

На правах рукописи

Горьков Алексей Андреевич

**Агротехнологическое обоснование использования биопрепаратов
при возделывании озимой пшеницы на темно-серых лесных
почвах**

06.01.01 — Общее земледелие, растениеводство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Орёл-2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

- Научный руководитель: **Павловская Нинэль Ефимовна**, заслуженный работник высшей школы РФ, д.б.н., профессор, заведующая кафедрой биотехнологии ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина»
- Официальные оппоненты: **Шапалов Виктор Федорович**, д.с.-х.н., с.н.с, ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Левшаков Леонид Васильевич, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова»
- Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока"

Защита состоится «7» октября 2021 г. в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.059.04 в ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина» по адресу: 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина 69.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале библиотеки ФГБОУ ВО Орловский ГАУ (г. Орел, Бульвар Победы 19) и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» <https://www.orelsau.ru> и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ https://vak.minobrnauki.gov.ru/adverts_list#tab=tab:advert~

Автореферат разослан «__» _____ 2021 г.

Просим прислать отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных и скрепленных гербовой печатью, ученому секретарю диссертационного совета.

Факс: 8(4862)43-13-01, e-mail: dissovet-orelsau@yandex.ru

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор с.-х. наук, доцент



Резвякова С.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Орловской области озимая пшеница занимает доминирующее положение в сложившейся структуре посевных площадей зернового клина. При стабильности посевных площадей основной путь роста валовых сборов зерна состоит в дальнейшем повышении урожайности. Все более актуальным становится совершенствование агротехнических приемов повышения качества продукции растениеводства. Одним из таких приемов является использование биопрепаратов в сочетании с макро- и микроудобрениями. Однако работы по эффективности применения биопрепаратов при размещении озимой пшеницы в различных почвенно-климатических условиях практически отсутствуют, остается не выясненным вопрос о реакциях высокоурожайных сортов озимой пшеницы на нормы, кратность обработки.

Степень разработанности темы исследований. Исследования в области биологизации земледелия и растениеводства, а также использования биопрепаратов при возделывании озимой пшеницы обобщены в трудах отечественных и зарубежных ученых Жученко А.А., Пигорева И.Я., Санина С. С., Павловской Н.Е., Мамеева В.В., Власовой О.И., Bhalla Prem L., Iordachescu M., Walters D.R. и других.

Школой Павловской Н.Е. созданы препараты на основе сигнальных молекул клеток растений с очень низкими добавками микроэлемента магния и салициловой кислоты, способствующие защите сельскохозяйственных культур от различных заболеваний на начальных стадиях развития.

Несмотря на достаточное освещение вопросов применения биопрепаратов микробного происхождения для интенсивного земледелия, очень мало работ посвящено препаратам на основе элиситоров, выделенных из растительных клеток. Практические подходы, связанные с применением биопрепаратов на основе компонентов клеток, в адаптивной технологии озимой пшеницы направлены на решение задачи повышения продуктивности важнейшей зерновой и продовольственной культуры. Расширение научных данных, обосновывающих лучшее понимание процессов, происходящих в семенах в период формирования, созревания и образования всходов, а также разработка приемов повышения посевных качеств семян должны предоставить новые возможности для управления важными составляющими будущего урожая.

Цель исследований заключается в обосновании применения новых биопрепаратов на основе биофлавоноидов гречихи и лектинов сои в сочетании с микроэлементами в технологии возделывания ози-

мой пшеницы на темно-серых лесных почвах, направленных на увеличение урожайности и качества зерна.

Задачи исследований:

- провести сравнительный анализ морфометрических показателей озимой пшеницы и всхожести под влиянием биопрепаратов;
- оценить действие препаратов на накопление ассимилятов и фотосинтетическую активность;
- исследовать влияние биопрепаратов на структуру урожая, урожайность и качество зерна пшеницы;
- дать экономическую оценку применения биопрепаратов в технологии возделывания озимой пшеницы.

Научная новизна. Впервые разработаны технологические принципы применения биопрепаратов на озимых культурах (на примере озимой пшеницы) с целью улучшения физиолого-биохимического состояния в осенне-зимне-весенний период, повышения полевой всхожести. Показана возможность использования биопрепаратов на основе биофлавоноидов гречихи и лектинов сои при низкотемпературной адаптации озимой пшеницы в условиях Орловской области на темно-серых лесных почвах. Впервые изучены изменения активности фермента рибулезо-бисфосфат карбоксилазы озимой пшеницы при применении биопрепаратов. Установлены факторы, улучшающие морфометрические показатели и урожайность озимой пшеницы.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что проведенные исследования позволяют обосновать элементы биологизации возделывания озимой пшеницы для повышения ее продуктивности. Экспериментально доказана эффективность применения биопрепаратов на посевах озимой пшеницы. Определены результативные дозы микроэлементов и биологически активных веществ в составе биопрепаратов для озимой пшеницы, приводящие к накоплению сухих веществ, в том числе сахаров в осенний период вегетации. Установлены наиболее эффективные биопрепараты для повышения урожайности и качества зерна. Обработка семян биопрепаратами в количестве 500 мл/т и всходов из расчета 250 мл/га обеспечивает среднюю прибавку урожая на 13,5%, одновременно повышая класс пшеницы.

Итоги диссертационного исследования могут быть использованы после регистрационных испытаний при внедрении органического земледелия в хозяйствах, занимающихся производством зерна. Материалы диссертации используются в учебном процессе в ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология исследований основана на анализе и обобщении ранее известных достижений науки и практики, а также на принципах системного подхода к решению изучаемой проблемы. Методы исследований – обобщающий, экспериментальный полевой опыт и лабораторные исследования растительных образцов, статистический и экономический методы исследований, текстовое и графическое, а также цифровое отображение полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- биопрепараты оказывают влияние на энергию прорастания, всхожесть семян, участвуют в регуляции процессов роста;
- биопрепараты способствуют накоплению ассимилятов, которые коррелируют с активностью рубиско и активируются компонентами, входящими в их состав;
- биопрепараты положительно влияют на формирование структуры урожая озимой пшеницы, урожайность и повышают качество зерна;
- экономически эффективно возделывание озимой пшеницы с применением биопрепаратов.

