

На правах рукописи

НИЖАРАДЗЕ Татьяна Сергеевна

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН В ЗАЩИТЕ  
ЗЕРНОВЫХ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ

06.01.07 – Защита растений

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

МОСКВА- 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный консультант:

доктор биологических наук, профессор

**Каплин Владимир Григорьевич**

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,  
профессор, зав. лаб. зерновых культур,  
руководитель научной тематики по  
генофонду растений ФГБНУ  
«Всероссийский селекционно-  
технологический институт  
садоводства и питомниководства»

**Темирбекова Сулухан Кудайбердиевна**

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор кафедры защиты растений  
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

**Белошапкина Ольга Олеговна**

доктор сельскохозяйственных наук  
главный научный сотрудник,  
зав. лабораторией защиты растений  
ФГБНУ ВНИИ овощеводства

**Алексеева Ксения Леонидовна**

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

Защита диссертации состоится «28» июля 2016 года в «10» часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.019.01, созданном на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур» по адресу: 143080, Московская область, Одинцовский р-н, п/о Лесной городок, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14.

Факс 8 (495) 599-22- 77

Е-mail: [vniissok@mail.ru](mailto:vniissok@mail.ru)  
[aspirantura@vniissok.ru](mailto:aspirantura@vniissok.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных и на сайте института [www.vniissok.ru](http://www.vniissok.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 года

Ученый секретарь совета по защите  
докторских и кандидатских  
диссертаций Д 220.019.01  
доктор сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник

**Бондарева Людмила Леонидовна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность** темы диссертации определяется низким уровнем использования инновационных технологий в сельскохозяйственном производстве, в частности неудовлетворительным эпизодическим применением электрофизических факторов в растениеводстве при подготовке семян основных зерновых культур к посеву.

Эволюция растительных организмов на Земле протекала под влиянием природного радиационного фона, т.е. электромагнитных излучений различной длины волны и геомагнитного поля, что привело к формированию у растений приспособлений к воздействию этих физических факторов (Белов, 1983; Бережанская, 1992; Кудряшов, 1980).

В условиях стремительно нарастающего энергетического дефицита, истощения возобновляющихся источников энергии, обострения экологической обстановки возрастает актуальность поиска путей возобновления растительных ресурсов, освоения и рационального использования в агрофитоценозах экологически чистых и экономически выгодных источников энергии. Поэтому в последние десятилетия все более активно ведется поиск биофизических приемов и технологий, направленных на реализацию генетического потенциала, повышение неспецифической устойчивости к различного рода абиотическим и биотическим стрессам, усиление адаптивного потенциала растений с целью роста и стабилизации урожая.

В растениеводстве исследований по изучению эффективности приемов физического воздействия на семена проведено явно недостаточно; полученные экспериментальные данные иногда противоречивы (Тютерев, 2001; Гольдман, 2003; Авдеева, 2008). В настоящее время одним из приоритетных направлений в науке и технике является изучение и практическое освоение новых, всё более коротковолновых диапазонов электромагнитного излучения. Эта тенденция, прежде всего, относится к волнам КВЧ-диапазона (длина волны находится в интервале  $\lambda = 1 \div 10 \text{ мм}$ , что соответствует частоте колебаний  $\nu = 300 \div 30 \text{ ГГц}$ ) (Девятков, 1991; Бережанская, 1992; Неганов, 1994). Известны положительные опыты по использованию магнитного поля. В отличие от традиционных методов предпосевной обработки семян химическими средствами, электрофизические методы весьма технологичны, не оказывают отрицательного побочного действия на растения и на обслуживающий персонал и, являясь экологически чистым видом обработки, легко стыкуются с применяемыми в настоящее время агроприемами, причем растения, выросшие из обработанных семян, не имеют в дальнейшем патологических изменений и индуцированных мутаций (Трухачев, 2007; Авдеева, 2008).

Учитывая вышеизложенное и тот факт, что эти приемы (КВЧ-облучение и ИМП-воздействие на семена перед посевом) практически не изучались на зерновых культурах, в 1998-2011 годах было проведено

исследование по определению их эффективности при возделывании яровой пшеницы и ячменя в условиях лесостепи Самарской области.

**Цель исследования** заключалась в теоретическом обосновании использования экологически безопасных приёмов предпосевной обработки семян электрофизическими методами в защите яровой пшеницы и ячменя от патогенного комплекса болезней в лесостепи Среднего Поволжья.

