

На правах рукописи



БАЙБАКОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ К РЕТАРДАНТНОМУ
ДЕЙСТВИЮ ФУНГИЦИДОВ**

03.01.05 – Физиология и биохимия растений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Волгоград – 2022

Работа выполнена на кафедре «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолГТУ»)

Научный руководитель: **Нефедьева Елена Эдуардовна**
доцент, доктор биологических наук, профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Официальные оппоненты: **Карпова Галина Алексеевна**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой «Общая биология и биохимия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Томашевич Наталья Сергеевна
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологической защиты растений, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

Защита диссертации состоится «25» мая в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.04 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс: (8-861)221-58-61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» и на сайте <http://www.kubsau.ru>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  Л.М. Онищенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Физиология растений является теоретической основой растениеводства. Прогрессивные технологические приемы призваны обеспечивать высокую урожайность и устойчивость растений. Повышение продуктивности растений осуществляют путем выведения новых сортов и гибридов, совершенствования агротехнологий, обеспечения защиты растений от вредителей и болезней, а также применения стимуляторов роста.

Разработка новых средств защиты растений необходима для увеличения урожайности и устойчивости растений и в связи с развитием резистентности у фитопатогенных штаммов грибов. Химические средства защиты оказывают неблагоприятное воздействие не только на фитопатогенные грибы, но и на сами растения. В связи с этим необходимо провести исследование влияния действующих веществ (далее д.в.) протравителей на биохимические процессы, рост и развитие проростков, что позволит дать оценку их эффективности и фитотоксичности. Для успешной разработки протравителя важен не только подбор композиции с наименьшим содержанием д.в. и фитотоксическим действием, но и коррекция нежелательных физиологических явлений с помощью регуляторов роста.

Степень разработанности темы исследований. Д.в. фунгицидов могут проявлять токсичность по отношению к защищаемым растениям [Petit at al., 2008]: способствовать торможению роста, нарушению развития репродуктивных органов, изменению обмена азота, углерода и ограничению фотосинтетической активности [Petit at al., 2008, Gaëlle at al., 2003]. Триазолы нарушали синтез гиббереллинов, стероидов, снижали транспирацию [Allen, 2013], повреждали фотосинтетический аппарат [Petit at al., 2008, Gaëlle at al., 2003]. Фенилпирролы и стробилурины снижали чистую ассимиляцию CO₂, скорость транспирации, устьичную проводимость и межклеточную концентрацию CO₂ [Gaëlle at al., 2003, Mueller, 2006]. Фунгициды ингибировали электронтранспортные реакции хлоропластов [Xia at al., 2006, Deising at al., 2008, Mueller, 2006]. Стробилурины способствовали сохранению зеленых листьев, замедлению старения и повышению засухоустойчивости [Кошкин, 2015]. Бензимидазольные препараты способствовали, напротив, уменьшению биомассы растений [García at al., 2003], снижению содержания хлорофиллов и каротиноидов [Hunsche at al., 2007]. Отдельные д.в. способны подавлять дыхание [Paranjape at al., 2014, Pantazopoulou, Diallinas, 2007, Mueller, 2006]. Описана стимуляция антиоксидантных ферментов триазолами [Petit at al., 2008, Untiedt, Blanke, 2004]. Однако негативное влияние фунгицидов было недостаточно полно проанализировано [Petit at al., 2008, Gaëlle at al., 2003].

Цель исследования: Выявление закономерностей физиологических

реакций проростков на фитотоксическое действие фунгицидных протравителей, возможностей уменьшения ретардантного эффекта и создание на этой базе научно обоснованных рекомендаций для разработки современных фунгицидных протравителей со сниженным ретардантным действием.

Задачи исследования

1. Установить влияние д.в. фунгицидов и вспомогательных компонентов на всхожесть, рост проростков и корневой системы, массу зерновок, корней и побегов зерновых.
2. Определить влияние д.в. на свойства хлорофилла в проростках.
3. Оценить влияние д.в. на интенсивность дыхания проростков в процессе прорастания из обработанных зерновок.
4. Установить влияние регуляторов роста на накопление вегетативной массы и урожай растений пшеницы.
5. Подобрать наиболее эффективные дозы регуляторов роста, способствующих снижению фитотоксического эффекта.

Научная новизна. В работе впервые проведена комплексная оценка фитотоксического действия представителей триазолов, фенилпирролов, стробилуринов, имидазолов по отдельности и в смеси на пшеницу и ячмень в различных фазах онтогенеза. Установлено, что пшеница являлась менее устойчивой к фитотоксичному действию д.в. по сравнению с ячменем. Показано, что отдельные дозы д.в. приводили к торможению роста побегов и корней. Исследуемые д.в. не способствовали снижению содержания хлорофилла и его флуоресценции. В исследуемых дозах д.в. демонстрировали высокую эффективность против фитопатогенных грибов. Применение протравителей Кинг Комби и Квартет позволило получить стабильную динамику дыхания проростков, что свидетельствовало о снижении повреждений и стресса у растений.

Практическая значимость работы. На основе полученных данных совместно с компанией ООО «Агро Эксперт Групп» разработаны и запущены в производство и продажу два комбинированных инсектофунгицидных протравителя зерновых культур для защиты от широкого спектра вредителей и болезней – Кинг Комби и Квартет. Они обладают высокой селективностью к обрабатываемой культуре, не снижают всхожесть и не оказывают ретардантного действия при применении в рекомендованных дозах. Объемы производства Кинг Комби и Квартета составляют до 50 т в год.

Методология и методы исследования. Работа базируется на системном подходе и современных физиолого-биохимических и физико-химических методах. Исследования проведены на кафедре «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВолгГТУ; на факультете биологии Варшавского университета, входящего в топ-500 мировых университетов и в ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии

наук». Подробно методология и методы исследования изложены в разделе диссертации «Экспериментальная часть».

Положения, выносимые на защиту

1. Ципроконазол, флудиоксонил, азоксистробин, протиоконазол и прохлораз в ряде случаев в применяемых дозах и сочетаниях оказывают токсическое влияние на прорастание, распределение питательных веществ, дыхание и гетеротрофный рост проростков пшеницы и ячменя.

2. Под действием соотношений ципроконазол : флудиоксонил 4:1, 4:2 и азоксистробин : протиоконазол : прохлораз 1:1:1, 1:1:4, 1:2:1, 1:2:2 удалось свести к минимуму ретардантное действие фунгицидов, сохранив эффективность против фитопатогенных грибов.

3. Применение регуляторов роста способствовало повышению устойчивости проростков к фунгицидам, обеспечивало более высокую всхожесть и нормальное формирование проростка.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается проведенным статистическим анализом. Материалы работы докладывались на российских и международных конференциях: II International Scientific Conference «Plants and Microbes: The Future of Biotechnology (PLAMIC2020)», 2020 (Саратов); International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2020), 2020 (Чешская Республика, Прага); IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific Conference «AGRITECH-2019: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies», 2019 (Красноярск); Международная НПК «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», посвящённая 100-летию монографии Н. И. Вавилова, 2019 (Москва); Всероссийская НК с международным участием и школой молодых учёных – Годичное собрание Общества физиологов растений России «Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды», 2018 (Иркутск); Международная НПК «Вопросы современной науки: новые перспективы» в 2017 (Самара); 4-й Съезд микологов России, 2017 (Москва); Международная НПК студентов, аспирантов, науч. сотрудников и преподавателей «Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции», 2016 (Ставрополь); Международная НПК «Комплексные проблемы техносферной безопасности», 2015 (Воронеж).

