

На правах рукописи

НЬЯМБОСЕ ДЖОЗЕФ

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА,
ВЕЛИЧИНУ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

4.1.1. Земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва 2024

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» и Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Научные руководители

доктор сельскохозяйственный наук,
профессор, академик РАН

Завалин Алексей Анатольевич;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Введенский Валентин Валентинович

Официальные оппоненты

Кандидат биологических наук, доцент
кафедры Микробиологии и иммунологии
Российского государственного аграрного
университета – МСХА имени К. А.
Тимирязева (РГАУ-МСХА)

Селицкая Ольга Валентиновна,

Доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заведующий кафедрой
агрохимии и агроэкологии Нижегородского
государственного агротехнологического
университета

Титова Вера Ивановна,

Ведущая организация

ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

Защита диссертации состоится «19» апреля 2024 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета ПДС 2021.002 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8 корп.2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке в УНИБЦ (Научной библиотеке) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу: 117198 ул. Миклухо-Маклая, д. 6, и на сайте: <https://www.rudn.ru/science/dissovet>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета ПДС 2021.002,
Кандидат сельскохозяйственных наук

**Введенский Валентин
Валентинович**

Актуальность. Российская Федерация в последние годы производит 130–150 млн. т зерна. В общем объеме производимого зерна пшеница занимает 75–100 млн. тон (Сельское хозяйство..., 2022). Из этого объема доля зерна озимой пшеницы составляет около 70%, яровой пшеницы около 30%. При производстве зерна важное значение придается его качеству, которое регулируется различными приемами агротехнологии (Научные основы..., 2018). Среди факторов, влияющих на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, наряду с сортовыми особенностями, важное значение имеют условия азотного питания (Завалин, Соколов, 2018), которые регулируются внесением азотных удобрений (Шафран, 2022), а также применением микробных биопрепаратов (Тихонович и др., 2005). Микроорганизмы воздействуют на растения за счет продуцирования физиологически активных веществ и обеспечения растений азотом в результате биологической азотфиксации (Завалин, 2005). Актуальность наших исследований заключается в агрономической оценке инокуляции семян яровой пшеницы новыми микробными биопрепаратами эндофитных бактерий на различных фонах удобренности, определении их влияния на урожайность и качество зерна, накопление в растениях элементов питания, а также выявлении закономерностей потоков азота в системе удобрение – почва – растения с использованием меченого ^{15}N азотного удобрения, определении размеров использования растениями азота удобрений, азота почвы и биологического азота для формирования урожая и оценке устойчивости агроценоза яровой пшеницы.

Степень разработанности темы. «Обзор опубликованных работ начала XXI века показывает, что важнейшая роль в формировании урожайности и качества зерна яровой пшеницы принадлежит обеспечению растений азотом. Современные вызовы выдвигают необходимость поиска дополнительных источников питания растений, среди которых предусмотрено использование биологических факторов интенсификации за счет применения препаратов на основе различных микроорганизмов, обеспечивающих регулирование минерального питания растений. Это особенно актуально для производства зерна в органическом земледелии, где применение химических агрохимикатов ограничивают или исключают совсем, отдавая предпочтение биологическим средствам» [Накаряков А. М., 2021].

Цель и задачи исследований Цель работы заключается в агрохимической оценке эффективности использования новых микробных биопрепаратов и азотного удобрения для обоснования их применения в обычных и органических технологиях выращивания яровой пшеницы на темно-серой лесной почве. Для достижения обозначенной цели решали следующие задачи:

- изучить влияние биопрепаратов и азотного удобрения на урожайность зерна яровой пшеницы;
- оценить показатели качества зерна и химический состав основной и побочной продукции яровой пшеницы при использовании азотного удобрения и биопрепаратов;
- провести контроль минерального питания растений яровой пшеницы при использовании биопрепаратов и азотного удобрения;
- определить вынос урожая, эффективность использования азота, фосфора и калия при выращивании яровой пшеницы;
- изучить потоки азота в агроценозе яровой пшеницы при использовании азотного удобрения (^{15}N) и биопрепаратов.

Объекты исследования. Яровая пшеница сорта Злата. Сорт характеризуется быстрым ростом после всходов, устойчивостью к полеганию, поражению бурой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом, имеет хорошие и стабильные по годам хлебопекарные качества зерна.

Штамм *Bacillus amyloliquefaciens* V167 «создан на основе эндофитной бактерией, выделен из внутренних тканей черенков винограда (*Vitis vinifera* L.), штамм *Bacillus amyloliquefaciens* V167 обладает фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichioides*»

Микробиологический препарат V417 создан на основе эндофитных бактерий выделенных из внутренних тканей черенков винограда (*Vitis vinifera*) сорта Мускат. Бактерии охарактеризованы как штамм *Bacillus subtilis* V417

Предмет исследования. В опыте изучали реакцию яровой пшеницы сорта Злата при использовании новых эндофитных препаратов и меченого азотного удобрения (аммиачной селитры).

Методы исследований. Методологии проведения исследований основана на системном подходе, по агрохимической оценке, применения в агротехнологии яровой пшеницы азотного удобрения и эндофитных бактерий с использованием современных методов агрохимических и биохимических анализов растений и почвы, статистической обработки экспериментальных результатов.

Достоверность экспериментальных данных и результатов их обобщения подтверждена использованием апробированных методик агрохимических исследований и ГОСТов, статистическим анализом экспериментальных данных с применением дисперсионного метода по программе STATVUA.

Основные положения, выносимые на защиту:

- урожайность зерна яровой пшеницы при использовании эндофитных бактерий и азотного удобрения;
- качество зерна и химический состав основной и побочной продукции;
- контроль минерального питания яровой пшеницы в фазу цветения;
- накопление в урожае и эффективность использования азота, фосфора и калия яровой пшеницей;
- потоки азота в агроценозе яровой пшеницы с использованием стабильного изотопа ^{15}N .