**Задачи исследования:**

1. Провести мониторинг состава, соотношения, структуры, вредоносности и динамики развития патогенного комплекса возбудителей болезней растений и семян яровых зерновых культур в зависимости от климатических факторов среды лесостепной зоны Самарской области.
2. Определить оптимальные режимы электрофизических способов предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя (электромагнитное излучение КВЧ-диапазона и импульсное магнитное поле) на основе изучения их влияния на:
  - посевные качества семян изучаемых культур;
  - основные показатели роста и развития растений;
  - водный режим растений.
3. Исследовать влияние электрофизических способов на фитопатогенную микробиоту семян зерновых колосовых культур.
  1. Определить влияние изучаемых приемов предпосевной обработки семян зерновых культур на устойчивость растений разных сортов яровой пшеницы и ячменя к корневым гнилям, листовостеблевым болезням растений и поражению семян «черным зародышем».
  2. Определить эффективность физических методов предпосевной обработки семян в стабилизации фитосанитарной ситуации в посевах яровых зерновых культур в условиях Самарской области.
  3. Определить влияние электрофизических приемов предпосевной обработки семян на формирование элементов урожайности зерна яровой пшеницы и ячменя и их фактической урожайности.
  4. Провести сравнительную оценку эффективности действия электрофизических методов на интенсивность развития и распространенность грибных болезней, рост, развитие и урожайность растений зерновых культур с традиционными способами предпосевной обработки химическими протравителями и биопрепаратами с ростостимулирующей активностью.
  5. Дать экономическую оценку и обоснование рациональности использования электрофизических методов, как элемента системы защиты зерновых культур от болезней.

**Научная новизна исследований.** На основе многолетнего мониторинга выявлена возрастающая роль гемибиотрофных грибов родов *Cochliobolus* и *Pyrenophora* (син. *Helminthosporium*) в развитии наиболее вредоносных болезней в условиях лесостепи Среднего Поволжья (корневых гнилей, гельминтоспориозных пятнистостей, поражении семян «черным зародышем»). Впервые изучена видовая и сортовая реакция растений

злаковых зерновых культур на воздействие электромагнитного излучения и импульсного магнитного поля; определены оптимальные режимы предпосевной обработки семян электрофизическими методами, которые оказывают стимулирующее действие на посевные качества семян, устойчивость растений к поражению болезнями грибной этиологии и засухе, а также на основные показатели роста, развития и продуктивности растений, непосредственно определяющих формирование урожая в условиях Среднего Поволжья. Дана сравнительная агротехническая оценка эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя физическими методами и традиционными приемами обработки семян химическими протравителями и биопрепаратами, и показаны преимущества экологически безопасного физического метода для защиты растений от комплекса болезней в агробиоценозах яровой пшеницы и ячменя на примере Самарской области.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследований расширяют сведения о современном фитосанитарном состоянии агроценозов яровой пшеницы и ячменя, динамике распространения и частоты встречаемости наиболее опасных и вредоносных болезней, взаимосвязи интенсивности их развития с изменением климатических факторов внешней среды на разных фазах онтогенеза. На основании совокупности полученных данных предложены математические модели, позволяющие прогнозировать развитие наиболее вредоносных болезней в лесостепной зоне Среднего Поволжья в зависимости от значений гидротермического коэффициента (ГТК) на ранних стадиях онтогенеза растений.

Результаты исследований имеют теоретическое значение для изучения механизма воздействия электрофизических факторов на агроэкосистемы, вносят существенный вклад в разработку региональной, экологически обоснованной интегрированной защиты яровой пшеницы и ячменя от грибных болезней. Полученные результаты дают основание считать, что физические методы предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя по эффективности положительного влияния на растения не уступают химическим и биологическим приемам. Уровень энергетического воздействия электромагнитного излучения КВЧ-диапазона и импульсного магнитного поля позволяет полностью исключить возможность квантового действия электромагнитного поля на биоструктуры и влияние на генные структуры, что определяет перспективность физического приема предпосевной подготовки семян для широкого внедрения в производство с целью повышения продуктивности и стрессоустойчивости яровой пшеницы и ячменя.

Даны практические рекомендации по применению предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя против фитопатогенной инфекции, а также для улучшения водного режима растений, повышения их устойчивости к стрессовым факторам.

**Методология и методы исследования.** Методология исследований основана на анализе научной литературы отечественных и зарубежных авторов, а также передового производственного опыта. При выполнении работы были использованы общепринятые экспериментальные полевые и лабораторные методы исследований, теоретические подходы системного анализа и методы математической статистики.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Современное состояние фитопатогенного комплекса, поражающего зерновые культуры в Среднем Поволжье, видовой состав, структура и биоэкологические особенности их развития и вредоносности, определяющие стабильность уровня урожайности зерновых культур.
2. Оценка эффективности влияния электрофизических методов предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя на их посевные качества, пораженность семян и растений наиболее опасными болезнями, на элементы продуктивности растений в сравнении с традиционными способами обработки регуляторами роста и современными протравителями.
3. Новые технологии предпосевной обработки семян, основанные на использовании различных видов электрофизического воздействия, повышающего иммунный статус растений и улучшающего состояние агроценозов яровой пшеницы и ячменя.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждена многолетним периодом исследований, обусловлена применением общепринятых методик закладки опытов и проведения наблюдений, статистической обработкой собранного материала.