Степень достоверности и апробации результатов исследований. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается следующим: использованием современных методов исследований и приборно-измерительной техники; использованием классических законов естественных наук и применением методов математической статистики при обработке экспериментальных данных; воспроизводимостью и адекватностью теоретических и экспериментальных результатов; их производственной проверкой в условиях ООО «АГ-РОЭЛИТА».

Апробация работы. Апробация работы представлена в двух направлениях: 1) в рамках научного проекта РФФИ № 19-316-90021 2) комплексного плана научной, производственной и инновационной деятельности структурных подразделений университета на базе НОПЦ «Интеграция». Результаты исследований подтверждаются достаточным объемом экспериментальных данных, полученных в 2017-2020 гг.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийском конкурсе на лучшую научную работу Минсельхоза РФ в номинации «Биологические науки» (Брянск, Оренбург 2018; 2019 г.); конференции-конкурсе «Современный агропромышленный комплекс глазами молодых ученых» (Орел, 2017 г.); ежегодном конкурсе, посвященном Дню Российской науки, среди студентов, аспирантов и молодых ученых на лучшую научно-

исследовательскую работу «Инновации молодых ученых – в агропромышленный комплекс» (Орел, 2018, 2019, 2020 гг.); международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам» (Орел, 2017 г.); XIV Международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2017 г.); международной научно-практической конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии «Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения» (Орел, 2018, 2019, 2020 гг.); международной научно-практической конференции «Наука без границ и языковые барьеры» (Орел, 2018 г.); круглом столе «Наукоемкие тренды технологического развития сельского хозяйства: биологизация, органическое производство, цифровое земледелие» в рамках Всероссийской научно-практической конференции «Паритетность отношений в аграрном секторе экономики: научно-практическое обеспечение и механизмы реализации» (Орел, 2018 г.); Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию высшего аграрного образования в Ивановской области «Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России» (Иваново, 2018 г.); IX Международной научной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений» (Минск, 2018 г.); Международной научно-практической конференции «Биологизация и продовольственная безопасность - векторы развития современного АПК» (Орел, 2019 г.); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: российский и зарубежный опыт» (Омск, 2019 г.); 6TH International conference on agriproducts processing and farming (APAF 2019 Voronezh, 2019 г.); международном форуме «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, 2020); региональной научной конференции «Механизмы регуляции продукционного процесса растений» (Орел, 2021).

Личный вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии на всех этапах исследования и обсуждения результатов в научных публикациях и докладах, проведении патентного поиска и анализа научной литературы отечественных и зарубежных авторов, обобщении полученных экспериментальных данных и статистической обработки.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Исследования выполнены в соответствии с Паспортом специальностей ВАК Министерства науки и высшего образования РФ по специальности 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство.

Публикации по теме работы. Основные научные результаты опубликованы в 26 печатных трудах, в том числе 3 - в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – в международных изданиях из библиографической и реферативной базы данных SCOPUS.

Структура и объем научно-квалификационной работы. Диссертация включает введение, 3 главы, выводы, список литературы, состоящий из 177 источников, из них 70 – иностранных, приложения. Диссертация автора содержит 150 страниц компьютерного текста, 53 рисунка и 29 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований.

Аналитический обзор посвящен анализу научной и патентной литературы в области современного состояния производства озимой пшеницы, повышения качества зерна в России. Рассмотрена роль элементов питания и их соотношение в формировании заданной урожайности и качества зерна пшеницы, обоснована целесообразность применения биопрепаратов для получения экологически безопасной продукции и повышения устойчивости к абиотическим факторам среды.

Объекты и методы исследований.

Исследования проводились на базе ЦКП «Орловский региональный центр сельскохозяйственной биотехнологии», кафедре биотехнологии ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ» и ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90021 в двух факторном опыте по схеме.

Фактор А: новые районированные сорта озимой пшеницы: Гром, Леонида, Синева, Кристелла, Скипетр.

Фактор В: новые биопрепараты (БП) (табл. 1).

Обработка семян пшеницы осуществлялась путем замачивания в течение 2 часов и 2-х кратным опрыскиванием посевов в фазах 2-3 листа и кущения осенью биопрепаратами на основе природных компонентов (БП 2, патент на изобретение RU 2372763 C1, 20.11.2009; БП 3 патент на изобретение RU 2463759 C1, 20.10.2012) с добавлением микроэлементов.

Таблица 1. Действующие вещества биопрепаратов на основе природных
КОМПОНЕНТОВ

№ п/п	Условное обозначение	Действующие вещества	Вспомогательные вещества
1	БП 1, Zn, Co	Лектины+Биофлавоноиды	Гуминовые и фульвовые кислоты, салициловая кислота, магний, цинк, кобальт
2	БП 2, Zn, Co	Лектины	
3	БП 3, Zn, Co	Биофлавоноиды гречихи	

К – контрольный вариант без обработки

Гуматы – контрольный вариант обработки жидким органическим удобрением

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – чистый пар. Посев осуществляли (15.09.2017 г.; 20.09.2018 г.; 24.09.2019г.) на делянках с учетной площадью 15 м² селекционной сеялкой СКС-6-10, ширина междурядий 15 см. Норма высева 5 млн. всхожих зерен на гектар. Перед посевом была внесена азофоска (N₁₅P₁₅K₁₅) в дозе 150 кг/га. Ранневесенняя подкормка была проведена в каждый год исследования 2 апреля аммиачной селитрой в дозе 200 кг/га. Обработка посевов от сорняков проводилась в фазу кушения гербицидом Примадонна, СЭ 0,8 л/га. Дополнительная подкормка была проведена 16 мая в каждый год исследования азофоской (N₁₅P₁₅K₁₅) в дозе 150 кг/га в фазу выхода в трубку. Размещение делянок в опыте систематическое. Повторность опыта четырехкратная. Уборка проведена в фазу полного созревания всех сортов озимой пшеницы селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

Исследования проводили с использованием стандартизированных методик и специализированных методов, позволяющих обеспечить достоверность, точность и воспроизведение результатов измерений.