Научная новизна заключается в агрономической оценке применения на яровой пшенице эндофитных бактерий и азотного удобрения на средне окультуренной темно-серой лесной почве. Прибавки массы зерна от эндофитов на РК-фоне составили 21–39%, максимальная прибавка получена от препарата на основе штамма V417, от штамма V167 – 30%, оба эти штамма превышали стандартный Ч-13. В результате инокуляции семян возрастает продуктивная кустистость и длина колоса яровой пшеницы. Применение эндофитных бактерий на РК-фоне повышают на 2,8–3,8 г массу 1000 зерен, обеспечивает тенденцию роста содержания в зерне белка и сырой клейковины. При использовании биопрепаратов урожай на 20% формировался за счет биологического азота, при этом наибольшее его накопление (24,8%) происходило при использовании V 417. При использовании биопрепаратов в растениях накапливается около 8,5% «экстра»-N, наибольшая его доля (11,5...12,1%) зафиксировано при внесении Naa. Азот минерального удобрения преимущественно накапливается в зерне (95...96%) и только 4...5% – в соломе яровой пшеницы. При внесении N45 и N90 растения используют соответственно 46 и 42% азота удобрения, применение биопрепаратов повышает величину этого показателя до 51...53%. В почве закрепляется 33...36% от внесенной дозы ^{15}N , при использовании биопрепаратов – до 30%. Потери ^{15}N достигают 33...36%, при внесении биопрепаратов они снижаются до 17...19%.

При внесении N-удобрения в дозах N45 и N90 агроценоз яровой пшеницы находится в резистентности и уровень воздействия предельно допустимый. При использовании биопрепаратов значение РИ: М составляет 25–31%, что соответствует предельно допустимому уровню воздействия. При использовании биопрепаратов на основе штаммов Ч-13 и V167 режим функционирования агроэкосистемы оценивается как стрессовый, а уровень воздействия становится допустимым. При применении биопрепарата V417 режим функционирования переходит в резистентный, а уровень воздействия предельно допустимый.

Теоретическая и практическая значимость Теоретическая значимость работы заключается в агрономической оценке действия биопрепаратов, созданных на основе эндофитных бактерий, и азотного удобрения на использование растениями азота, его потоки в агроценозе, величину и качество урожая зерна яровой пшеницы на темно-серой лесной почве. Практическая значимость работы оценивается в научном обосновании агрономической эффективности использования эндофитных бактерий и азотного удобрения (аммиачной селитры) в агротехнологии яровой пшеницы на темно-серой лесной почве, обеспечивающих получение зерна 3 класса качества. Агрохимическая оценка эффективности применения новых биопрепаратов могут быть использованы в качестве результата регистрационных испытаний новых эндофитных биопрепаратов.

Апробация и публикации результатов исследований. Результаты работы заслушаны на 56-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых' специалистов-агрохимиков и экологов' посвященной 150-летию со дня рождения академика К.К Гедройца во «Всероссийском научно-исследовательском институте агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», 30.11.2022, г. Москва; XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные процессы в сельском хозяйстве», 22-23.04.2021, РУДН, Москва; Международной научно-практической конференции «Современные проблемы почвозащитного земледелия», 5-7.10.2022, Курск; XIV Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные процессы в сельском хозяйстве».

Материалы диссертации опубликованы в 7 работах, в том числе 3 статьи в журналах списка ВАК РФ.

Личный вклад автора заключается в разработке участия в составлении схемы опыта, подготовке программы проведения исследований и выполнения агрохимических исследований. Аспирант лично закладывал микрополевой опыт, проводил отбор почвенных и растительных образцов, готовил их к выполнению агрохимических анализов. Определял структуру урожая, содержание в зерне сырой клейковины и ее качество. Выполнял статистическую обработку экспериментальных данных. Анализировал опубликованные работы по теме диссертации, осуществлял обобщение полученных результатов, готовил материал к публикации.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 134 страницах компьютерного набора, состоит из введения, обзора литературы, условий и методики проведения исследований, включает 7 экспериментальных глав, заключение, список цитируемой литературы включает 162 отечественных и зарубежных работ, содержит 46 таблиц, рисунков 8 и 4 приложений.

Благодарности. Автор благодарен научным руководителям академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Алексею Анатольевичу Завалину за методическую помощь и научные консультации при выполнении экспериментальных исследований, кандидату сельскохозяйственных наук, доценту Введенскому Валентину Валентиновичу за помощь в написании диссертации и автореферата.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы: современное состояние использования препаратов и удобрений под яровую пшеницу

Обобщены результаты опубликованных работ по эффективности применения на яровой пшенице различных биопрепаратов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, азотного удобрения на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Показано, что применение средств химизации увеличивает урожайность и улучшает показатели качества зерна. Однако, отсутствуют сведения по эффективности использования на яровой пшенице новых биопрепаратов, созданных на основе активных штаммов эндофитных микроорганизмов, их влияние на использование растениями элементов питания, формирование баланса азота. Это послужило основой для выбора цели и задач работы, составления программы исследований, по агрохимической оценке, использования новых биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и азотного удобрения для обоснования их применения в агротехнологиях яровой пшеницы.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований

Исследования проводили в 2020-2023 гг. в микрополевым опыте на Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова в Московской области в пластиковых сосудах квадратного сечения 0,25x0,25 см без дна, площадью 0,0625 м². Перед закладкой опыта сосуды наполняли темно-серой лесной почвой, имеющей агрохимическую характеристику: гумус (по Тюрину) – 2,9...3,0%; рН_{KCL} – 5,9...6,2; подвижные формы P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову), соответственно 120...140 и 131...140 мг/кг; Нг (по Каппену) – 1,12...1,28 мг-экв/100 г. По содержанию подвижного фосфора и калия почва среднекультуренная. Опыт закладывали и проводили наблюдения согласно общепринятым методикам. Расположение сосудов рендомизированное, повторность четырехкратная. Высевали среднеспелый сорт яровой пшеницы Злата, который характеризуется быстрым ростом после всходов, устойчивостью к полеганию, поражению бурой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом, имеет хорошие и стабильные по годам хлебопекарные качества зерна.

Оценивали различные биопрепараты, которыми инокулировали семена яровой пшеницы из расчета 500 г препарата на гектарную норму посева. Изучали биопрепарат на основе штамма *Bacillus amyloliquefaciens* V167, он создан на основе эндофитной бактерией, выделен из внутренних тканей черенков винограда (*Vitis vinifera* L.). Штамм обладает фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов. Микробный препарат V417 создан на основе эндофитных бактерий, выделенных из внутренних тканей черенков винограда сорта Мускат. Штамм V417 обладает доказанной фунгицидной активностью против спектра фитопатогенных грибов и ростостимулирующим эффектом. В качестве стандартного биопрепарата применяли Экстрасол, созданный на основе штамма *Bacillus subtilis* Ch-13, который способен синтезировать вещества, индуцирующие рост растений, подавлять развитие фитопатогенных грибов и патогенных бактерий. Микроорганизмы, входящие в состав всех изучаемых биопрепаратов способны фиксировать атмосфере азот, который становится доступным для растений.