Публикации. Результаты диссертационной работы отражены в 16 публикациях в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК МОН РФ для защиты диссертаций, 2 статьи в международных изданиях, 1 статья в AGRIS и 1 патент на изобретение.

Личный вклад автора в проведенные исследования состоит в по-

иске и анализе литературных данных, осуществлении эксперимента, обработке и анализе полученных результатов и формулировке выводов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов и списка использованной литературы, включающего 130 наименований. Диссертация содержит 152 страницы основного текста, 67 рисунков, 23 таблицы и 4 приложения.

Финансовая поддержка. Исследования проведены при поддержке договоров на создание научно-технической продукции с ООО «Агро Эксперт Групп», гранта на обучение за рубежом Министерства образования Российской Федерации, пройденного в Варшавском университете в 2017-2018 гг. и Государственного научного гранта Волгоградской области 2021 г.

Благодарности. Автор выражает признательность за помощь в научно-исследовательской работе профессору ФНИЦ Агроэкологии РАН Белицкой М.Н., профессору Варшавского университета Малгоржате Суска-Малавской, профессору Варшавского университета Мацею Вудкевичу, доктору Варшавского университета Матеушу Вилку, директору по НТР ООО АгроЭкспертГрупп О.О. Агаповой, научному консультанту ООО Волга Индастри Е.Г. Николаеву.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние и изученность вопроса исследований. Описаны основы применения фунгицидов, приведена их классификация. Рассмотрены наиболее часто применяемые фунгициды в современных препаратах. Для увеличения и стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур необходимы соответствующие природным условиям технологии, важным элементом которых является использование регуляторов роста. Приведена характеристика основных групп фитогормонов [Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А., 2005]. Впервые предложено ввести в состав протравителей регуляторы роста для снижения фитотоксичности [Музылев К. Н. и др., 2017].

Условия, объекты и методы исследования. Дана характеристика сельскохозяйственных культур – объектов исследования.

Зерновки обрабатывали растворами д.в. фунгицидов (азоксистробин (А), протиоконазол (Pt), ципроконазол (С), прохлораз (Рс), флудиоксонил (F)) и их смесей. Исследовано действие препарата на основе д.в. ацетамиприда, ципроконазол, флудиоксонил в дозах 100 + 8,3 + 34 г/л (далее CF) и препарата на основе ацетамиприда, азоксистробина, протиоконазола и прохлораза в дозах 100 + 39 + 39 + 100 г/л (далее APtPc). В цель исследования не входило изучение биологической эффективности инсектицида ацетамиприда; его негативное влияние на всхожесть и рост растений экспериментально не выявлено. Исследования проводили в трех биологических повторностях, определяли средние значения, их ошибки и оценивали достоверность различий. Существенность различий урожая в отдельных вариантах

оценивали по НСР₀₅. Строили диаграммы размаха. Для визуализации разницы между вариантами применяли сингулярное разложение, строили «тепловые карты» (англ. *heatmap*).

Всхожесть и энергию прорастания определяли по ГОСТ 12038-84. Учитывали нормально проросшие, аномальные и невсхожие зерновки. Оценку зараженности зерновок проводили по ГОСТ 12044-93. Проростки переносили в фитотрон (25 °С / 22 °С с фотопериодом 16 часов света и 8 часов темноты, интенсивность света 200 $\mu\text{E m}^{-2} \text{c}^{-1}$, относительная влажность $90 \pm 1\%$) [Hasan M. A. и др., 2013]. Определяли изменение в динамике длины корневой системы, первого настоящего листа (побега); сухой массы зерновок, побегов и корней проростков гравиметрическим методом; соотношение флуоресценции хлорофилла и линейно с ним связанное содержание хлорофилла в листьях с помощью Opti Science ССМ-300. В автореферате приведены результаты определения всхожести и роста проростков на 8-е сутки.

Определяли интенсивность дыхания набухающих зерновок, обработанных д.в., по выделившемуся углекислому газу с помощью газоанализатора с инфракрасным сенсором. Определяли сухую массу проростков. Интенсивность дыхания выражали в $\text{mg CO}_2 \cdot \text{г сух. м.}^{-1} \cdot \text{час}^{-1}$.

Исследовали влияние протравителей на урожай в полевых опытах в 2014-2018 годах, в Ставропольском крае (Кочубеевский район, село Ивановское). Учетная площадь 5 m^2 , 4 повторности. В автореферате представлены данные за 2014 и 2016 г по действию двух препаратов на пшеницу. С полными результатами исследований влияния препаратов на урожай пшеницы и ячменя за 2014 – 2016 гг. и 2016 – 2018 гг. можно ознакомиться в диссертации.

Обработку зерновок проводили с помощью машины для протравливания малых партий семян Nege 11. Расход рабочего раствора – 10 л/т. Удобрения не вносили. Посев проводили в оптимальные сроки при прогревании почвы в посевном слое до 10°C и норме высева 180 кг/га. Характеристика почвы: темно-каштановая, суглинистая с содержанием гумуса 3,5-5%, рН 7,0-7,5. На основании метеорологических данных рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК). Местность занимает место между зоной обеспеченного увлажнения (1,0–1,3) и засушливой (0,7–1,0).

Результаты и обсуждение. Разработка протравителя Кинг Комби

Исследовали влияние ципроконазола и флудиоксонила – CF (рис.1) на всхожесть. Применение д.в. и их смесей приводило к увеличению всхожести по сравнению с контролем, более низкими дозами и индивидуальными д.в. В большинстве случаев всхожесть была ниже, чем энергия прорастания из-за увеличения количества зараженных проростков. Исключение составили CF 2:2, 2:4 и 4:4, где всхожесть увеличилась по сравнению с контролем. Рекомендуемая доза CF 2:2.

Смеси с максимальной дозой ципроконазола обладали меньшей фитотоксичностью (рис. 2). Этот эффект мог быть связан с более полным подавлением метаболизма грибов, заражающих проросток. В возрасте 4 суток протравитель подавлял рост во всех соотношениях CF, кроме 0:1 и 0:2. В возрасте 8 суток выраженным ретардантным действием обладали смеси CF 2:4 и 4:4. Оптимальными являются дозы CF 1:1, CF 1:2, CF 2:1, CF 2:2.

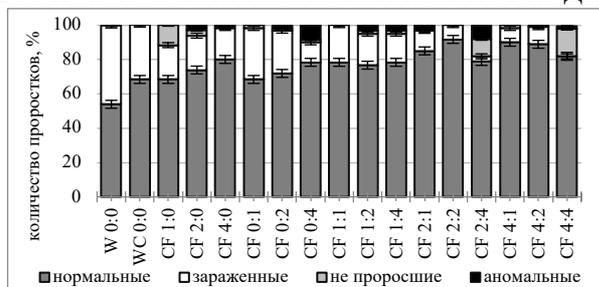


Рисунок 1 – Влияние ципроконазола и флудиоксонила на всхожесть зерновок пшеницы на 8 сутки

Примечание. Здесь и далее W 0:0 – обработка зерновок водой без фунгицидов, WC 0:0 – обработка растворителем циклогексаном

При действии CF 2:4 и CF 4:4 (рис. 3) массы зерновок значительно превысили контроль, в этих вариантах было большое количество не проросших и ингибированных проростков. Питательные вещества из зерновок расходовались в меньшей степени, а масса побегов и корней снижалась. Изменение массы и длины побегов и корней проростков было аналогично.