Пробы озимой пшеницы для исследования отбирали по ГОСТ 12036-85. Определение энергии прорастания и всхожести озимой пшеницы (ГОСТ 12038) проводили при переменной температуре 20-30⁰С, подсчет нормально проросших семян вели для мягкой пшеницы на 3 и 7 сутки, а твердой - на 4 и 8 сутки. Количество и качество клейковины в пшенице определяли по ГОСТ Р 54478-2011. Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 10842-89, стекловидность по ГОСТ 10987-76, содержание сахаров рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013, массовую долю белка по ГОСТ 10846-91. Активность фермента рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы (рубиско) определяли спектрофотометрическим методом, основанным на изменении оптической плотности НАДФ·Н при 340 нм. За единицу активности фермента принимали изменение оптической плотности на 0,01 в 1 мин (А). Для

пересчета активности с единиц оптической плотности в микромолях НАДФ·Н применяли коэффициент экстинкции кофакторов – 6,22 см²/мкМ.

Основные учеты и наблюдения проведены по общепринятым и широко апробированным в научных учреждениях методикам, в том числе по Методике государственного испытания сельскохозяйственных культур (1985). Нормальность распределения проверялась методами Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилко. Для оценки различий между отдельными показателями использовали дисперсионный анализ и метод множественных сравнений Шеффе (Лапач и др., 2001). Статистически значимыми приняты различия по величине уровня значимости P, не превышающие 0,05.

Математическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние биопрепаратов на основе компонентов клеток на морфометрические показатели озимой пшеницы.

Научное обоснование введения микроэлементов Zn, Co в биопрепараты основывается на их биологической роли и способности этих элементов повышать устойчивость растений к абиотическим факторам. Использование по отдельности микроэлементов Zn²⁺10⁻⁴ М и Со²⁺10⁻⁴ М приводит к росту энергии прорастания в среднем на 24%, всхожести - на 28%, увеличению высоты растений в фазе 3 листа в 1,8 и 1,6 раз соответственно, при этом увеличивается длина корня и количество корешков в ~2 раза. Обработка БП1 приводит также к усилению ростовых показателей на 12%. Введение Zn и Со в БП1 как по отдельности, так и вместе снижает высоту растений в фазе кушения в среднем на 5% по сравнению с БП1. Применение БП2 вызывает увеличение высоты растения на 10-12% у сортов Леонида, Гром, Синева, Скипетр, относящихся к мягким и на 80% у сорта Кристелла, относящейся к твердой. Введение Zn понижает рост на 3%, Со - на 5%, совместное применение Zn, Со - на 8% по отношению к БП2. Сравнение вариантов обработки БП3 с введением Zn, Со выявило, что на 3 сортах из пяти БП3 снижает высоту растений сортов Леонида и Гром на 4%, сорта Синева на 40%. На двух сортах Кристелла и Скипетр происходит усиление роста растения. Этот факт можно рассматривать как характеризующий БП3 с избирательным действием. Добавление Zn, Со приводит к увеличению высоты растения по отношению к БП3. Аналогичные данные были получены и при исследовании длины главного корня и количества корешков. На основании полученных совокупных дан-

ных были составлены новые формулы биопрепаратов - БП1 Zn, Co; БП2 Zn, Co; БП3 Zn, Co.

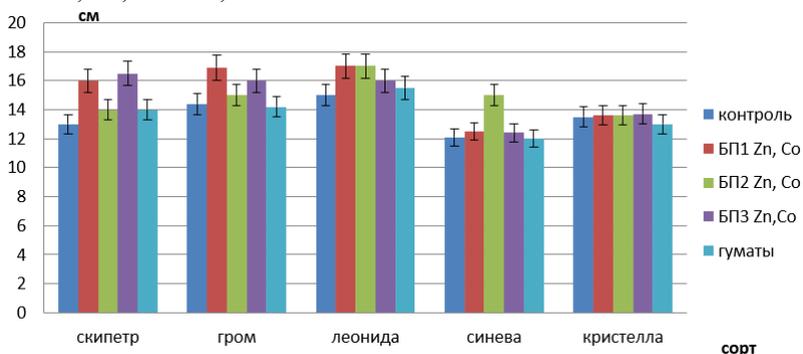


Рисунок 1 – Влияние биопрепаратов на высоту растения в фазе кушце-ния в полевых условиях, среднее за 3 года

На рисунке 1 представлены данные по влиянию биопрепаратов на высоту растения в полевых условиях перед уходом в зиму. Наиболее оказывающим влияние на рост растений является БП1 Zn, Co. Изучая влияние биопрепаратов на длину корней растения в полевых условиях (рис.2), выявлено, что стимулирующий эффект составляет от 2 до 80%.