Аммиачную селитру вносили из расчета 4,5 и 9,0 г/м², что составляет (0,281 г и 0,563 г N/сосуд). Для изучения использования растениями азота удобрения применяли меченую (¹⁵N) в обеих группах аммиачную селитру (¹⁵NH₄¹⁵NO₃) с обогащением 47,5 ат.%. Использование стабильного изотопа ¹⁵N, позволило изучить его растениями,

закрепление в почве и потери. Для оптимизации РК-питания растений фоном вносили двойной суперфосфат и хлористый калий из расчета 4,5 г/м² или 0,28 г Р₂О₅ и 0,28 г К₂О на сосуд.

Образцы почвы и растений для лабораторного анализа отбирали из двух несмежных повторений, их анализы проводили согласно действующими стандартам и ГОСТ в аккредитованных испытательных лабораториях. Реакцию почвенного раствора определяли – потенциометрически (ГОСТ 26483-85), содержание гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), содержание общего азота N общ. – по Къельдалю-Ийодельбауеру; подвижного фосфора и калия в вытяжке 0,2 НСІ по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Содержание минерального азота в воздушно-сухих образцах почвы: нитратного азота (N-NO₃) ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), аммонийного (N-NH₄) – фотоколориметрическим (ГОСТ 26489-85). Общий азот в растениях (зерно, солома) определяли по методу Къельдаля согласно ГОСТ 13496.4-93, фосфор (Р₂О₅) колориметрически (ГОСТ 26657-97), калий (К₂О) на пламенном фотометре (ГОСТ 30504-97). Содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 10846-91 (рассчитывали путем умножения общей концентрации азота на коэффициент 5,7). Содержание сырой клейковины определяли в соответствии с ГОСТ 54478-2011. ИДК - по ГОСТ 27839-2013 и массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89. Структуру урожая яровой пшеницы исследовали по методике Госсортсети.

Изотопный состав азота почвенных и растительных образцов определяли на масс-спектрометре Delta V Advantage. Использование растениями биологического азота за счет инокуляции семян яровой пшеницы соответствующими биопрепаратами определяли по методике (Завалин, 2005). Рассчитывали потоки азота в агроэкосистеме: минеральное удобрение-почва-растения-атмосфера, позволяющие установить устойчивость ее функционирования (Алферов, 2020).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили дисперсионным методом с использованием программы STATVIEW, достоверность различий оценивали по F-критерию Фишера.

По данным (<http://yadyra.ru/attachments/kurovaya-meteorologiya-moskovskaya-oblast>) климат Московской области характеризуется теплым летом, умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами. В работе использовали данные метеостанции, расположенной на ЦОС ВНИИ агрохимии (Московская область). Во все годы проведения микрополевого опыта метеорологические условия соответствовали климатической норме. Вегетационный период 2020 г. характеризовался повышенными температурами воздуха и умеренным количеством осадков. В 2021 г. наблюдалось количество осадков чуть выше нормы, а в 2022 г. наоборот, некоторый их недостаток.

Глава 3. Урожайность зерна яровой пшеницы при использовании биопрепаратов и азотного удобрения

Результаты исследований, проведенные в отдельные годы, показали положительное влияние N-удобрения и биопрепаратов на рост урожая зерна яровой пшеницы на среднеоккультуренной темно-серой лесной почве. В среднем за три года урожайность зерна яровой пшеницы на РК-фоне составила 328 г/м², при внесении N45 она возросла до 479 и от N90 до 517 г/м² (табл. 1).

Таблица 1. Влияние биопрепаратов и азотного удобрения на урожайность яровой пшеницы. В среднем за 3 года

| Вариант | Масса зерно | Масса соломы | Кхоз | Высота растений, см | Продуктивная куст., шт. | Длина колоса, см |
|--------------------------------|------------------|--------------|------|---------------------|-------------------------|------------------|
| | г/м ² | | | | | |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 328 | 499 | 0,40 | 105 | 1,00 | 6,95 |
| Ф1+Экстрасол Ч-13стандарт | 397 | 574 | 0,41 | 114 | 1,13 | 7,62 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 425 | 566 | 0,44 | 114 | 1,14 | 7,36 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 456 | 589 | 0,44 | 113 | 1,12 | 7,68 |
| Фон 2: N45P45K45 | 479 | 623 | 0,44 | 113 | 1,09 | 7,53 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 497 | 611 | 0,45 | 112 | 1,19 | 7,64 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 486 | 612 | 0,45 | 113 | 1,13 | 7,59 |
| Ф2+N45+ эндофит штамм V417 | 480 | 627 | 0,44 | 112 | 1,12 | 7,46 |
| N90P45K45 | 517 | 594 | 0,47 | 114 | 1,14 | 7,61 |
| НСР ₀₅ | 20 | 62 | 0,05 | 6 | 0,11 | 0,31 |

При инокуляции семян изучаемыми биопрепаратами урожайность зерна на РК-фоне достигла 397-456 г/м², на фоне с внесенным NPK-удобрений 480- 497 г/м². Прибавки от применения биопрепаратов на РК-фоне составили 21-39%, при этом максимальная (39%) получена от V417, от штамма V167 – 30%. Эти штаммы по действию на урожайность зерна превышали стандартный Ч-13. Прибавка от препарата V417 на РК - фоне незначительно уступала внесению N45. Увеличение дозы до N90 обеспечило рост урожайности зерна яровой пшеницы (прибавка составила 38 г/м²). На фоне NPK- удобрений прибавки от биопрепаратов не превышали значение НСР.

В среднем за три года масса соломы под действием биопрепаратов и N-удобрения повышалась с 499 г/м² (РК - фон) до 623- 627 г/м². Инокуляция семян биопрепаратами на РК-фоне увеличили массу соломы на 67-90 г/м² или 13-18%, все биопрепараты были равноценны. Внесение N45 увеличило массу соломы на 124 г/м² или на 25%. На фоне N45 биопрепараты не увеличили массу соломы (табл.1). Исследования показали, что соотношение зерна и соломы (значение хозяйственного коэффициента Кхоз) в биомассе яровой пшеницы слабо изменялось в годы проведения опыта (табл. 1). В среднем за три года достоверное увеличение Кхоз получено при внесении N90, а также при использовании изучаемых биопрепаратов на NPK-фоне.

При внесении N-удобрения и применении биопрепаратов наблюдается увеличение высоты растений. В среднем за три года на обеих дозах N-удобрения высота растений яровой пшеницы увеличилась на 8-9 см (табл. 1). На такую же

величину она возрастала от биопрепаратов на РК-фоне. Во все годы проведения опыта продуктивная кустистость была близкой по всем вариантам 1,00-1,14 (табл. 1). Повышение этого показателя получено при инокуляции семян на РК - фоне и при внесении N90. В среднем за три года длина колоса яровой пшеницы изменилась от 6,95 см (РК-фон) до 7,68 см (табл. 1). За счет изучаемых биопрепаратов длина колоса на РК-фоне увеличилась на 0,41-0,73 см, от внесения N45 - на 0,58 см.