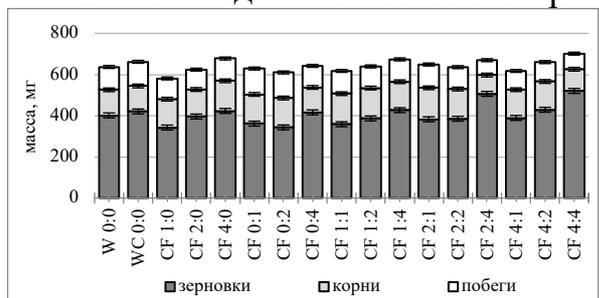


Рисунок 3 – Влияние ципроконазола и флудиоксонила на сухую массу частей проростка пшеницы на 8 сутки, мг

Содержание хлорофилла у всех обработанных проростков, в том числе при максимальных дозах фунгицидов, превышало контроль (рис. 4). Поврежденные фитопатогенными грибами листья имели более низкое содержание хлорофилла. При более высоких дозах д.в. число здоровых проростков выше.

Рекомендуемыми дозами являются CF 4:1, 4:2, 2:1. Наиболее низким фитотоксическим эффектом для пшеницы и ячменя по влиянию на всхожесть обладают CF 4:1, 4:2, на накопление биомассы CF 1:4, 2:1, 2:2, 4:1, на хлорофилл: CF 2:2, 2:4, 4:1. Наиболее токсичные дозы – CF 4:4, 4:2, 2:4.

Совместно с ООО «Агро Эксперт Групп» разработан протравитель

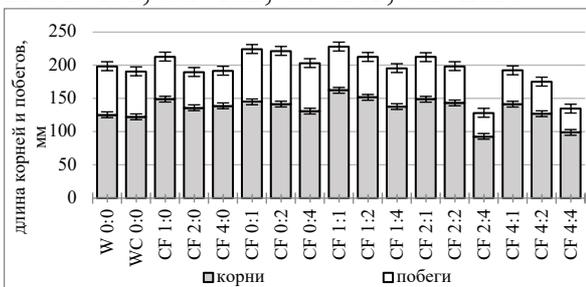


Рисунок 2 – Влияние ципроконазола и флудиоксонила на длину корней и побегов пшеницы на 8 сутки

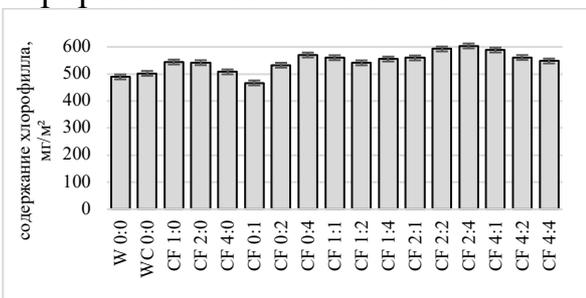


Рисунок 4 – Содержание хлорофилла в листьях пшеницы на 12 сутки, мг·м⁻²

Кинг Комби. Действующие вещества: ацетамиприд + флудиоксонил + ципроконазол, 100 + 34 + 8,3 г/л. Дополнительно содержит 4-хлорфенилуксусную кислоту, алкилполисахарид и вспомогательные добавки: воду, антифриз, смачиватель–прилипатель, краситель жидкий, диспергирующие агенты, стабилизатор и биоцид [Музылев К. Н. и др., пат. RU 2638044 С1 2017]. Кинг Комби эффективен против широкого болезней и вредителей зерновых и картофеля, защищает зерновые до конца кушения (ВВСН 29).

Разработка протравителя Квартет. Исследовали влияние азоксистробина, протиоконазола и прохлораз (АРtPc).

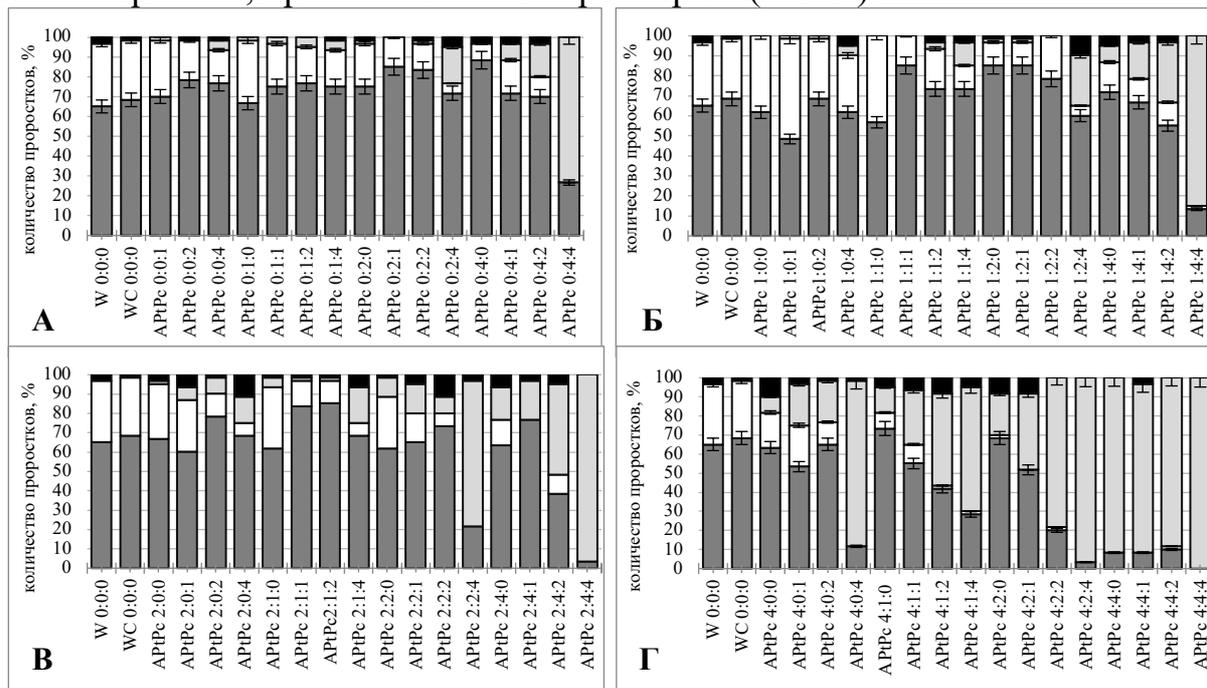


Рисунок 5 – Влияние азоксистробина (А), протиоконазола (Pt) и прохлораз (Pc) на всхожесть пшеницы на 8 сутки; ■ нормальные □ зараженные ▒ не проросшие ■ аномальные

Всхожесть (рис. 5) в контроле составила 65%, зараженных зерновок было 32%, а аномальных – 3%. Отмечено снижение количества нормальных проростков в динамике с 4 до 8 суток и с 8 до 12 суток. В контроле снижение происходило за счет увеличения количества зараженных проростков – проявились признаки болезней к 8 суткам, а при действии высоких доз протравителей – за счет аномальных проростков. Высокие дозы д.в. и сочетания нескольких д.в. в высоких дозах оказывали токсическое воздействие на проростки, а защитный эффект был выражен значительно. Применение трех или двух максимальных доз д.в. не рационально из-за значительного подавления всхожести и низкого количества проросших зерновок. Наиболее эффективные дозы: АРtPc 1:1:1, 1:1:4, 1:2:1 и 1:2:2.