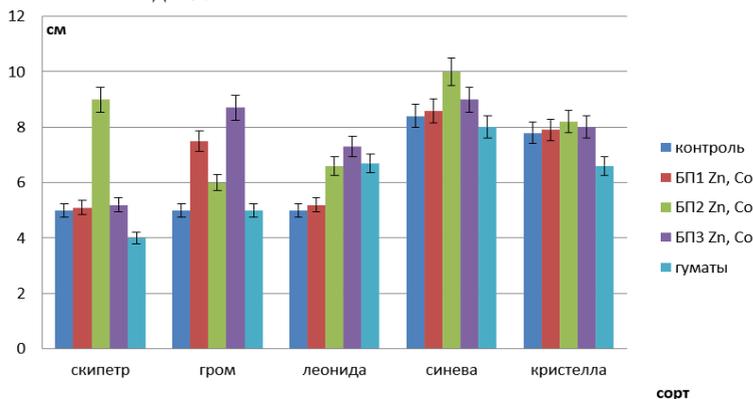


Рисунок 2 – Влияние биопрепаратов на длину корней растения в фазе кушце-ния в полевых условиях, среднее за 3 года

В среднем по изучаемым сортам БП1 Zn, Co +11,69%, БП2 Zn, Co +30,2%, БП3 Zn, Co +26,72%. При идентичной обработке гуматами ростостимулирующий эффект отмечен на одном сорте Леонида и

составил +34%. При этом было показано, что количество корней варьирует в зависимости от сорта и составляет 5-6 шт., обработка БП1 Zn, Co способствует увеличению количества корней до 8 шт. у сорта Леонида (+36%), у сорта Скипетр (+34%). У сорта Кристелла выявлена незначительная прибавка по отношению к контролю +4%. У остальных сортов: Гром и Синева количество корней не изменилось. При использовании БП2 Zn, Co по всем сортам отмечена положительная динамика. Количество корней возрастает до 10 шт. (сорт Синева +92%). По другим сортам: Скипетр +20%, Гром, Леонида +16%, Кристелла +11%. Применение БП3 Zn, Co оказывает влияние на образование количества корней. Прирост в среднем по сортам составляет 25%: Леонида +28%, Синева +46%.

На основании проведенных исследований было показано, что испытываемые биопрепараты на всех сортах увеличивают всхожесть: БП1 Zn, Co + 5,6%; БП2 Zn, Co +12,8%; БП3 Zn, Co + 14,3%; гуматы +12,5 %.

Анализ высоты растений в фазу колошение-полная спелость представлен в таблице 2.

Таблица 2. Высота растений озимой пшеницы в фазу колошение-полная спелость, см (среднее за 3 года)

Сорт	Контроль	БП1 Zn, Co	БП2 Zn, Co	БП3 Zn, Co	Гуматы
Скипетр	88,8	86,7	87,4	86,4	88,9
Гром	67,2	69,8	70,9	72,9	71,5
Синева	97,5	91,2	92,4	96,3	93,9
Леонида	84,2	87,6	82,2	84,2	83,1
Кристелла	73,1	71,9	72,8	72,0	70,4
Среднее	82,2	81,4	81,1	82,4	81,6
НСП ₀₅ , А	0,9	1,1	1,0	1,2	1,1
НСП ₀₅ , В	0,8	0,5	0,3	0,7	0,5
НСП ₀₅ , АВ	1,5	1,2	1,1	1,6	1,3

Высота растений варьировала по сортам и вариантам обработки: сорт Скипетр 86-88 см, сорт Гром 67-72 см, сорт Синева 91-97 см, сорт Леонида 82-87 см, сорт Кристелла 70-73 см. Обработка биопрепаратами приводит к уменьшению высоты растения (исключение сорт Гром), а также уменьшению интервала отклонения показателя к среднему значению, что способствует выравниванию посевов.

Масса одного растения зависит от кустистости и высоты растения. Выявлено (среднее по сортам), что обработка биопрепаратом БП2

Zn, Co способствует накоплению биомассы на 5%, по остальным биопрепаратам, в том числе и гуматам отмечено снижение на 6% (БП1 Zn, Co), 15% (БП3 Zn, Co), 7% (гуматы).

Таким образом, все применяемые препараты оказывают влияние на процессы роста различных сортов озимой пшеницы, повышая ассимиляционную поверхность.

Влияние биопрепаратов на накопление ассимилятов и фотосинтетическую активность.

Современные знания о процессе фотосинтеза позволяют оптимизировать условия протекания фотосинтетического метаболизма, когда внешние факторы не лимитируют скорость фотосинтеза, а детерминируются ростовой функцией. Важными аспектами является увеличение листовой поверхности в посевах, удлинение времени активной работы фотосинтетического аппарата в течение каждых суток и вегетационного периода. Это можно поддержать агротехникой, внесением минеральных удобрений, обработкой биопрепаратами. Другими факторами высокой интенсивности фотосинтеза являются обеспечение максимального суточного прироста сухого вещества и притока продуктов фотосинтеза в генеративные органы, повышение уровня утилизации ассимилятов в биосинтезе.

Обработка биопрепаратом с действующим веществом лектины в большей степени способствует увеличению листовой поверхности. В среднем по сортам этот показатель составил 38,5%. Исключение составил сорт Гром, площадь которого увеличилась на 21,0%. Минимальным эффектом обладал биопрепарат на основе биофлавоноидов гречихи - +19%. В сравнении с гуматами по данному показателю эффективность биопрепаратов ниже на 20% по трем сортам, а на двух сортах этот показатель остается на положительном уровне – 27-56%.

Важно отметить, что под влиянием биопрепаратов происходит увеличение количества продуктивных стеблей на 1 га: у сорта Гром на 10-13%; Леонида – 22-30%; Кристелла – 22-23%; Скипетр 3-24%; Синева до 30%, а, следовательно, и площади листьев пшеницы на 1 га.

Эффективность световой фазы фотосинтеза обусловлена активностью фермента рибулезо-бисфосфат карбоксилазы (рубиско). На рисунке 3 представлены данные (среднее по сортам) об изменении активности фермента. В процессе прорастания и развития растений озимой пшеницы с 5 по 11 сутки происходит повышение активности основного фермента фотосинтеза: с 5 по 7 сутки в 2 раза, с 7 по 11 в 1,25 раз.