Глава 4. Качество зерна, химический состав основной и побочной продукции

Основными показателями качества зерна яровой пшеницы служит массовая доля белка и массовая доля сырой клейковины, а также его выполненность, которую оценивают по массе 1000 зерен. В среднем за три года масса 1000 зерен по вариантам изменялось в пределах 39,5 - 44,0 г. Минимальная масса сформирована на РК-фоне (39,5 г), в результате внесения N45 и N90 она возросла до 44,0 и 43,5 г. Изучаемые в опыте биопрепараты увеличивали на РК- фоне этот показатель на 2,8-3,8 г. При внесении N45 положительного влияния биопрепаратов на массу 1000 зерен не отмечено (табл. 2.).

Содержание белка в зерне яровой пшеницы в среднем за три года имело тенденцию к повышению с 12,4 до 13,1-13,9%. При внесении N-удобрения, особенно в дозе N90, содержание белка получено максимальным -13,9%. Инокуляция семян эндофитами способствовала также тенденции повышения содержания белка в зерне на 0,7-1,2%. При изменении условий азотного питания за счет N- удобрения и биопрепаратов содержание сырой клейковины в зерне изменялось с средним за три года с 24,4 до 25,5% - 26,2 %, при этом ее максимальное содержание получено при внесении N90, где прибавка к РК-фону составила 1,8%, от внесения N45 1,1%.

Таблица 2. Показатели качества зерна яровой пшеницы. Средние за 3 года

| Вариант | Масса 1000 зерен, г | Содержание белка, % | Сырая клейковина | | Класс зерна |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------|-------------|
| | | | содержание, % | ИДК, ед. | |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 39,5 | 12,4 | 24,4 | 82,2 | 3 |
| Ф1+Экстрасол Ч-13 стандарт | 42,7 | 12,5 | 23,9 | 83,9 | 3 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 42,3 | 12,9 | 24,4 | 94,5 | 3 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 43,3 | 12,6 | 24,1 | 100,1 | 3 |
| Фон 2: N45P45K45 | 44,0 | 12,7 | 25,5 | 97,6 | 3 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 41,2 | 13,1 | 24,8 | 87,8 | 3 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 43,0 | 13,6 | 25,5 | 82,6 | 3 |
| Ф2+N45+ эндофит штамм V417 | 43,1 | 13,5 | 24,7 | 79,0 | 3 |
| N90P45K45 | 43,5 | 13,9 | 26,2 | 83,1 | 3 |

НСР₀₅

2,2

F_ф < F_т

В среднем за годы проведения опыта на РК-фоне значение ИДК составило 82,2 ед. При внесении N- удобрения и инокуляции семян биопрепаратами, изготовленным на основе стандартного и экспериментальных штаммов, значение ИДК изменялось от 79,0 до 100,1 ед. ИДК (табл. 2), что соответствует второй группе качества клейковины - удовлетворительно-слабая. По содержанию белка и сырой клейковины зерно яровой пшеницы соответствует третьему классу качества.

Изучение химического состава зерна показало, что в среднем за три года содержание азота в зерне изменялось от 2,18 до 2,44% (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав зерна и соломы яровой пшеницы. Средний за 3 года. % на воздушно-сухое вещество

| Вариант | Зерно | | | Солома | | |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|
| | <i>N</i> | <i>P₂O₅</i> | <i>K₂O</i> | <i>N</i> | <i>P₂O₅</i> | <i>K₂O</i> |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 2,18 | 0,63 | 0,54 | 0,65 | 0,32 | 1,34 |
| Ф1+Экстрасол Ч-13стандарт | 2,20 | 0,68 | 0,57 | 0,66 | 0,24 | 1,34 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 2,26 | 0,60 | 0,60 | 0,63 | 0,25 | 1,45 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 2,22 | 0,67 | 0,53 | 0,63 | 0,28 | 1,26 |
| Фон 2: N45P45K45 | 2,22 | 0,69 | 0,55 | 0,62 | 0,27 | 1,28 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 2,30 | 0,73 | 0,57 | 0,70 | 0,25 | 1,36 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 2,39 | 0,77 | 0,58 | 0,71 | 0,23 | 1,30 |
| Ф2+N45+ эндофит штамм V417 | 2,37 | 0,69 | 0,52 | 0,67 | 0,27 | 1,33 |
| N90P45K45 | 2,44 | 0,71 | 0,55 | 0,76 | 0,28 | 1,33 |

При использовании биопрепаратов содержание N в зерне по отношению к РК-фону не изменялось и соответствовало значению, полученному при внесении N45. При внесении N90 содержание азота в зерне по отношению к РК-фону повышалось на 0,26%. При инокуляции семян на фоне N45 отмечена положительная тенденция роста содержания N в зерне на 0,12 – 0,19% к РК-фону. В среднем за три года содержание фосфора в зерне яровой пшеницы изменялось от 0,60 - 0,63 % до 0,71-0,77%. На РК - фоне применения биопрепаратов существенно не отразилось на содержании в зерне фосфора, которое составляло 0,60 -0,67%. Примерно на такую же величину изменялось содержания P_2O_5 от внесения N45 и N90. Содержание K_2O в зерне составляло от 0,53 – 0,54 % до 0,58 % на сухое вещество, от внесения N- удобрения в обеих дозах содержание калия в зерне не изменялось по отношению к РК-фону. Аналогичная закономерность отмечена и при инокуляции семян исследуемыми биопрепаратами (табл. 3)

Максимальное содержание в соломе N получено при внесении под яровую пшеницу N90. При инокуляции семян исследуемыми в опыте биопрепаратами содержание N в соломе было равноценным внесению N45. На фоне с внесением полного минерального удобрения содержание азота в соломе от биопрепаратов в среднем за три года составляло 0,67 – 0,71 %. Содержание в соломе яровой пшеницы P_2O_5 и K_2O не изменяется от внесения азотного удобрения и применяемых биопрепаратов и составляет соответственно 0,23 – 0,28 % и 1,34 – 1,45% на сухое вещество.