Отмечено уменьшение длины корня и побега проростков и их сухой массы под действием д.в. Наибольший ретардантный эффект наблюдали на 4 сут, затем он уменьшался. Тем не менее, высокие дозы д.в. и сочетания д.в. в высоких дозах ингибировали рост в течение всего периода исследований. Рост проростков под действием протиоконазола (АРtPc 0:2:0, 0:4:0)

превышал контроль (рис. 6). На 8 сутки обнаружена неравномерная скорость роста побегов и корней. Оптимальными являются соотношения АРtРс 1:2:2, 2:2:1.

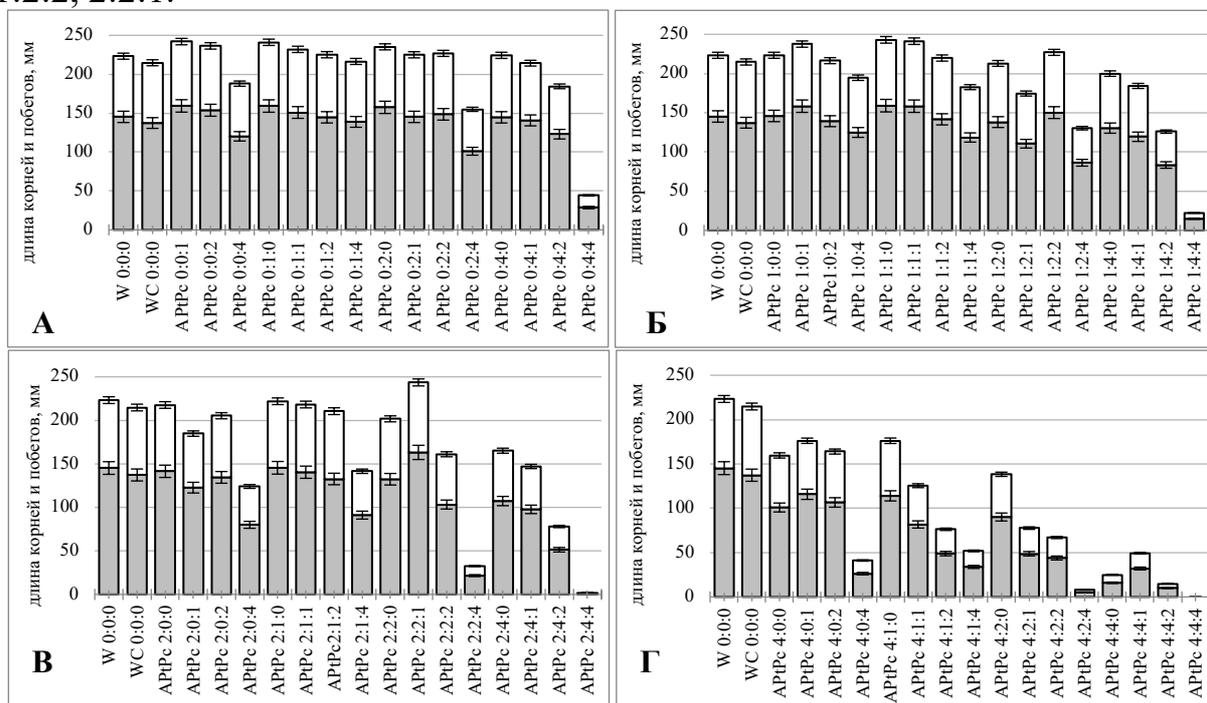


Рисунок 6 – Влияние азоксистробина, протиоконазола и прохлораза на длину корней и побегов пшеницы на 8 сутки; корни побеги

Определяли массу сухого вещества побегов, корней и зерновок пшеницы. Результаты позволили оценить перемещение запасных питательных веществ из зерновки в растущие вегетативные органы с 4 по 8 сутки (в темноте). Можно оценить влияние д.в. на донорно-акцепторные отношения между эндоспермом зерновки и вегетативными органами проростка.

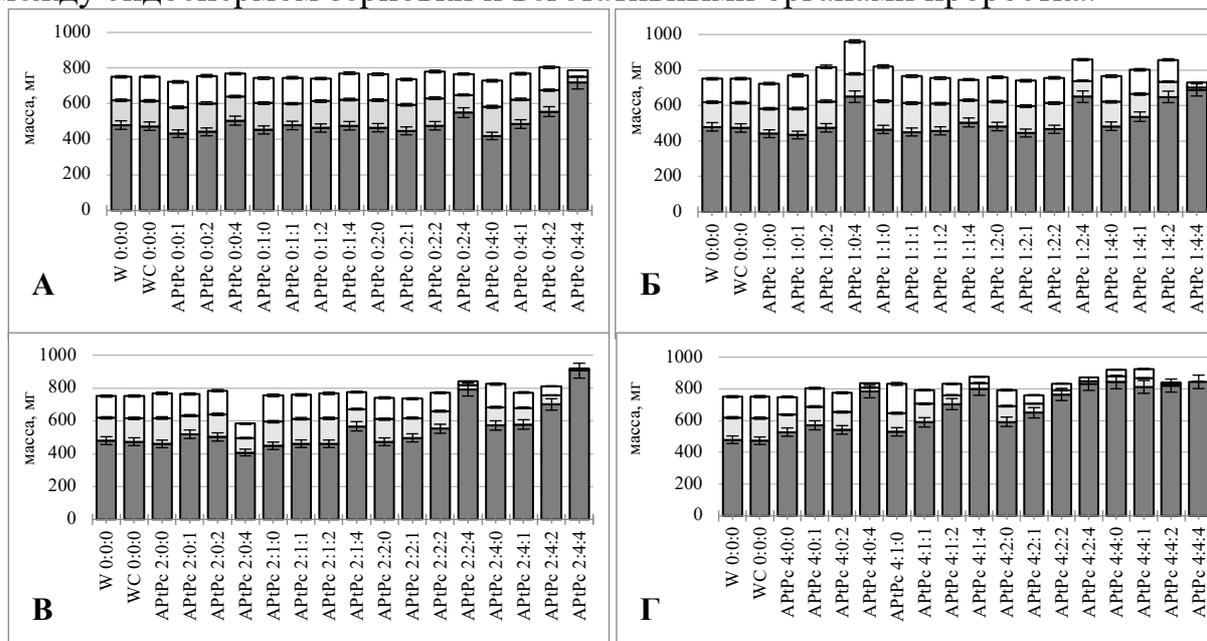


Рисунок 7 – Влияние азоксистробина, протиоконазола и прохлораза на массу корней и побегов пшеницы на 8 сутки; зерновки корни побеги

Выявлены неравномерные изменения массы побегов и корней (рис.7). Наиболее угнетающее действие среди трех фунгицидов в максимальных дозах оказал азоксистробин. Под влиянием максимальной дозы прохлораза масса корней и побегов была ниже контроля. На 8 сутки стимулирующее влияние на накопление сухого вещества в корнях и побегах оказали соотношения АРtРс 0:1:4, 0:2:2, 0:4:0, 1:0:2, 1:2:2, 2:1:2. Торможение роста проростка было связано с низким уровнем расхода питательных веществ эндосперма, но при этом общая масса или не уменьшалась в связи с низкой интенсивностью дыхания (АРtРс 2:2:4, 2:4:4, 4:0:4, 4:1:4, 4:2:4 4:4:0, 4:4:1, 4:4:2, 4:4:4) или соответствовала контролю (0:4:4, 1:4:4). В последнем случае можно предположить дыхание с низким выходом АТФ.