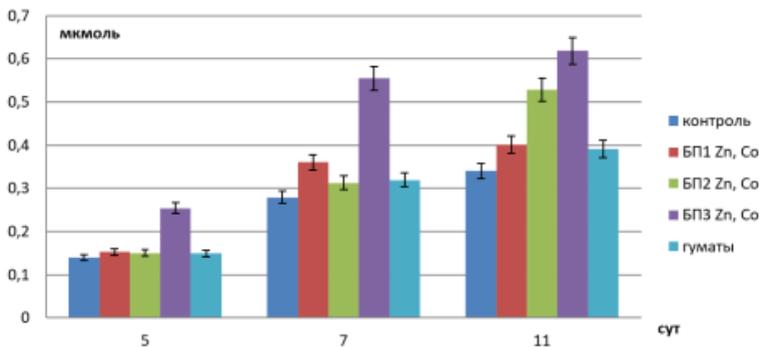


Рисунок 3 – Динамика изменения активности фермента рубиско при обработке биопрепаратами

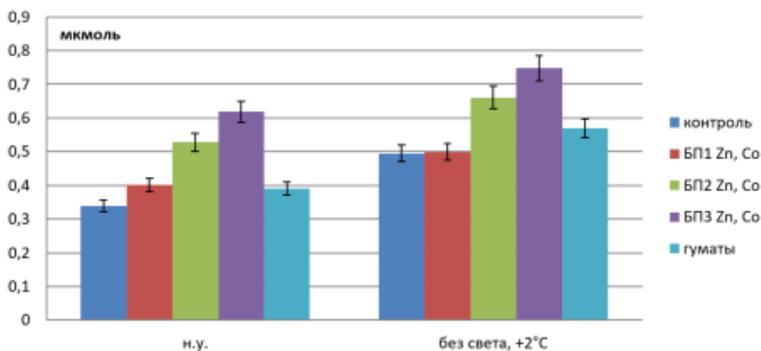


Рисунок 4 – Динамика изменения активности фермента рубиско при изменении условий выращивания (в темноте, +2⁰С)

Было выявлено, что биопрепараты увеличивают активность рубиско по отношению к контролю: на 5 сутки БП1 Zn, Co на 8,8%, БП2 Zn, Co на 7,2%, БП3 Zn, Co на 81,4%, гуматы на 6,7%; 7 сутки БП1 Zn, Co на 29,0%, БП2 Zn, Co на 12,0%, БП3 Zn, Co на 98,7%, гуматы на 14,5%; 11 сутки БП1 Zn, Co на 18,0%, БП2 Zn, Co на 55,3%, БП3 Zn, Co на 81,9%, гуматы на 5,1%.

Увеличение уровня рубиско повышает устойчивость растений к стрессовым воздействиям. Одновременно с развивающимися в нормальных условиях, проростки пшеницы в возрасте семи суток были помещены в темное место на 3-е суток. При возобновлении нормальных условий в течение суток, было выявлено, что к 11 суткам стрессовая ситуация – отсутствие света приводит к росту активности фермен-

та в контрольных вариантах в 1,27 раза, а при обработке биопрепаратами в 1,1-1,19 раз.

Обработка биопрепаратами способствует лучшей адаптации растений и стабильному режиму возобновления фотосинтеза. На рисунке 4 представлены данные активности рубиско, отображающие ответные реакции растений озимой пшеницы на понижение температуры до +2⁰С и отсутствие света, имитирующие снежный покров.

Двухфакторная стрессовая ситуация (первая фаза закаливания растений) и возобновление нормальных условий приводит к активации рубиско в 1,45 раза по отношению к растениям, у которых условия роста не менялись. Применение биопрепаратов снижает рост активности в 1,2 раза в сравнении с динамикой изменчивости в необработанных образцах, фактически идет нарастание активности в 1,2-1,25 раз по вариантам обработки растений в нормальных условиях развития. Обработка биогумусом показывает идентичность изменчивости рубиско с контрольными образцами (в 1,45 раз).

Анализ вариантов исследований выявил, что биопрепараты способствуют накоплению ассимилятов. Так, у менее зимостойких сортов (например, Синева) содержание сахаров повышается в 3 раза. У остальных сортов в зависимости от биопрепарата – на 10%. Таким образом, обработка семян и посевов биопрепаратами улучшает фотосинтетическую активность озимой пшеницы.

Проведенные исследования показали, что за осенне-весенний период гибель контрольных растений озимой пшеницы исследуемых сортов составляла 54±10% (2017-2018гг); 67±9% (2018-2019гг); 20±5% (2019-2020гг.), в то время как обработка биопрепаратами с микроэлементами повышала процент выживших растений в отдельные годы (2020 г) до 100%.

Осенне-зимний период 2018-2019 годов оказался по погодным условиям менее благоприятным, количество возобновивших вегетацию растений было низким – от 20 до 50%, в этот же период и количество оставшихся сахаров было минимальным. Именно в этот год применение биопрепаратов оказалось более продуктивным за счет повышения кустистости на одном растении. Количество растений, возобновивших вегетацию, было выше на 15% по отношению к контролю, а содержание сахаров увеличилось на 21%. В 2017-2018 году выявлено положительное влияние биопрепаратов на количество растений, возобновивших вегетацию, что составило +37% по отношению к контролю, а содержание сахаров увеличилось на 26%. Наиболее благоприятным для вегетации и периода покоя являлся 2019-2020 сельскохозяйственный год. Максимальные показатели были выявлены именно в

этот год исследования. Биопрепараты также оказывали свое действие, но в меньшей степени, что говорит об их регуляторной функции. Повышение выживаемости растений озимой пшеницы в этот период составило + 8%, сахаров +19% к контролю. Остаточное количество сахаров по сортам и среднее по годам исследования было выше при применении БП1 Zn, Co на 12%, БП2 Zn, Co на 18,5%, БП3 Zn, Co на 26,4%, гуматов на 1,7% по сравнению с контролем. Полученные данные о действии биопрепаратов на данные показатели позволяют говорить об их эффективности. Было доказано, что биопрепарат на основе биофлавоноидов является более эффективным по всем сортам (+14,4% к БП1 Zn, Co и +7,9% к БП2 Zn, Co).

Коэффициент корреляции остаточного содержания сахаров с числом выживших растений составил 0,71 в среднем по всем вариантам и годам исследования.