Глава 5. Контроль минерального питания яровой пшеницы в фазу цветения

Установлено, что биомасса растений яровой пшеницы в фазу цветения достоверно возрастала от инокуляции семян биопрепаратом на основе эндофитного штамма V417 и соответствовала внесению N45. Повышение дозы до N90 обеспечивает тенденцию роста биомассы растений. На фоне с внесением N45 отмечена лишь положительная тенденция увеличения биомассы растений от биопрепарата на основе штамма V417 (табл. 4). Во все годы проведения опыта под влиянием N-удобрения и инокуляции семян в растениях возрастало содержание азота, что свидетельствует об улучшении азотного питания яровой пшеницы. Инокуляция семян яровой пшеницы стандартным и эндофитными биопрепаратами (V167 и V417) изменяет содержание N в растениях яровой пшеницы в фазу цветения до 1,56 – 1,70%. При посеве инокулированными семенами на фоне N45 наблюдается рост содержания азота в растениях от биопрепарата на основе штамма V167.

Содержание в растениях фосфора в фазу цветения яровой пшеницы слабо изменялось от изучаемых в опыте азотного удобрения. Содержания калия в растениях яровой пшеницы среднем за три года изменялось от 1,72 до 2,01%, его увеличение получено от биопрепарата V417 на РК-фоне. На фоне с N45 положительный эффект получен от Ч-13.

Табл. 4. Биомасса и содержание в ней азота, фосфора и калия в фазу цветения.
Средние за 3 года

| Вариант | Биомасса, г/м ² | | | Содержание %, | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------|----|---------------|-------------------------------|------------------|
| | значение | прибавка | % | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 585 | 0 | 0 | 1,46 | 0,69 | 1,87 |
| Ф1+Экстрасол Ч-13 стандарт | 671 | 86 | 13 | 1,56 | 0,82 | 1,72 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 665 | 80 | 12 | 1,67 | 0,65 | 1,91 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 710 | 125 | 18 | 1,67 | 0,72 | 1,96 |
| Фон 2: N45P45K45 | 742 | 157 | 21 | 1,68 | 0,80 | 1,97 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 744 | 159 | 21 | 1,70 | 0,80 | 1,96 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 735 | 150 | 20 | 1,83 | 0,69 | 1,69 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V417 | 756 | 171 | 23 | 1,74 | 0,74 | 1,87 |
| N90P45K45 | 792 | 207 | 26 | 1,80 | 0,84 | 2,01 |
| НСР ₀₅ | 113 | | | 0,09 | 0,16 | 0,05 |

Глава 6. Накопление в урожае и эффективность использования азота, фосфора и калия яровой пшеницей

При использовании биопрепаратов и N-удобрения суммарное накопление N в зерне и соломе яровой пшеницы возрастает в 1,2 - 1,7 раз по отношению к РК-фону. Инокуляция семян биопрепаратами увеличила накопление азота в зерне на 21-33%, внесение N45 – на 49%, увеличение дозы азота до N90 - еще на 27%, инокуляция семян на фоне с внесением N45 – на 7-10% (табл. 5).

Таблица 5. Накопление азота, фосфора и калия в урожае яровой пшеницы, г/м².
Среднее за 3 года

| Вариант | N | | P ₂ O ₅ | | K ₂ O | |
|--------------------------------|-------|---------------|-------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| | зерно | зерно+ солома | зерно | зерно+ солома | зерно | зерно+ солома |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 7,12 | 10,32 | 2,10 | 3,66 | 1,79 | 8,64 |
| Ф1+Экстрасол Ч-13 стандарт | 8,72 | 12,46 | 2,72 | 4,10 | 2,29 | 10,01 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 9,56 | 13,06 | 2,62 | 4,04 | 2,58 | 10,64 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 10,09 | 13,74 | 3,14 | 4,77 | 2,52 | 10,02 |
| Фон 2: N45P45K45 | 10,60 | 14,36 | 3,43 | 5,07 | 2,68 | 10,66 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 11,34 | 15,57 | 3,70 | 5,24 | 2,90 | 11,35 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 11,58 | 15,85 | 3,87 | 5,26 | 2,84 | 10,89 |
| Ф2+N45+ эндофит штамм V417 | 11,69 | 15,83 | 3,46 | 5,17 | 2,61 | 11,00 |
| N90P45K45 | 12,51 | 17,11 | 3,75 | 5,52 | 2,87 | 11,00 |
| НСР ₀₅ | 2,02 | 2,55 | 0,60 | 1,10 | 0,71 | 1,94 |

Около 70-74% азота от общего накопления урожаем локализуется в зерне и 26-30% - в соломе. При использовании биопрепаратов и N45 накопление азота в зерне увеличивалось на 3-4%, что можно рассматривать как положительную тенденцию.

В среднем за три года накопление в урожае фосфора при использовании N-удобрения и биопрепаратов увеличилось в 1,5 раза (табл. 5). При использовании штамма V417 на РК-фоне получено достоверное увеличение выноса фосфора урожаем яровой пшеницы на 30%. Использование биопрепаратов на фоне с внесением N45 не изменяло накопление фосфора. Фосфор преимущественно локализуется в зерне (66-71%). Все биопрепараты и азотное удобрение увеличивали на 9-16% долю P₂O₅ в зерне от общего его выноса урожаем яровой пшеницы.

Накопление калия в урожае яровой пшеницы при внесении N45 и N90 возросло в 1,27 раза, что связано с формированием более высокой массы зерна и соломы. На РК-фоне инокуляция семян изучаемыми в опыте биопрепаратами повысила накопление K₂O в урожае яровой пшеницы в 1,16 - 1,23 раза, это равноценно росту, достигнутому при внесении N45. Накопленный калий локализуется преимущественно в соломе, в зерне накапливалось менее 1/3 потребленного растениями калия. За счет биопрепаратов

и азотного удобрения в обеих дозах в зерне возросло накопление калия от общего его выноса урожаем с 26 до 30-35%.

По результатам опыта при использовании биопрепаратов на основе штаммов Ч-13 и V167 окупаемость 1 г N внесенного в составе Наа, возросла соответственно на 4,0 и 1,5 г зерна, от биопрепарата V 417 она получена равноценной внесению N45.

Глава 7. Потоки азота в агроценозе яровой пшеницы (исследования с ^{15}N)

С применением стабильного изотопа ^{15}N определено использование растениями азота удобрения в фазу цветения яровой пшеницы (табл. 6). В среднем за два года по N45 растения потребляли 1,56 г/м² меченого азота удобрения.