Определена длина второго листа пшеницы. Микростадия ВВСН 12 наступает, когда разворачивается второй настоящий лист и показывается верхушка 3-го листа. Длина второго листа больше, чем длина последующих 3-го и 4-го листьев. Известно в частности, что признак «длина второго листа» можно использовать при оценке озимой пшеницы по признаку «морозостойкость». Способствующими росту второго листа являются следующие триады: АРtРс 1:1:1, 1:1:2, 1:1:4, 1:2:1, 1:2:2, 2:1:1, 2:1:2, 2:2:1. Сочетание максимальных и средних доз прохлораза и азоксистробина (АРtРс 2:0:4, 2:1:4, 2:2:4, 2:4:4, 4:0:2, 4:0:4, 4:1:2, 4:1:4, 4:2:2, 4:2:4, 4:4:2 и 4:4:4) давали наибольший угнетающий эффект.

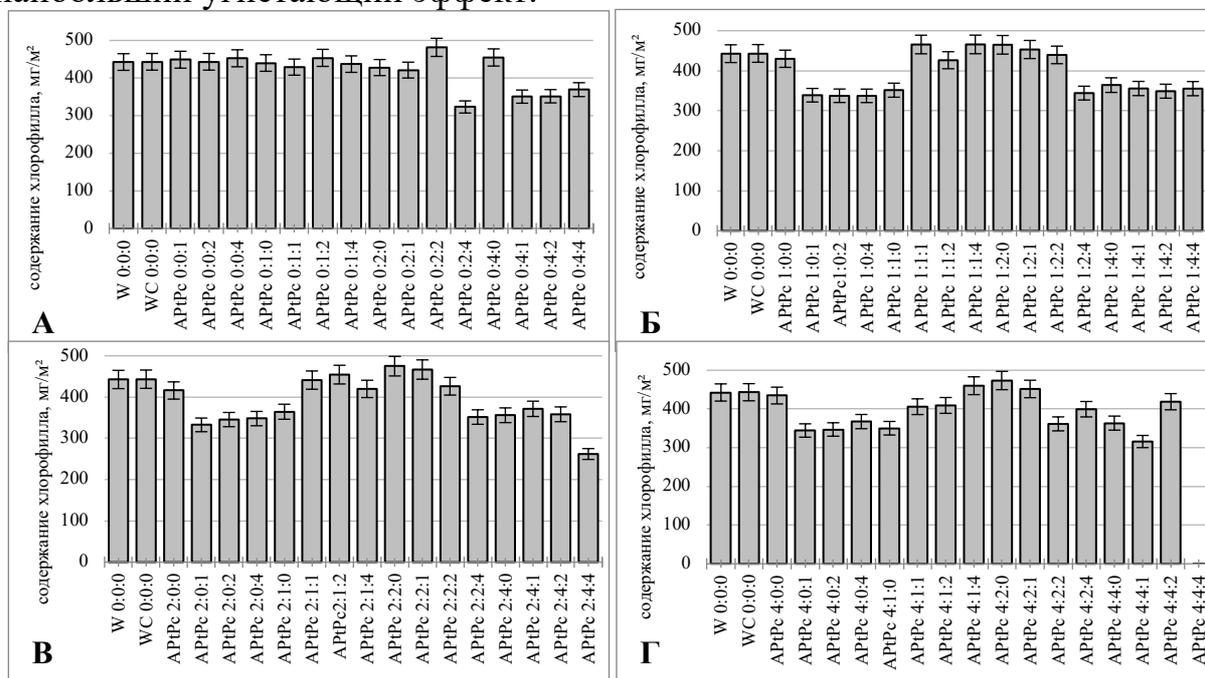


Рисунок 8 – Влияние азоксистробина, протиокконазола и прохлораза на содержание хлорофилла проростков пшеницы на 12 сутки, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2}$

Содержание хлорофилла у проростков пшеницы на 12 сутки (рис. 8) в контроле составило $442,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2}$. Наименьшее содержание хлорофилла было при сочетании азоксистробина и прохлораза. При добавлении в смесь протиокконазола данный эффект нивелировался. Рекомендуемые дозы: АРtРс

1:2:1, 2:1:2, 2:2:1. Статистически значимыми и отличными от контроля были следующие соотношения (t-критерий больше 10): APtPc 1:1:1, 1:1:2, 1:1:4, 1:2:1, 1:2:2, 1:2:4, 1:4:1, 1:4:2, 1:4:4, 2:1:1, 2:1:4, 2:2:1, 2:2:2, 2:2:4, 2:4:1, 2:4:2, 2:4:4, 4:1:1, 4:1:2, 4:1:4, 4:2:1, 4:2:2, 4:2:4, 4:4:1, 4:4:2, 4:4:4.

Исследование интенсивности дыхания проростков пшеницы. Исследования вели в ходе прорастания (1-7 сут.) после обработки зерновок д.в., входящими в состав протравителя Квартет (рис. 9). Отмечено увеличение интенсивности дыхания (ИД) в первые сутки. Под действием азоксистробина и прохлораза динамика не отличалась существенно от контроля. К 5-7 сут. под действием азоксистробина ИД снизилась, а под действием прохлораза – возросла относительно контроля. Под действием протиконазола динамика ИД отличалась от контроля, видно ее возрастание с 1 по 4 сут. прорастания.

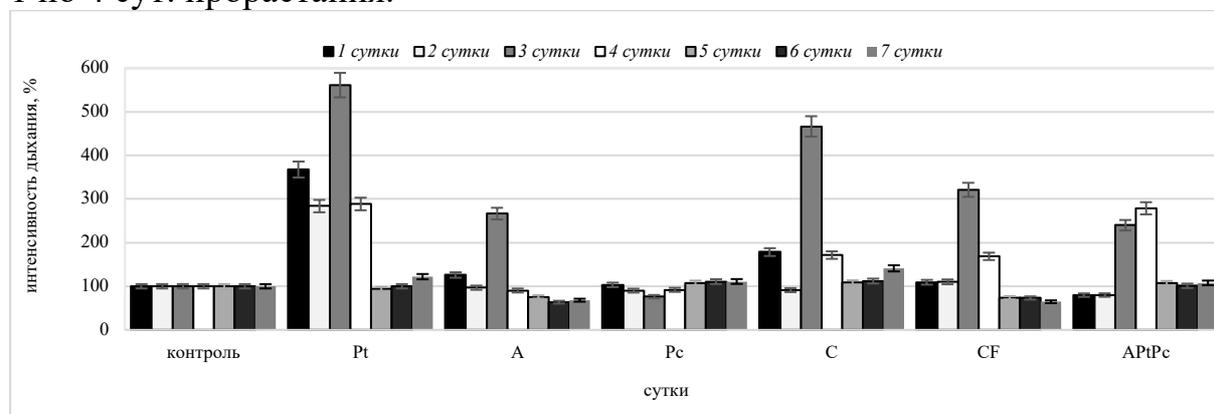


Рисунок 9 – Действие д.в. на интенсивность дыхания проростков пшеницы, % от контроля

При обработке зерновок APtPc 1,2 (1,2 л/т) ИД проростков превышала контроль на 3-4 сут. Видны отклонения динамики ИД у проростков после обработки протравителями из трех д.в. от контроля и от динамики ИД проростков после обработки каждым д.в. в отдельности. Дыхание является источником энергии и метаболитов, поэтому снижение ИД было одной из причин угнетения проростков.