Влияние биопрепаратов на структуру урожая, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Обработка препаратами уменьшает разброс вариативности признака внутри сорта, т.е. увеличивает частоту повторяемости более высокого значения: кустистости, числа зерен с главного колоса, одновременно повышая среднее число зерен. Из изучаемых препаратов более эффективным относительно данных показателей является БП2 Zn, Co, содержащий лектины сои (максимальный прирост к контролю составил 18% в 2020 г).

В среднем по годам исследований масса зерна с главного колоса возросла на 11,9% при его обработке. Максимальная прибавка была в 2020 году +29,8%. При обработке сорта Леонида увеличение массы зерна с главного колоса составило 40%. Масса зерна с подгона увеличивается на 21,9%. При исследовании длины главного колоса выявлено, что применение биопрепаратов БП1 Zn, Co и БП2 Zn, Co способствуют удлинению колоса, при этом происходит и увеличение массы колоса.

Обработка биопрепаратами позволила получить прибавку урожайности к контролю в среднем по сортам, т/га: за 2018г. БП1 Zn, Co +0,48, БП2 Zn, Co +0,87, БП3 Zn, Co +0,8, гуматами +0,39; за 2019г БП1 Zn, Co +0,62, БП2 Zn, Co +1,18, БП3 Zn, Co +0,81, гуматами +0,14; за 2020г БП1 Zn, Co +0,49, БП2 Zn, Co +0,74, БП3 Zn, Co +0,59, гуматами +0,58.

В среднем по годам исследований (табл. 4) максимальная урожайность получена при применении БП2 Zn, Co - 6,45т/га, при этом прибавка к контролю составила +0,93 т/га. Вторым по величине явля-

ется БПЗ Zn, Co, прибавка к контролю составила +0,74 т/га. При применении БП1 Zn, Co урожайность увеличилась на 0,53 т/га, а гуматов 0,37 т/га.

Таблица 4. Влияние биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы, т/га (среднее за 3 года)

Сорт	Вариант обработки				
	К	БП1 Zn, Co	БП2 Zn, Co	БП3 Zn, Co	Гуматы
Скипетр	5,65	5,91	6,58	6,21	6,17
Кристалла	3,22	3,49	3,88	3,65	3,84
Гром	5,95	6,61	6,90	6,74	6,16
Леонида	7,39	7,93	8,04	7,85	7,32
Синева	5,41	6,33	6,86	6,82	5,97
Среднее	5,52	6,05	6,45	6,26	5,89
Прибавка к контролю, т/га (среднее)	-	0,53	0,93	0,74	0,37
НСР ₀₅ , А	0,22	0,31	0,25	0,30	0,36
НСР ₀₅ , В	0,18	0,16	0,12	0,15	0,14
НСР ₀₅ , АВ	0,37	0,45	0,34	0,43	0,48

Качество зерна и его пищевая ценность определяется балансом эссенциальных веществ. Определяющим является содержание белка и его аминокислотный скор. В связи с этим были определены значения клейковины зерна пшеницы, ее качество, стекловидность, масса 1000 семян и содержание белка в опытных образцах. Приведем полученные результаты на сорте Кристалла (табл. 5).

Таблица 5. Отдельные технологические свойства зерна пшеницы сорта Кристалла под влиянием биопрепаратов

Показатель	Контроль	Препарат			
		БП1 Zn, Co	БП2 Zn, Co	БП3 Zn, Co	Гуматы
Масса 1000 семян, г	45,7	45,4	46,5	48,9	45,1
Массовая доля белка, %	14,68	15,02	15,32	15,34	15,12
Массовая доля клейковины, %	18,5	24,0	24,0	20,6	20,0
Группа и характеристика качества клейковины, ед	II 88 (уд. сл.)	II 97 (уд.сл.)	I 77 (хор.)	I 55 (хор.)	I 72 (хор.)
Общая стекловидность, %	70	75	77,7	79	78

Сравнительный анализ изучения массовой доли клейковины сорта Кристалла выявил, что при обработке БП1 Zn, Co и БП2 Zn, Co

происходит увеличение содержания клейковины с 18,5 до 24%, положительная динамика данного показателя составляет 5,5%, в относительных единицах составила 29,73%. Группа и характеристика качества клейковины также изменяется. Отмечен рост и стекловидности зерна на 9% при обработке БПЗ Zn, Co, что составляет 12,85%. Под воздействием этого препарата происходит увеличение массы семян на 3,2 г. (7%). Хорошая тенденция отмечена при применении гуматов. Массовая доля клейковины возрастает до 20% (8,1% к контролю), группа качества становится I, стекловидность повышается до 78%. Массовая доля белка выросла на 0,44% (2,99%). На основании совокупных показателей выявлено, что сорт Кристелла более отзывчив на обработку БПЗ Zn, Co, содержащем в составе флавоноиды гречихи.

Экономическая эффективность применения биопрепаратов в технологии возделывания озимой пшеницы

Для полноценного внедрения результатов исследований по обоснованию использования биопрепаратов при возделывании озимой пшеницы на темно-серых лесных почвах необходимо рассмотреть экономическую эффективность.

Современные сорта озимой пшеницы характеризуются высоким потенциалом урожайности и качества. Они способны обеспечивать урожайность до 7-8 т/га зерна при содержании в нем клейковины не ниже 23%. Экономически оправданный подбор сортов осуществляется в зависимости от целей возделывания и направления использования. При этом субъектам агробизнеса Орловской области необходимо выращивать 2-3 районированных сорта. Это обусловлено тем, что урожайность является производной от взаимодействия двух факторов – генотипа и среды. Поэтому, в один год погодные условия вегетации растений наиболее благоприятны будут для одного сорта, а в другой – для другого, что служит одной из главных причин формирования ими урожайности разного уровня.

