта отмечалось в 2014 г. (в среднем по сортам + 13,9% к контролю) и 2016 г. (+13,8 %), причем в большей степени при обработке семян Азоризином.

4. Выявлено, что в среднем за годы исследований у сортов зернофуражного назначения продолжительность вегетационного периода в среднем по вариантам опытов составила 93сут.,

у голозерных сортов – 87 сут., у сортов пивоваренного назначения - 87 сут. Инокуляция семян биопрепаратами способствовала незначительному изменению вегетационного периода - на 1-3 суток.

5. Показано, что нарастание листовой поверхности у растений происходило с фазы кущения, достигая максимума в фазу выхода в трубку. Действие препаратов на этот показатель, прежде всего Ризоагрина, было положительным. Фотосинтетический потенциал листьев (ФП) за вегетацию в среднем за годы исследований увеличился при инокуляции Азоризином (+151,6 см²/сут). Наибольшее увеличение листовой поверхности и ФП при инокуляции отмечалось у сортов ячменя Омский 90 и Омский голозерный 1.

6. Выявлено, что устойчивость ячменя к полеганию изменялась от 3,7 до 4,5 баллов. Обработка Ризоагрином не выявила значительного увеличения устойчивости к полеганию, в то же время при обработке Азоризином отмечалась положительная тенденция увеличения этого показателя.

7. Установлено, что инокуляция семян Азоризином способствовала повышению устойчивости к пыльной головне сортов ячменя Омский 95 и Омский 91, а сорта Омский 95 – и к мучнистой росе; при обработке Ризоагрином отмечалось меньшее поражение сортов Омский 95 и Омский 90 пыльной головней.

8. Выявлено, что наиболее эффективной инокуляция оказалась в недостаточно благоприятных условиях 2016 г., когда в среднем по сортам на варианте с Ризоагрином урожайность составила 2,64 т/га (+0,23 т/га к контролю), а с Азоризином – 2,74 т/га (+ 0,33 т/га). В среднем за годы изучения достоверное превышение урожайности было отмечено у сортов Омский 95 при обработке семян Ризоагрином (+0,22 т/га) и Омский 91 - при инокуляции Азоризином (+0,77 т/га). Определяющий вклад в изменчивость урожайности внесли сорт – 77,03% и год исследований – 11,07%. Превышение по урожайности было обусловлено увеличением таких элементов структуры, как продуктивная кустистость, продуктивность колоса и масса 1000 зерен.

9. Выявлено, что более качественное зерно было получено в условиях 2015 г. В среднем за годы исследований лучшей натурой зерна характеризовались сорта Саша, Омский 90 и Омский 91 (683-684 г/л), наибольшим содержанием в зерне белка (14,8% в среднем по вариантам) – сорт Омский голозерный 1, крахмала (67,8%; 61,8%) - соответственно сорта Омский 91 и Омский голозерный 1. Тенденция повышения таких показателей, как пленчатость и содержание белка в зерне отмечалась у изучаемых сортов при инокуляции как Ризоагрином, так и Азоризином.

10. Установлено положительное влияние биопрепаратов на посевные качества семян у сорта ячменя Омский 91, достоверные превышения по сравнению с контролем были отмечены по показателям энергия прорастания, лабораторная всхожесть семян и масса 1000 зерен.

11. Чистый доход от инокуляции семян Ризоагрином и Азоризином при выращивании ячменя сорта Омский 91 составил соответственно 13939,8 руб. и 17651,9 руб. при рентабельности - 0,3% и 17,6%. Рентабельность сорта Омский 95 при посеве семенами, инокулированными Ризоагрином, увеличилась на 0,9%, Азоризином - на 0,3%.

12. Выявлено, что наибольшую отзывчивость на обработку препаратами при анализе комплекса изучаемых показателей проявили сорта ячменя Омский 91 и Омский 95.

13. Результаты исследований внедрены в производство, что подтверждено актами внедрения, выданными ООО «Красноярское» Большереченского района и ООО «Звездино» Русско-Полянского района Омской области.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью увеличения урожайности ярового ячменя при уменьшении вносимых доз минеральных удобрений, а также для достижения наибольшей экономической эффективности его возделывания на лугово-черноземной почве Омской области рекомендуется проводить предпосевную обработку семян отзывчивых сортов Омский 95 (Ризоагрином) и Омский 91 (Азоризином).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Стрелецкий, А.М. Эффективность препаратов ассоциативных азотфиксаторов при инокуляции семян различных сортов ячменя в условиях юга Западной Сибири / **А.М. Стрелецкий**, О.Ф. Хамова, Н.А. Поползухина, Н.Н. Шулико, П.В. Поползухин // Плодородие. - 2018. № 4 (103). - С. 49-52.