Исследование влияния вспомогательных веществ. Предложено добавлять в протравитель регуляторы роста 4-ХФУ – 4-хлорфеноксиуксусная кислота; 2-ХЭФ – 2-хлорэтилфосфоновая кислота; ХМХ – хлормекват-хлорид; ЯК – янтарная кислота; АГ – агидол-1 (табл.1).

2-ХЭФ не снижала всхожесть пшеницы и ячменя, угнетала рост корней и побегов ячменя, делая проростки коренастыми. Хлормекват-хлорид оказал менее выраженный ретардантный эффект по сравнению 2-ХЭФ. 4-ХФУ стимулировала рост корней и побегов пшеницы и ячменя. Агидол-1 не угнетал всхожесть и энергию прорастания пшеницы и ячменя, оказал положительное действие на рост побегов и корней обеих культур. Янтарная кислота не оказала значительного влияния на рост и всхожесть пшеницы.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на всхожесть пшеницы и длину побегов и корней на 8 сутки, % от контроля

Показатель	Доля нормальных проростков	Доля аномальных проростков	Доля мертвых проростков	Длина побега	Длина корня
Контроль, %	100	100	100	100	100
4-ХФУ	70	20	10	73	107
2-ХЭФ	82,5	0	17,5	49	59
ХМХ	92,5	0	7,5	58	74
ЯК	90	0	10	92	94
АГ	95	0	5	108	110

Таблица 2 – Влияние пеногасителей и эмульгаторов на всхожесть пшеницы и длину побегов и корней на 8 сутки, % от контроля

Показатель	Доля нормальных проростков	Доля аномальных проростков	Доля мертвых проростков	Длина побега	Длина корня
Контроль, %	100	100	100	100	100
ПЭГ 600	25	45	30	76	65
Пента 465	75	5	20	83	104
Af 5503	25	20	55	4	4
Sokalan CP 13S	70	0	30	85	83
Tergitol 15-S-9	75	25	0	72	68
Родамин	80	10	10	98	103
5С	75	10	15	99	112
D-Rot	76	10	14	97	104

Пеногаситель Пента-465 не угнетал всхожесть ячменя и пшеницы, не влиял на длину корней и побегов. Пеногаситель Af5503 положительно действовал на всхожесть, рост побегов и корней ячменя при минимальной концентрации, однако влияние не значительно. Af 5503 и ПЭГ-600 приводили к торможению роста пшеницы и подавлению всхожести (табл. 2). Все исследуемые красители не оказали статистически достоверного влияния на всхожесть и рост проростков пшеницы и ячменя.

На основании проведенных исследований разработан универсальный инсекто-фунгицидный протравитель зерновых культур с физиологическим действием. В зарегистрированный препарат вошли дозы APtPc 2:2:4. Действующие вещества протравителя на основе APtPc: ацетамиприд, азоксистробин, протиоконазол, прохлораз 100:39:39:100 г/л. Протравитель эффективен от семенной и почвенной инфекции. Обладает продолжительным действием против широкого спектра вредителей и фитопатогенных грибов [Музылев К. Н. и др., RU 2672493 С1, 2018] и защищает зерновые до конца кущения (ВВСН 29).

Исследовано (рис. 10) влияние фитогормонов, включенных в состав протравителя, на всхожесть и рост проростков пшеницы сорта Вестница.

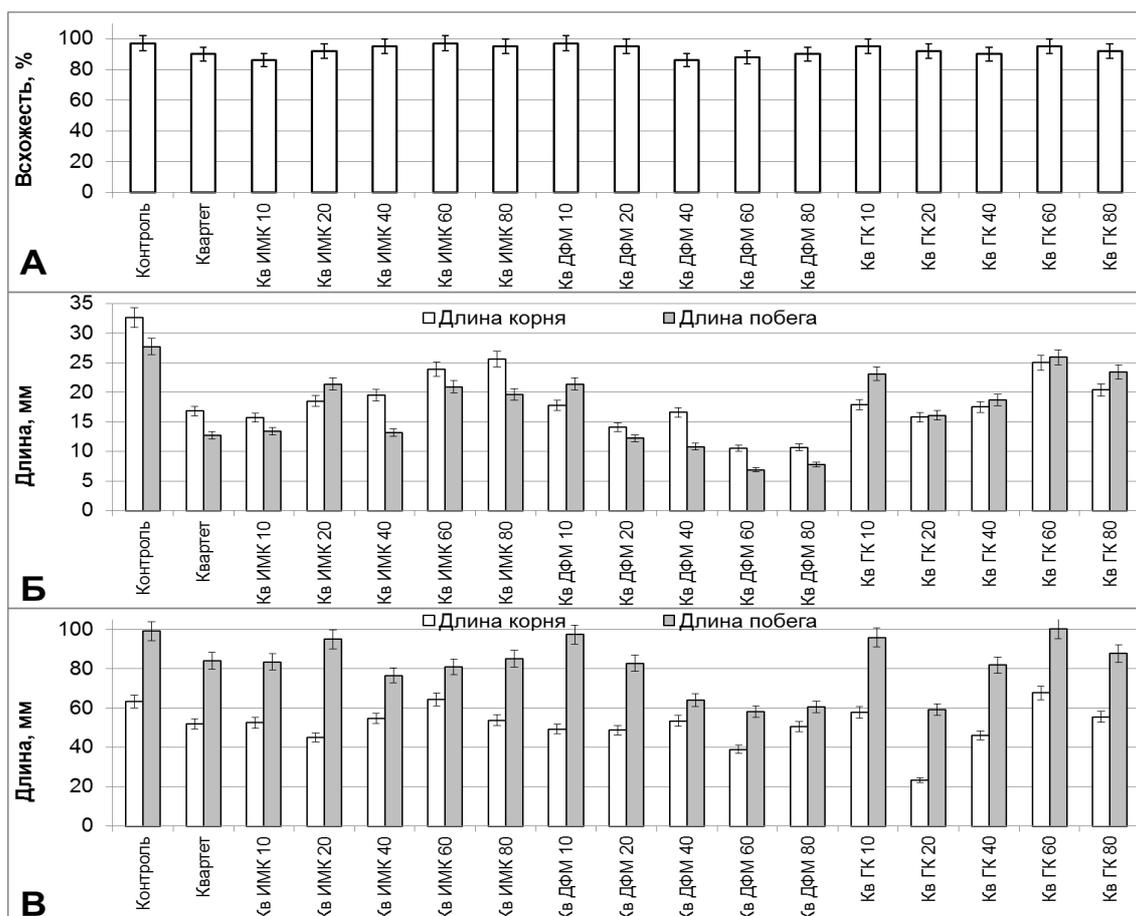


Рисунок 10 – Влияние фитогормонов и протравителя Квартет на всхожесть (А) и рост проростков пшеницы на 4 сут (Б) и 8 сут (В). ИМК – индолилмасляная кислота, ДФМ – дифенилмочевина, ГК – гибберелловая кислота, гиббереллин А₃. Цифрами указано содержание фитогормонов в г/л готового протравителя. Норма расхода протравителя– 1,5 л/т зерна

Как видно из рис. 10 А, всхожесть под влиянием протравителя Квартет снизилась по сравнению с контролем. Эффективными следует признать добавки фитогормонов и их аналогов в следующих концентрациях: ИМК 40-80 г/л препарата; ДФМ 10-20 г/л препарата); ГК– 10 и 60 г/л готового протравителя при его использовании в дозе 1,5 л/т зерна. Рост корня и побега был заторможен на 4-е сутки под действием протравителя (рис. 10 Б); на 8-е сутки торможение роста было выражено менее значительно. Оптимальными дозами следует считать ИМК 20 г/л, ДФМ 10 г/л, ГА 10 и 60 г/л.