Большей урожайностью в среднем за 3 года характеризуются такие сорта как Леонида (7,7 т/га), Синева (6,2 т/га), Скипетр (6,1 т/га). Повышению урожайности зерна с высокими качественными параметрами способствует применение такого действенного фактора как обработка биопрепаратами. При этом практически не потребуются дополнительно увеличивать затраты в расчете на 1 га.

Наиболее высокая урожайность озимой пшеницы формируется при соблюдении общерекомендованных технологий: размещении озимой пшеницы после таких предшественников, как чистый пар, зернобобовые культуры, однолетние и многолетние травы, внесение под

основную обработку почвы фосфорно-калийных удобрений и в несколько приемов азотных.

По результатам расчетов было выявлено, что использование биопрепаратов повышает прибыль за счет роста валового сбора и качества зерна. Наиболее экономически эффективным является применение БП2 Zn, Со, прибыль составила 95734,8 руб. с га при выращивании сорта Леонида. По сортам распределение прибавки к контролю, руб. с га следующее: БП1 Zn, Со Скипетр +20785, Кристелла +3985, Гром +39085, Леонида +7885, Синева +13735; БП2 Zn, Со Скипетр +30815, Кристелла +9815, Гром +43415, Леонида +9665, Синева +21665; БП3 Zn, Со Скипетр +25300, Кристелла +9400, Гром +40900, Леонида +6850, Синева +21100; гуматы Скипетр +24700, Кристелла +9250, Гром +32350, Леонида -1250, Синева +8350.

Самая большая прибавка прибыли составила при применении БП2 Zn, Со на сорте Гром +43415 руб./га.

Максимальный уровень рентабельности при возделывании озимой пшеницы сорта Леонида (79,3%) был отмечен на варианте с использованием БП2 Zn, Со. Уровень рентабельности более 70% отмечен на таких сортах как Гром, Скипетр, Леонида, Синева при использовании всех рассматриваемых биопрепаратов в технологии возделывания на темно-серых лесных почвах.

Возделывание сорта Кристелла, относящегося к твердым сортам пшеницы с применением БП3 Zn, Со позволило поднять уровень рентабельности на 11,5%, что составило 60,1%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обработка семян озимой пшеницы биопрепаратами перед посевом оказывает влияние на ростовые процессы озимой пшеницы, повышает энергию прорастания и всхожесть. По результатам полевого опыта разница к контролю всхожести составила в среднем по сортам: при применении БП1 Zn, Со + 5,6%; БП2 Zn, Со +12,8%; БП3 Zn, Со + 14,3%; гуматов +12,5%.

2. Обработка семян и посевов озимой пшеницы в фазах 2-3 листа и кущения осенью биопрепаратами увеличивают площадь листовой поверхности: БП1 Zn, Со на 56,0%; БП2 Zn, Со на 72,8%; БП3 Zn, Со на 19,4%; гуматы на 38,0%, способствуя накоплению сухого вещества, в том числе сахаров. Коэффициент корреляции влияния биопрепаратов на количество сахаров составил: БП1 Zn, Со +0,89; БП2 Zn, Со +0,87; БП3 Zn, Со +0,86; гуматы +0,89.

3. Обработка биопрепаратами приводит к росту активности основного фермента световой фазы фотосинтеза рибулезобисфосфат

карбоксилазы (рубиско) к контролю на 11 сутки прорастания по вариантам: БП1 Zn, Co на 18,0%, БП2 Zn, Co на 55,3%, БП3 Zn, Co на 81,9%, гуматы на 5,1%, усиливая продукционный процесс опытных растений.

4. Биопрепараты оказывают существенное влияние на формирование элементов структуры урожая, урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Обработка препаратами уменьшает разброс вариативности признака внутри сорта, т.е. увеличивает частоту повторяемости более высокого значения: кустистости, числа зерен с главного колоса, одновременно повышая среднее число зерен и их массу.

5. Отмечена сортовая отзывчивость озимой пшеницы на воздействие препаратов. Такие сорта как Скипетр и Кристелла, имеющие невысокую урожайность в контрольных образцах, показывают стабильную прибавку от года к году, а сорт с более высокой урожайностью (Леонида) вариабельную.

6. Эффективность воздействия биопрепаратов на все сорта озимой пшеницы определяется наличием составляющих компонентов и располагается в порядке убывания: БП2 Zn, Co; БП3 Zn, Co; БП1 Zn, Co. В среднем по сортам и годам исследований прибавка урожайности составила при применении БП2 Zn, Co - 0,93 т/га, БП3 Zn, Co - 0,74 т/га, БП1 Zn, Co - 0,53 т/га, гуматов - 0,37 т/га. При этом повышается массовая доля клейковины и ее группа качества. Отмечен рост стекловидности зерна – максимальный при обработке БП3 Zn, Co в 1,6 раз.

7. Применение биопрепаратов повышает прибыль за счет роста валового сбора и качества зерна. Наиболее экономически эффективным является применение БП2 Zn, Co (прибавка прибыли к контролю 120%), обеспечивающим уровень рентабельности более 70%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Рекомендуем использовать биопрепараты БП2 Zn, Co и БП3 Zn, Co для проведения регистрационных испытаний. С целью получения высокого урожая озимой пшеницы хорошего качества, повышения полевой всхожести, устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам на темно-серых лесных почвах, увеличения экономической эффективности производства зерна необходимо проводить 3-х кратную обработку биопрепаратами: 1) предпосевную в количестве 500 мл/т, 2) в фазе 2-3 листа, 3) в фазе кушения из расчета по 250 мл/га осенью.

СПИСОК НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. **Горьков, А.А.** Эффективность использования биопрепаратов в повышении устойчивости озимой пшеницы к стрессам /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, В.С. Сидоренко // Вестник аграрной науки, 2021. –№ 2 (89). – С. 33-40.
2. **Горьков, А.А.** Агробиологическое обоснование применения биопрепаратов для озимой пшеницы /А.А. Горьков // Вестник аграрной науки, 2019. –№ 5 (80). – С. 133-139.
3. Сидоренко, В.С. Создание и выявление ценных селекционных линий крупяного направления на основе межвидовых гибридов твёрдой пшеницы и полбы / П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова, Г.А. Бударина, Д.В. Наумкин, В.А. Костромичева, Ж.В. Старикова, Ф.В. Тугарева, **А.А. Горьков** // Зернобобовые и крупяные культуры, 2017. – № 4 (24). – С. 106-115.