2. Поползухина, Н.А. Оценка действия диазотрофной бактеризации на зерновые культуры в различных агроэкологических условиях / Н.А. Поползухина, А.Д. Аужанова, П.В. Поползухин, **А.М. Стрелецкий**, А.А. Божко //Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. № 60. С. 216-222.

Публикации в других рецензируемых научных изданиях:

3. Аужанова, А.Д. Ассоциативная азотфиксация как фактор ресурсосбережения и повышения продуктивности яровой мягкой пшеницы / А.Д. Аужанова, Н.А. Поползухина, **А.М. Стрелецкий**, А.А. Божко // Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика : сборник трудов Международной науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре, Омск, 14-15 декабря 2014 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2014. - С. 10-14.

4. Стрелецкий, А.М. Использование биопрепаратов ассоциативных диазотрофов для адаптивности и повышения продуктивности зерновых культур / **А.М. Стрелецкий**, Поползухина Н.А., Аужанова А.Д. // Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяй-

ства: производство, менеджмент, экономика : сборник трудов Международной науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре, Омск, 14-15 декабря 2014 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2014. - С. 85-87.

5. Стрелецкий, А.М. Влияние биопрепаратов ризоагрин и азоризин на посевные качества, полевую всхожесть и урожайность ярового ячменя в агроэкологических условиях южной лесостепи Западной Сибири / **А.М. Стрелецкий**, Н.А. Поползухина, А.С. Киселев, А.А. Гайдар // Решение экологических проблем современного общества для устойчивого развития : сборник материалов науч.-практ. конф., посвященной 20-летию юбилею кафедры экологии, природопользования и биологии, Омск, 14 апреля 2016 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2016. - С. 248-253.

6. Сейтуарова, А.Д. Оценка отзывчивости сортов яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости на обработку биопрепаратом ризоагрин / А.Д. Сейтуарова, Н.А. Поползухина, М.С. Супонин, Н.А. Якунина, **А.М. Стрелецкий**, П.В. Поползухин, Ю.Ю. Паршуткин // Экологические проблемы региона и пути их решения: сборник материалов национальной науч.-практ. конф. с международным участием, проводимой в рамках Сибирского экологического форума «Эко-ВООМ», Омск, 13-15 октября 2016 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2016. - С. 312-318.

7. Божко, А.А. Отзывчивость сортов овса на diaзотрофную бактериализацию/ А.А. Божко, Н.А. Поползухина, **А.М. Стрелецкий**, М.С. Супонин, А.С. Киселев, П.В. Поползухин, А.В. Вурдов, А.С. Черняев // Экологические проблемы региона и пути их решения: сборник материалов национальной науч.-практ. конф. с международным участием, проводимой в рамках Сибирского экологического форума «Эко-ВООМ», Омск, 13-15 октября 2016 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2016. - С. 55-63.

8. Поползухина, Н.А. Результаты изучения действия diaзотрофной бактериализации на микробиологическую активность почвы и продуктивность зерновых культур / Н.А. Поползухина, А.Д. Сейтуарова, **А.М. Стрелецкий**, А.А. Божко, П.В. Поползухин, О.Ф. Хамова // Биотехнология: состояние и перспективы развития: сборник материалов IX международного конгресса, Москва, 20-27 февраля 2017 года. – Москва: Русские Экспо Дни Групп, 2017. - С. 100-102.

9. Поползухина, Н.А. Использование diaзотрофной бактериализации для повышения урожайности и качества зерна зерновых и зернобобовых культур / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, О.Ф. Хамова, А.Д. Сейтуарова, **А.М. Стрелецкий**, А.А. Божко, А.С. Киселев, И.Г. Кадермас И.Г. // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам международной науч.-практ. конф. под редакцией Л.И. Лукиной, Н.В. Ляминой, Севастополь, 23-26 сентября 2019 года. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2019. - С. 1315-1319.