Полевые опыты. Результаты полевых опытов с целью исследования эффективности предпосевной обработки пшеницы и ячменя протравителями Кинг Комби и Квартет подробно представлены в тексте диссертации.

Визуально определяли стадии развития пшеницы по шкале ВВСН. Не выявлено различий во времени наступления стадий кушения, удлинения стебля, трубкования, колошения, цветения, молочной, восковой спелости и созревания.

В качестве эталона для Кинг Комби использован препарат Селест Топ (тиаметоксам, дифеноконазол, флудиоксонил: 262,5 + 25 + 25 г/л), 1,5 л/т.

Испытание протравителя Кинг Комби для предпосевной обработки пшеницы при 3-х нормах применения: 1,2; 1,3 и 1,5 л/т показало, что по эффективности против болезней испытываемый препарат при норме применения 1,5 л/т был близок к результатам эталона Селест Топ. Хроматографическими методами не обнаружено остаточных количеств фунгицидов в зерне.

Таблица 3 – Эффективность протравителя CF, яровая мягкая пшеница сорта Саратовская 42, Ставропольский край, 2014 г.

Вариант опыта	Контроль	Эталон	CF		
			1,2	1,3	1,5
Норма применения, л/т	-	1,5	1,2	1,3	1,5
Энергия прорастания, %	94,4	94,4	95,4	94,4	94,4
Лаб. всхожесть, %	96,4	96,4	97,4	96,4	96,4
Полевая всхожесть семян, %	91,4	92,9	91,9	91,4	92,9
Густота стояния, шт/м ²	356	383	362	356	383
Кустиность общая	4,8	5,3	5,2	4,8	5,3
Кустиность продуктивная	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Масса зерна с 1 колоса, г	0,76	0,83	0,84	0,76	0,83
Масса 1000 зерен, г	33,00	34,68	35,28	33,00	34,68
Урожайность, т/га	1,67	1,79	1,78	1,67	1,79
НСР ₀₅	0,06				
% к контролю	100	107,2	106,6	100,0	107,2

В качестве эталона для протравителя Квартет использован препарат Сценик Комби (клотианидин, флуоксастробин, протиоконазол, тебуконазол: 250 + 37,5 + 37,5 + 5 г/л), 1,5 л/т. Полевое испытание показало, что Квартет был эффективен при нормах применения 1,2 и 1,5 л/т против болезней и по влиянию на урожайность. При норме расхода 1,5 л/т протравитель Квартет был сопоставим по биологической эффективности с эталоном Сценик Комби. Хроматографическими методами не обнаружено остаточных количеств фунгицидов в зерне.

Таблица 4 – Эффективность протравителя APtPc, яровая мягкая пшеница сорта Саратовская 42, Ставропольский край, 2016 г.

Вариант опыта	Контроль	Эталон	APtPc		
			1,0	1,2	1,5
Норма применения, л/т	-	1,5	1,0	1,2	1,5
Энергия прорастания, %	90,5	91,5	91,5	91,0	89,5
Лаб. всхожесть, %	93,5	94,0	95,0	94,0	93,5
Полевая всхожесть семян, %	83,5	84,0	85,5	85,0	84,5
Густота стояния растений, шт/м ²	323,0	330,0	348,0	342,0	337,0
Кустиность общая	2,6	2,8	2,8	2,8	2,9
Кустиность продуктивная	2,0	2,3	2,1	2,3	2,4
Масса зерна с 1 колоса, г	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Масса 1000 зерен, г	29,7	30,8	30,3	30,6	31,1
Урожайность, т/га	1,76	2,10	2,03	2,13	2,19
НСР ₀₅	0,07 ц/га				
% к контролю	100	119,3	115,3	121,0	124,4

Экономическое обоснование эффективности использования изучаемых препаратов. При проведении экономической оценки использованы следующие показатели: урожайность, т/га; затраты на производство (16989 руб/га); себестоимость произведенной продукции; дополнительная продукция и ее стоимость; затраты на протравливание гектарной нормы высева семян – 620 руб.; доход от реализации продукции (1 тонна – 14000 руб.); рентабельность производства. Цены на препараты: Селест топ – 5460 руб/л (норма расхода 1,5 л/т), Кинг Комби – 3250 руб/л, Сценик Комби – 5340 руб/л (норма расхода 1,5 л/т), Квартет – 4806 руб/л.

По результатам полевых опытов под действием препарата Кинг Комби и Квартет наибольшие показатели чистого дохода, руб/га и рентабельности достигнуты при норме расхода 1,5 л/т. Таким образом, применение защитно-стимулирующих обработок семян способствует увеличению урожайности и влияет на рентабельность.

Выводы

1. Установлено, что азоксистробин и ципроконазол обладают наибольшим фитотоксическим действием. При максимальных дозах они тормозят всхожесть, рост проростков и корневой системы. Наиболее низким фитотоксическим эффектом по влиянию на всхожесть обладали CF 4:1, CF 4:2; на накопление биомассы CF 1:4, CF 2:1, CF 2:2, CF 4:1. Наиболее токсичны CF 4:4, CF 4:2, CF 2:4.
2. Выявлено, что низким фитотоксическим эффектом по влиянию на всхожесть обладали APtPc 1:1:1, 2:1:2, 1:2:1, 1:1:4, 1:2:2; на накопление биомассы APtPc 1:1:1, 1:1:2, 2:1:2, 1:2:1, 2:1:1. Наиболее токсичны APtPc 4:4:1, 4:4:2, 4:2:4, 4:4:4. Рекомендуются APtPc 1:1:1, 1:1:4, 1:2:1 и 1:2:2.
3. Обнаружено более высокое содержание хлорофилла у проростков после обработки протравителями CF 2:2, CF 2:4, CF 4:1 и APtPc 1:1:1, 1:1:4, 2:1:2, 1:2:1, 2:2:1, 4:1:4 и 4:2:1 по сравнению с контролем. Это связано со снижением повреждений листьев фитопатогенными грибами.
4. Показано, что азоксистробин угнетал дыхание пшеницы на 3 – 36 %, прохлораз на 8 – 24 % по сравнению с контролем. Под действием препаратов на основе CF и APtPc получена более стабильная динамика дыхания проростков по сравнению с индивидуальными д.в. На 5 - 7 сутки интенсивность дыхания проростков, обработанных протравителями, соответствовала контролю.
5. Наиболее эффективными регуляторами роста являются добавки 4-хлорфеноксиуксусная кислота и агидол-1, которые были включены в состав готового препарата на основе CF.
6. Предложены оптимальные дозы д.в. в протравителе на основе APtPc. Оптимальные соотношения: APtPc 1:1:1, APtPc 1:1:4, APtPc 1:2:1 и APtPc 1:2:2. Снижение доз д.в. в данном протравителе позволило бы обеспечить физио-

логическое действие в виде сниженного ретардантного эффекта и повышения всхожести.