Материалы исследований были доложены на Международных научно-практических конференциях в г. Самара (2001); г. Пенза (2002); г. Самара (2003); г. Пенза (2008); г. Москва (2010); г. Кинель (2002); г. Смоленск (2007); г. Самара (2010); г. Москва (2012); на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Самарской Государственной сельско-хозяйственной академии в 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2016 гг.; опубликованы в 36 работах, в том числе в 16 работах в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в одной монографии «Современные методы защиты семян сельскохозяйственных культур от болезней» в соавторстве с А. Б. Кошелевой.

**Личный вклад автора.** Автор Т. С. Нижарадзе непосредственно участвовала в разработке программы и методологии исследований, проводила опыты и наблюдения в полевых и лабораторных условиях, осуществляла сбор экспериментального материала, анализировала и обобщала данные, формулировала научные положения и выводы. Диссертация содержит фактический материал, полученный автором в 1998-2011 годы. Помощь в закладке опытов, проведении учетов болезней оказали доцент кафедры химии и защиты растений Самарской ГСХА, кандидат с/х наук А. Б. Кошелева, соискатель Е. А. Меньшова и аспирант А. И. Логутина. Обработка и анализ собранного материала выполнены автором самостоятельно.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и рекомендаций производству. Работа изложена на 338 страницах компьютерного текста, содержит 69 таблиц, 17 рисунков, 49 приложений. Библиографический список включает 493 наименования, в том числе 32 иностранных авторов.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1. Современное состояние исследований влияния физических методов на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур (обзор литературы)**

Приводится ряд основных гипотез и экспериментально установленных закономерностей влияния электрофизических методов на различные биологические системы; описываются особенности и механизмы биологического воздействия физических методов, а именно электромагнитного излучения нетепловой интенсивности и магнитного поля на клеточном и организменном уровне; анализируются работы по исследованию влияния физических методов предпосевной обработки семян с целью обеззараживания посевного материала, активации ростовых процессов, повышения устойчивости растений к заболеваниям, а, следовательно, увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Оценивается фитосанитарное состояние посевов и семенного фонда, влияние абиотических и биотических факторов на патологический процесс. Дается описание эволюционно-экологических особенностей распространения почвенных фитопатогенов, наземно-воздушных и листостеблевых инфекций в агроэкосистемах. Приводится диагностика заболеваний. Дается характеристика биоценозов в Самарской области.

### **2. Природные условия, объекты и методика проведения исследований**

Самарская область расположена в центральной части Среднего Поволжья, в пределах двух природных зон – лесостепной и степной, характеризуется континентальным климатом с резкими колебаниями температур и осадков по годам и месяцам, недостаточной влагообеспеченностью полей, сухостью атмосферного воздуха, богатством солнечного освещения и значительной интенсивностью испарения (Казаков, 1997).

Полевые опыты по теме исследования проводились на полях селекционного севооборота Поволжского НИИСС им. П. Н. Константинова в 2000-2011 годах, мелкоделяночные – на питомнике агрономического факультета СГСХА в 2000-2002 годах.

Лабораторные исследования – в лабораториях кафедры «Защиты растений» Самарской ГСХА и кафедры «Основ конструирования и технологий радиотехнических систем» Поволжской академии телекоммуникаций и информатики, Самарского государственного Аэрокосмического Университета, на питомнике агрономического факультета СГСХА и на полях Поволжского НИИСС им. П. К. Константинова в 1998–2011 годах.

Объектами и материалом исследований служили: яровая мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. (сорта Кинельская 59, Кинельская 60, Эритроспермум 3013, Кинельская Нива), яровая твердая пшеница *Triticum durum* L. (сорт Безенчукская 200), и ячмень *Hordeum* (сорта Волгарь и Поволжский 65); электрофизическое воздействие КВЧ-излучения и ИМП.

Анализ семян яровой пшеницы и ячменя на пораженность комплексом фитопатогенных микроорганизмов проводили с использованием твердых питательных сред, выделения чистых культур и микроскопических методов видовой идентификации (Кирай и др., 1974); на зараженность «черным зародышем» – макроскопическим методом по А. Т. Тороповой (Чулкина и др., 2000).

В течение вегетации проводили два учета пораженности опытных растений корневыми гнилями: в фазу всходов-кущения (Косов, Поляков, 1958) и в фазу восковой-полной спелости зерна (Эльчибаев, 1981).

Пораженность надземных частей растений болезнями проводили в условиях естественного инфекционного фона в течение всей вегетации на корню по общепринятым методикам с использованием соответствующих шкал: Р.Ф. Петерсона (1948); Т. И. Захаровой (1978); Джеймса (Шуровенкова, Ченкин, 1984).