Таблица 6. Потоки ^{15}N в фазу цветения яровой пшеницы. В среднем за 2020-2021 гг.

| Вариант | Накопление в растениях | | Иммобилизация в почве | | Газообразные потери | |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | г/м ² | % от дозы | г/м ² | % от дозы | г/м ² | % от дозы |
| Фон 2: N45P45K45 | 1,56 | 35 | 2,43 | 54 | 0,51 | 11 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 1,65 | 37 | 2,43 | 54 | 0,42 | 9 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 1,74 | 39 | 2,51 | 55 | 0,25 | 6 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V417 | 1,68 | 38 | 2,49 | 55 | 0,33 | 7 |
| N90P45K45 | 2,36 | 26 | 3,47 | 39 | 3,17 | 35 |

При использовании биопрепаратов отмечена слабая тенденция увеличения потребления растениями азота удобрения до 37 – 38% от дозы. При внесении N90 растения использовали только ¼ от внесенной дозы. В цветение более половины от внесенного N45 закрепляется в почве (51 -55%), при этом от эндофитных биопрепаратов отмечена слабая тенденция увеличения закрепления ^{15}N в почве. Важной составной частью потоков азота служат его газообразные потери, составляющие от 9 до 13% от внесенных N45. Минимальные потери ^{15}N (7%) в цветение получены по N45 и инокуляции семян биопрепаратом на основе штамма V417, а максимальные (35%) по N90.

В фазу цветения яровой пшеницы 35 – 38% от внесенного меченого азота удобрения потребляется растениями, 51– 55% иммобилизуется (закрепляется) в почве и 11 -13% от внесенной дозы N45 теряется в форме неучёных потерь, представляющих в основном его газообразные соединения (Кореньков, 1999). При внесении N90 возрастают до 35% неучтённые (газообразные) потери, снижается до 26% использование ^{15}N растениями и закрепление его в почве (39%). Использование биопрепаратов слабо изменяло потоки азота удобрения в фазу цветения яровой пшеницы по сравнению с N45, однако отмечена слабая тенденция роста потребления растениями ^{15}N . При использовании эндофитных бактерий снижается закрепление азота удобрения в почве и его газообразные потери.

Применение изотопа ^{15}N позволило выявить источники азота в формировании урожая яровой пшеницы. На РК-фоне урожай создан только за счет азота почвы (табл. 7).

Таблица 7. Накопление азота растениями яровой пшеницы в фазе полной спелости. В среднем за 2020-2021 гг.

| Вариант | Общий вынос, г/м ² | В том числе азот, % от накопления | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------|------------------------|---------------|
| | | удобрения (¹⁵ N) | почвы | | ассоциативный |
| | | | всего | в том числе «экстра»-N | |
| Фон1: P45K45 (Ф1) | 10,17 | - | 100,0 | - | - |
| Ф1+Экстрасол Ч-13 стандарт | 12,50 | - | 81,3 | - | 18,7 |
| Ф1 + эндофит штамм V167 | 12,81 | - | 79,4 | - | 20,6 |
| Ф1 + эндофит штамм V417 | 13,52 | - | 75,2 | - | 24,8 |
| Фон 2: N45P45K45 | 13,82 | 14,9 | 85,1 | 11,5 | - |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 15,15 | 15,1 | 76,1 | 9,0 | 8,7 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 15,52 | 15,4 | 73,6 | 8,1 | 10,9 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V417 | 15,30 | 15,3 | 75,1 | 8,6 | 9,6 |
| N90P45K45 | 15,86 | 23,7 | 76,3 | 12,1 | - |
| НСР ₀₅ | 0,8 | | | | |

При использовании биопрепаратов в результате азотфиксации примерно 20 % урожая формируется за счет биологического азота, при этом максимальное его накопление в растениях (24,8 %) отмечено по штамму V 417. При внесении Naa урожай формировался на 15 % за счет удобрения, использование биопрепаратов не влияло на относительную величину этого показателя. Максимальная в опыте доля ¹⁵N (23,7 %) зафиксирована по N90. В результате минерализации почвенного азота при применении Naa растения использовали для формирования урожая при инокуляции семян около 8,5 % «экстра»-N. Наибольшее его поступление в растения (11,5...12,1%) отмечено при внесении под яровую пшеницу Naa.

Основная доля почвенного и биологического азота накапливается (72...74 %) в зерне (табл. 8), в соломе его значительно меньше (26 -28 %). Меченый ¹⁵N также преимущественно накапливается в зерне (92...96 %). С увеличением дозы с N45 до N90 происходит перераспределение накопления ¹⁵N в пользу соломы, его доля возрастает с 4-5 до 8 %.

Таблица 8. Распределение накопленного азота в товарной и побочной продукции яровой пшеницы. В среднем за 2020-2021 гг.

| Вариант | Накопление азота удобрения, почвы и ассоциативного ¹ | | Накопление ¹⁵ N удобрения ² | |
|--------------------------------|---|-----------|---|----------|
| | зерно | солома | зерно | солома |
| Фон 2: N45P45K45 | 10,06 / 73 | 3,77 / 27 | 1,98 / 96 | 0,09 / 4 |
| Ф2+N45+Экстрасол Ч-13 стандарт | 10,96 / 72 | 4,19 / 28 | 2,18 / 95 | 0,11 / 5 |

| | | | | |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|----------|
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 11,33 / 73 | 4,19 / 27 | 2,28 / 95 | 0,11 / 5 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V417 | 11,29 / 74 | 4,00 / 26 | 2,24 / 96 | 0,09 / 4 |
| N90P45K45 | 11,59 / 73 | 4,27 / 27 | 3,45 / 92 | 0,32 / 8 |

¹ в числителе – г/м², в знаменателе – % от накопленного азота удобрения, почвы и ассоциативного; ² в числителе – г/м², в знаменателе – % от накопленного азота удобрения

Эффективность использования азота в агроценозе характеризует состояние баланса ¹⁵N, чем больше растения потребляют азот удобрения на формирование урожая и чем меньше его неучтенные потери, относящиеся преимущественно к газообразным, тем устойчивее функционирует агроценоз. Определение статей баланса ¹⁵N показывает (табл. 9), что при внесении на РК-фоне N45 и N90 растения использовали на формирование урожая соответственно 46 и 42 % от дозы N. Применение биопрепаратов увеличило этот показатель на 5-7 %. Иммобилизация (закрепление) азота удобрения в почве составляет 30-36 % от внесенной дозы и возрастает по мере повышения дозы внесения. Применение новых эндофитных бактерий обеспечивает тенденцию к снижению закрепления азота удобрения в почве. В результате большего потребления растениями ¹⁵N на формирование урожая при использовании биопрепаратов в сочетании с дозой N45 газообразные потери азота удобрения снижаются с 21 до 17-19 %, максимальные потери (23 %) отмечены при использовании под яровую пшеницу N90.