8. По результатам полевых опытов под действием протравителя CF наибольшие показатели урожайности и чистого дохода, руб/га, рентабельности достигнуты при нормах расхода 1,2 и 1,5 л/т.

Рекомендации по использованию результатов исследований

Протравитель Кинг Комби защищает зерновые от спектра почвенной и семенной инфекции, а также комплекса почвообитающих и ранних листовых вредителей. Рекомендован для пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового и озимого, норма расхода 1,2-1,5 л/т. Стимулирует развитие корневой системы, не вызывает задержку всходов, улучшает кущение и перезимовку.

Протравитель Квартет защищает зерновые от спектра почвенной и семенной инфекции, а также комплекса вредителей всходов и почвообитающих насекомых. Рекомендован для пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового и озимого, норма расхода 1,0-1,5 л/т. Не вызывает задержку всходов, подходит под все сроки сева. Улучшает кущение и перезимовку растений. Не требуется смешивания с другими препаратами.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации ВАК РФ

1. Физиологические особенности действия флудиоксонила и ципроконазола на прорастание зерновок пшеницы / **Е.В. Байбакова**, Е.Э. Нефедьева, С.Л. Белопухов, О.В. Зорькина, В.Ф. Желтобрюхов, О.В. Колотова, И.В. Могилевская // АгроЭкоИнфо : электронный журнал. - 2021. - № 3 (45). – 19 с.
2. **Байбакова, Е.В.** Анализ эффективности и фитотоксичности нового трёхкомпонентного фунгицида / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева // Аграрная наука. - 2019. - № S2 : - С. 160-164.
3. **Байбакова, Е.В.** Влияние протиоконазола на физиологические свойства пшеницы / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева, Т.В. Хохлова // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. / редсов.: А.В. Рындин (гл. ред.) [и др.] ; ФГБНУ «Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур». - Сочи, 2017. - Вып. 61. - С. 138-141.
4. **Байбакова, Е.В.** Исследование влияния современных протравителей на всхожесть и рост проростков зерновых культур / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева, С.Л. Белопухов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2016. - Т. 6, № 3. - С. 57-64.
5. Исследование влияния современных пестицидов на физиологические особенности зерновых культур / **Е.В. Байбакова**, Е.Э. Нефедьева, М.Н. Белицкая, И.Г. Шайхиев // Вестник технологического университета. - 2015. - Т. 18, № 10. - С. 222-226.
6. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур / М.Н. Белицкая, И.Р. Грибуст, **Е.В. Байбакова** и др. // Вестник технологического университета. - 2015. - Т. 18,

№ 9. - С. 32-36.

Патенты на изобретения

7. Патент 2672493 Фунгицидная композиция (варианты) / К. Н. Музылев, О. О. Агапова, Е. Г. Николаев, О. В. Прокшиц, Е. Э. Нефедьева, Е.В. Байбакова
Scopus/Web of Science

8. Influence of fungicides on toxigenic properties of phytopathogenic fungi / **Е.В. Байбакова**, Е.Э. Нефедьева, М.Н. Белицкая и др. // BIO Web of Conferences. Vol. 23 : II International Scientific Conference «Plants and Microbes: The Future of Biotechnology (PLAMIC2020)» (Saratov, Russia, October 5-9, 2020) : proceedings / ed. by D. Solovyev, G. Burygin ; Vavilovs Saratov State Agrarian University. – [Publisher: EDP Sciences], 2020. – 6 p.

9. The effect of combinations of cyproconazole and fludioxonil on infestation of wheat and barley grains / **Е.В. Байбакова**, Е.Э. Нефедьева, А.А. Околелова и др. // E3S Web of Conferences. Vol. 161 : International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2020) (Prague, Czech Republic, February 27-28, 2020) / ed. by J. Smyatskaya. – [Publisher: EDP Sciences], 2020. – 4 p.

Прочие публикации

Modern Fungicides: Mechanisms of Action, Fungal Resistance and Phytotoxic Effect [Электронный ресурс] / **Е.В. Байбакова**, Е.Э. Нефедьева, М. Suska-Malawska и др. // Annual Research & Review in Biology. - 2019. - Vol. 32, Issue 3. – P. 1-16.

Байбакова, Е.В. Влияние ципроконазола, флудиоксонила и препаратов на их основе на рост проростков пшеницы и ячменя и заражённость зерновок возбудителями грибных болезней / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева, М. Суска-Малавская // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды : сб. материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых учёных (г. Иркутск, 10-15 июля 2018 г.). В 2 ч. Ч. I / отв. ред.: В. К. Войников ; Общество физиологов растений России, ФГБУН Сибирский ин-т физиологии и биохимии растений СО РАН, ФГБУН Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН. - Иркутск, 2018. - С. 102-105.

Байбакова, Е.В. Анализ действия протиоконазола на проростки пшеницы с применением пакета Scikit-learn / Е.В. Байбакова, А.В. Алексеев // Вопросы современной науки: новые перспективы : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. (г. Самара, 16 декабря 2017 г.) / редкол.: Ю.П. Грабоздин (отв. ред.) [и др.] ; Центр научных исследований и консалтинга. - Самара, 2017. - С. 80-82.

Байбакова, Е.В. Изменения интенсивности дыхания проростков пшеницы под действием азоксистробина и регулятора роста / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева // Вестник науки и образования. - 2017. - № 12 (36). - С. 29-32.

Байбакова, Е.В. Фитотоксическое действие некоторых фунгицидов / Е.В.

Байбакова, Е.Э. Нефедьева // Современная микология в России : матер. 4-го Съезда микологов России (г. Москва, 12-14 апреля 2017 г.) / Общественная национальная академия микологии. - Москва, 2017. - Т. 7. - С. 212.

Байбакова, Е.В. Исследование влияния современных протравителей на всхожесть пшеницы и ячменя / Е.В. Байбакова, Е.Э. Нефедьева // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : сб. науч. ст. по матер. междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, науч. сотрудников и преподавателей (г. Ставрополь, 20 мая 2016 г.) / ФГБОУ ВО «Ставропольский гос. аграрный ун-т», Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». - Ставрополь, 2016. - С. 32-36.

Байбакова, Е.В. Исследование влияния регуляторов роста на физиологические особенности зерновых культур / Е.В. Байбакова // Комплексные проблемы техносферной безопасности : матер. междунар. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 12 нояб. 2015 г.) / РАН, ФГБОУ ВО «Воронежский гос. техн. ун-т». - Воронеж, 2015. - Ч. V. - С. 149-153.

Патент 2672493 Фунгицидная композиция (варианты) / К. Н. Музылев, О. О. Агапова, Е. Г. Николаев, О. В. Прокшиц, Е. Э. Нефедьева, Е.В. Байбакова

Список сокращений

д.в. – действующие вещества	F флудиоксонил
A – азоксистробин	W 0:0 – обработка водой без фунгицидов (контроль)
Pt – протиоконазол	WC 0:0 – обработка растворителем циклогексаном
C – ципроконазол	
Pc – прохлораз	