Статьи в зарубежных журналах, входящих в базу цитирования Scopus

4. Pavlovskay, N.E. Effect of new biologies on winter wheat structure and technological properties / Pavlovskay N.E., **Gorkov A.A.** //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. – Institute of Physics Publishing, 2020. – С. 012022.
5. Konoshina, S. The influence of hydroxyaryls of various genesis on the growth and development of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / Konoshina S., Prudnikova E., **Gorkov A.**, Mikhaylova Yu. and Koneeva O. // International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations” (FARBA 2021). – E3S Web of Conferences, 2021. – V. 254, № 02010.

Статьи и материалы конференций

6. **Горьков, А.А.** Выявление реакции озимой пшеницы на способы и нормы обработки биопрепаратами /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, И.Н. Гагарина, И.В. Горькова // Кн.: Биотехнология: состояние и перспективы развития. – М., 2020. – С. 340-341.
7. **Горьков, А.А.** Современные технологии выращивания озимой пшеницы с применением криоадаптеров /А.А. Горьков, Н.Е. Пав-

ловская // В кн.: Биотехнология: состояние и перспективы развития. – М., 2020. – С. 341-343.

8. **Горьков, А.А.** Активация рибулозобисфосфаткарбоксилазы для регуляции роста растений / А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, Д.К. Матушкин // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения – Орёл, 2020. – С. 52-56.

9. **Горьков, А.А.** Исследование влияния биопрепаратов на качество семян озимой пшеницы / А.А. Горьков, Н.Е. Павловская // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2020. – С. 57-60.

10. Павловская Н.Е., Структурный анализ урожая озимой пшеницы под влиянием биопрепаратов / Н.Е. Павловская, В.С. Сидоренко, **А.А. Горьков** // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2020. – С. 61-66.

11. **Горьков, А.А.** Изучение вариации резульативного признака при обработке биопрепаратами /А.А. Горьков // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2020. – С. 66-71.

12. **Горьков, А.А.** Оценка качества зерна пшеницы при обработке биопрепаратами /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, В.С. Сидоренко // Сб.: Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: российский и зарубежный опыт. – Омск, 2019. – С. 245-247.

13. **Горьков, А.А.** Содержание криозащитных веществ в растениях озимой пшеницы в осенний период /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, К.Н. Гуляева // Сб.: Биологизация и продовольственная безопасность - векторы развития современного АПК. – Орёл, 2019. – С. 43-48.

14. **Горьков, А.А.** Биологически активные компоненты клеток, используемые в производстве биопрепаратов /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2019. – С. 68-73.

15. **Горьков, А.А.** Изучение ростовых показателей озимой пшеницы, обработанной биопрепаратами /А.А. Горьков, Н.Е. Павловская, В.С. Сидоренко. // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2019. – С. 73-77.

16. Павловская, Н.Е. Повышение зимостойкости озимой пшеницы с помощью биологических средств / Н.Е. Павловская, **А.А. Горьков**, С.В. Сидоренко // Сб.: Регуляция роста, развития и продуктивности растений. –Минск, 2018. – С. 108.

17. Павловская, Н.Е. Биотехнологические способы повышения урожайности озимых культур / Н.Е. Павловская, **А.А. Горьков**, О.Н. Козупова, Н.В. Кулабухова, Д.С. Ясинская // Сб.: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. – Иваново, 2018. – С. 212-214.

18. **Горьков, А.А.** Разработка новых биопрепаратов для возделывания современных сортов озимой пшеницы / Горьков А.А. // Сб.: Наука без границ и языковых барьеров. – Орёл, 2018. – С. 22-27.

19. **Горьков, А.А.** Озимая культура пшеницы и ее устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды / А.А. Горьков, Н.Е. Павловская // Сб.: Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. – Орёл, 2018. – С. 49-53.

20. **Горьков, А.А.** Повышение эффективности возделывания озимой пшеницы / А.А. Горьков // Сб.: Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. – Брянск, 2017. – С. 60-64.

21. **Горьков, А.А.** Разработка иммуномодуляторов растений и технологии их применения / А.А. Горьков, Н.Е. Павловская // Сб.: Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био и абиострессорам. – Орёл, 2017. – С. 65-69.

22. **Горьков, А.А.** Повышение адаптационных свойств озимой пшеницы под влиянием биопрепаратов / А.А. Горьков // Сб.: Современный агропромышленный комплекс глазами молодых ученых. – Орёл, 2017. – С. 73-78.

23. **Горьков, А.А.** Управление качеством в зернопроизводстве / А.А. Горьков // Сб.: Аграрная наука - сельскому хозяйству. – ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», 2017. – С. 167-168.

24. **Горьков, А.А.** Организация управления качеством зерновых культур в сельскохозяйственных предприятиях / А.А. Горьков // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – Орёл, 2017. – № 1 (8). – С. 122-126.

25. Горькова, И.В. Биологическая роль лектинов в формировании иммунитета яровой пшеницы / И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, А.Ю. Гаврилова, Е.В. Костромичева, **Горьков А.А.** // Сб.: Инновационные фундаментальные и прикладные исследования в области химии сельскохозяйственному производству. – Орёл, 2014. – С. 209-212.

26. Павловская, Н.Е. Формирование состава иммунокорректирующих биопрепаратов / Н.Е. Павловская, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, **А.А. Горьков**, С.А. Полехин, Е.В. Костромичева, А.Ю. Гагарина // Сб.: Биология - наука XXI века. – М., 2012. – С. 669-671.