Таблица 9. Баланс ¹⁵N при возделывании яровой пшеницы. В среднем за 2020-2021 гг.

| Вариант | Накоплено в растениях | | Иммобилизация в почве | | Потери | |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | г/м ² | % от дозы удобрения | г/м ² | % от дозы удобрения | г/м ² | % от дозы удобрения |
| Фон 2: N45P45K45 | 2,07 | 46 | 1,45 | 33 | 0,99 | 21 |
| Ф2+N45+Экстра сол Ч-13 стандарт | 2,29 | 51 | 1,47 | 33 | 0,74 | 17 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V167 | 2,40 | 53 | 1,36 | 30 | 0,74 | 17 |
| Ф2+N45+эндофит штамм V417 | 2,34 | 52 | 1,3 | 30 | 0,83 | 19 |
| N90P45K45 | 3,77 | 42 | 3,21 | 36 | 2,03 | 23 |

Согласно методике оценки режимов функционирования агроэкосистемы, рассчитаны числовые критерии оценки устойчивости агроценоза яровой пшеница на темно-серой лесной почве при внесении N- удобрения и инокуляции семян различных

биопрепаратами. Значение критерия отношения РИ: М (отношение реиммобилизованного азота к мобилизованному азоту, выражаемому в процентах) по вариантам опыта изменялось от 25% до 31%. Согласно значениям этого критерия режим функционирования агроэкосистемы яровой пшеницы оценивается как допустимый и предельно допустимый. При внесении N-удобрения в дозах N45 и N90 система находится в резистентности и уровень воздействия предельно допустимый. При использовании биопрепаратов значение РИ: М составляет 25-31%, что соответствует также резистентности или предельно допустимому уровню воздействия.

Оценка критерия режима функционирования агроценоза яровой пшеницы по соотношению нетто-минерализованного к реиммобилизованному азоту (Н-М : РИ) в опыте показала, что его значение (критерий) составляет 2,24 -2,98. Исходя из значения это критерия, при внесении обеих доз азотного удобрения агроценоз яровой пшеницы на темно-серой лесной почве функционирует в режиме резистентности и уровень воздействия на систему оценивается как предельно допустимый. При использовании эндофитных биопрепаратов на основе штаммов Ч-13 и V167 режим функционирования агроэкосистемы оценивается как стрессовый, а уровень воздействия становится допустимым. При применении биопрепарата V417 режим функционирования переходит в резистентный, а уровень воздействия - предельно допустимый.

Выводы

1. Применение под яровую пшеницу азотного удобрения и эндофитных биопрепаратов положительно влияет на урожайность, прибавки от применения биопрепаратов на РК-фоне составили 21–39%, при этом максимальной она получена от V417, прибавка от штамма V167 – 30%. Оба эти штамма превышали стандартный Ч-13. Увеличение дозы азота обеспечило незначительное рост урожайности зерна яровой пшеницы. При внесении полного минерального удобрения биопрепараты создают тенденцию увеличения массы зерна. В результате внесения N-удобрения и применения биопрепаратов возрастает высота растений на 8–9 см, продуктивную кустистость на РК-фоне на 0,12–0,14, длина колоса яровой пшеницы на 0,41–0,73 см.

2. Биопрепараты на фоне РК повышают на 2,8–3,8 г массу 1000 зерен яровой пшеницы. Содержание белка в зерне яровой пшеницы от изучаемых приемов имело тенденцию к повышению с 12,4 до 13,1–13,9%. Инокуляция семян эндофитными биопрепаратами обеспечила тенденцию повышения содержания белка в зерне яровой пшеницы на 0,7–1,2% и с 24,4 до 25,5–26,2% содержание сырой клейковины, полученное зерно по этим показателям соответствует третьему классу качества.

3. Инокуляция семян эндофитными бактериями повышает биомассу растений и содержание в ней азота в фазу цветения. Инокулянты увеличивают накопление азота в зерне на 21–33%, внесение N45 – на 49%, инокуляция семян в сочетании с внесением N45 – на 7–10%. Около 70–74% азота от общего накопления в урожае локализуется в зерне. Накопление фосфора в урожае при использовании N-удобрения и биопрепаратов возрастает в 1,5 раза. При использовании штамма V417 на РК-фоне получено достоверное увеличение выноса фосфора урожаем яровой пшеницы, накопленный в растениях фосфор преимущественно локализовался в зерне (66–71%). Накопление калия в урожае яровой пшеницы увеличилось от N-удобрения в 1,27 раза, на РК-фоне от биопрепаратов накопление K₂O в урожае возросло в 1,16–1,23 раза, что равноценно росту, достигнутому при внесении N45. Накопленный калий локализовался

преимущественно в соломе – 2/3. За счет биопрепаратов и азотного удобрения в обеих дозах в зерне возрастало накопление калия от общего его выноса урожаем с 26 до 30–35%.

4. Использование эндофитных бактерий повышает накопление ^{15}N в урожае яровой пшеницы, снижает с 11 до 6–7% потери ^{15}N . При использовании эндофитных бактерий в результате азотфиксации около 20% урожая формируется за счет биологического азота, при этом максимальное его накопление в растениях (24,8%) получено по V 417. При внесении Naa урожай формировался на 15% за счет удобрения, использование биопрепаратов не влияло на относительную величину этого показателя. В результате минерализации почвенного азота при применении Naa растения использовали для формирования урожая при инокуляции семян около 8,5% «экстра»-N. Наибольшее его поступление в растения (11,5...12,1%) отмечено при внесении под яровую пшеницу Naa. Меченый (^{15}N) азот удобрения также преимущественно накапливается в зерне (92...96%). С увеличением дозы азотного удобрения с N45 до N90 происходит перераспределение накопления ^{15}N в пользу соломы с 4–5 до 8%.

5. Иммобилизация (закрепление) ^{15}N удобрения в почве составляет 30...36% от внесенной дозы и возрастает при повышении дозы. Применение эндофитных бактерий создает тенденцию снижения закрепления ^{15}N в почве. В результате большего накопления ^{15}N в урожае при использовании биопрепаратов в сочетании с дозой N45 снижаются потери ^{15}N с 21 до 17–19%, максимальные потери (23%) происходит при внесении N90.

6. При внесении N-удобрения в дозах N45 и N90 агроценоз яровой пшеницы находится в резистентности и уровень воздействия предельно допустимый. При использовании биопрепаратов значение РИ: М составляет 25–31%, что соответствует предельно допустимому уровню воздействия. При использовании штаммов Ч-13 и V167 режим функционирования агроэкосистемы оценивается как стрессовый или допустимым. При применении штамма V417 режим функционирования переходит в резистентный, а уровень воздействия – предельно допустимый.

Работы опубликованные по теме диссертации в изданиях списка ВАК РФ:

1. Завалин А.А., Сапожников С.Н., Ньямбосе Дж. Реакция яровой пшеницы на применение азотного удобрения и биопрепаратов// Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 4. С. 50-54. DOI: [10.31857/2500-2082/2022/4/50-54](https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/4/50-54) EDN:BIGATH
2. Завалин А.А., Ньямбосе Д., Чернова Л.С., Баганова М.Е., Сапожников С.Н., Ипполитов М.А. Использование яровой пшеницей азота удобрения при инокуляции семян биопрепаратами//Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 6. С. 9-13. DOI: [10.31857/S2500262722060023](https://doi.org/10.31857/S2500262722060023), EDN: MIQNZV
3. Ньямбосе Дж., Сапожников С.Н., Чернова Л.С., Ипполитов М.А., Завалин А.А. Эффективность применения биопрепаратов и азотного удобрения на яровой пшенице// Плодородие. 2023. № 4. С. 82-86. DOI [10.25680/S19948603.2023.133.20](https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.133.20)

Публикации в других изданиях:

4. Zavalin, A.A., Nyambose, J., Chernova, L.S., Baganova, M.E., Sapozhnikov, S.N. and Ippolitov, M.A., 2023. Use of Fertilizer Nitrogen by Spring Wheat When Inoculating Seeds with Biopreparations. *Russian Agricultural Sciences*, 49(1), pp.8-13; DOI <https://doi.org/10.3103/S1068367423010172>
5. Nyambose, J. and Zavalin, A.A., 2023. INFLUENCE OF FERTILIZER NITROGEN AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON SPRING WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY. *Endless light in science*, (Май), pp.441-447; DOI [10.24412/2709-1201-2023-441-447](https://doi.org/10.24412/2709-1201-2023-441-447) UDK 631.8+633.1
6. Ньямбосе Д. Влияние азотных удобрений и биологических препаратов на урожайность зерна яровой пшеницы / Материалы 56-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых, специалистов агрохимиков и экологов, посвященной 150-летию со дня рождения академика К.К. Гедройца (ВНИИА): / Под редакцией академика РАН Завалина А.А. М.: ВНИИА, 2022. 122 с ISBN 978-5-9238-0274-0; DOI [10.25680/VNIIA.2019.45.90.109](https://doi.org/10.25680/VNIIA.2019.45.90.109)
7. Завалин А.А., Ньямбосе Д. Применение азотного удобрения и биопрепаратов под яровую пшеницу: «Современные проблемы почвозащитного земледелия». Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию опыта по контурно-мелиоративному земледелию ВНИИЗиЗПЭ, Курск, 5-7 октября 2022 г – Курск: «ФГБНУ Курский федеральный аграрный научный центр», 2022. С. 77 -80. DOI [10.18411/isbn978-5-907407-75-6](https://doi.org/10.18411/isbn978-5-907407-75-6)

АННОТАЦИЯ

Аннотация. диссертационная работа направлена на агрохимическую оценку эффективности использования на яровой пшенице сорта Злата новых микробных эндофитных биопрепаратов и меченой ^{15}N аммиачной селитры (Naa) на темно-серой лесной почве. Методологии проведения исследований основана на системном подходе по оценке эффективности применения азотного удобрения и биопрепаратов с использованием современных методов агрохимических и биохимических анализов растений и почвы.

Установлено, что прибавки массы зерна от эндофитов на РК-фоне составили 21–39%, максимальная прибавка получена от препарата на основе штамма V417, от штамма V167 – 30%, оба эти штамма превышали стандартный Ч-13. При использовании биопрепаратов урожай на 20% формировался за счет биологического азота, при этом наибольшее его накопление (24,8%) происходит по штамму V 417. При

внесении N45 и N90 растения используют соответственно 46 и 42% азота удобрения, применение биопрепаратов повышает величину этого показателя до 51...53%. В почве закрепляется 33...36% от внесенной дозы ^{15}N , при использовании биопрепаратов – до 30%. Потери меченого ^{15}N достигают 33...36%, при внесении биопрепаратов они снижаются до 17...19%.

Теоретическая значимость работы заключается в агрономической оценке действия биопрепаратов, созданных на основе эндофитных бактерий, и азотного удобрения на использование растениями азота, его потоки в агроценозе, величину и качество урожая зерна яровой пшеницы на темно-серой лесной почве. Практическая значимость работы оценивается в научном обосновании агрономической эффективности использования эндофитных бактерий и азотного удобрения (аммиачной селитры) в агротехнологии яровой пшеницы на темно серой лесной почве, обеспечивающих получение зерна 3 класса качества.

Ключевые слова: биопрепараты, эндофитные бактерии, азотное удобрение

Annotation. The dissertation work is aimed at an agrochemical assessment of the effectiveness of using new microbial endophytic biological preparations and ^{15}N -labelled ammonium nitrate (NH_4NO_3) on spring wheat variety Zlata on dark gray forest soil. The research methodology was based on the systematic approach to assess the effectiveness of using nitrogen fertilizer and biological preparations based on endophytic bacteria, using modern methods of agrochemical and biochemical analysis of plants and soil.

It was established that the increase in grain weight from endophytes on phosphorus-potassium (PK) background was 21-39%, the maximum increase was obtained from biological preparation based on strain V417, and from strain V167 30% of grain weight was recorded. Both strains exceeded the standard extrasol Ch-13. When using biological preparation, 20% of the yield formed was due to biological nitrogen and its maximum accumulation was 24.8%, obtained from the strain V417. It was noted that about 95-96% of nitrogen from the applied mineral fertilizer was accumulated in the grain of spring wheat and only 4-5% was accumulated in straw. When N45 and N90 were applied, the plant was able to use about 46 – 42% of the nitrogen and when using biological preparations at the same nitrogen application rate, there was an increase in the value of this indicator by 51- 53%.

The theoretical significance of the work lies in the agronomic assessment of the effect of biological preparations based on endophytic bacteria and nitrogen fertilizer on the use of nitrogen by plants, its flows in the agroecosystems, the size and quality of the spring wheat grain yield on the dark gray forest soil. The practical significance of the work lies in the scientific substantiation of the agronomic effectiveness of the use of biological preparations based on endophytic bacteria and nitrogen fertilizer (NH_4NO_3) in the agricultural technology of spring wheat on dark gray forest soil, ensuring the production of food grain of quality class 3.

Keywords: biological preparation, endophytic bacteria, nitrogen fertilizer