Для сравнительного изучения эффективности физических, биологических и химических приемов предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя были проведены серии лабораторно-полевых опытов, в схемы которых входили контрольные (без обработок) и опытные варианты.

Для исследования влияния КВЧ-облучения на посевные качества семян, рост и развитие растений использовалась установка «Явь-1» с рабочей длиной волны 5,6 мм с частотой  $53534 \pm 10$  МГц и с рабочей длиной 7,1 мм с частотой  $42194 \pm 10$  МГц, и плотностью мощности облучения – не менее 10 мВт/см<sup>2</sup>. Семена облучались порционно навесками по 100 г, которые помещались на расстоянии 15 см от источника излучения. Время облучения семян – 15, 30 и 45 минут.

Изучались следующие варианты КВЧ-облучения: 1) воздушно-сухих семян; 2) предварительно увлажненных, для чего семена смачивали водой из расчета 10 мл/кг (10 л/т), встряхивали в течение 1–2 мин (в зависимости от объема пробы), и оставляли на 30 мин до полного поглощения воды.

Обработку воздушно-сухих семян ИМП проводили на магнитно импульсной установке типа МИУ-30/20 КП. Порции семян по 300 г поочередно помещались в редуктор установки, где подвергались воздействию ИМП с различной энергией импульсов и их количеством.

Предпосевную обработку семян водными растворами препаратов проводили в соответствующих дозах из расчета на 1 л: Агат 25К – 4 мл; Экстрасол – 100 мл; Витавакс 200ФФ – 300 мл; Раксил – 150 мл; Дивиденд Стар – 75 мл. Рабочий расход растворов имел такой же объем, как при смачивании семян (10 л/т). Комбинированную обработку проводили по следующей схеме: на воздушно-сухие семена воздействовали ИМП с



энергией импульса  $W=4,7$  кДж в количестве  $n=5$  с последующим смачиванием раствором препарата Агат 25К или фунгицида Дивиденд Стар.

Посев яровой пшеницы и ячменя проводился сеялкой СМЦ-10 ССФК-7 на глубину 5–6 см. Норма высева рассчитывалась из расчета 4,5 млн всхожих семян на 1 га, взяв за основу посевную годность семян контрольного варианта опыта. Учетная площадь делянок составляла 10 м<sup>2</sup> при четырехкратной повторности, что соответствует методике опытного дела (Найдин, 1968; Доспехов, 1985; 1979; Дебелый, 1983).

Лабораторно-полевые опыты сопровождались наблюдениями, учетами и анализами, в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова (1985), Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1971), П. Г. Найдина (1969) и Л. Л. Балашева (1968) и др.: энергия прорастания и всхожесть семян определялись по ГОСТу – 12038-84 (1991); густота всходов подсчитывалась в фазу полных всходов; полевая всхожесть определялась, как процент взошедших растений от числа высеянных лабораторно-всхожих семян; густота стояния растений подсчитывалась перед уборкой урожая (Майсурян, 1970; Митрофанов, Новоселов, Харьков, 1971); фенологические наблюдения проводились по фазам развития растений (всходы, кущение, колошение, восковая спелость) в соответствии с методикой ГСУ (Балакшева и др., 1971). Сохранность растений определялась путем сопоставления густоты стояния растений перед уборкой урожая с густотой всходов, выражая показатель в процентах. Наблюдения за динамикой линейного роста растений проводили два раза за вегетацию – перед фазой колошения растений и уборкой. Повторность определения четырехкратная.

Определение водоудерживающей способности листьев пшеницы проводили с фазы кущения до фазы налива зерна, по общепринятой методике (Диагностика растений ..., 1988).

Биологический урожай определяли на основе данных структурного анализа индивидуальных растений на 1 м<sup>2</sup> по методике Н. А. Майсурян (1970). Фактическую урожайность – после обмолота и взвешивания зерна (при достижении влажности 14%) с каждой опытной делянки. Масса 1000 зерен определялась после обмолота пробного снопа в соответствии с ГОСТом 12042-84.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3. Видовой состав, распространенность и вредоносность опасных болезней зерновых культур в Самарской области и прогноз их развития

Одной из причин снижения урожайности зерновых культур является ухудшение фитосанитарного состояния посевов и семенного фонда, обусловленного, как регулярным нарушением технологии их возделывания, так и изменениями климата, сопровождающимися появлением новых агрессивных рас и видов фитопатогенов. Уровень развития патогенной

микробиоты в почве и на семенном материале достиг критического значения. Своевременное проведение фитосанитарного мониторинга позволяет выявить наиболее распространенные болезни для конкретного региона, определить критические стадии развития растений и значимость воздействия абиотических факторов на их патогенез и вредоносность для составления прогноза развития болезней, что имеет значение для оптимизации системы защиты растений и дает возможность своевременно принимать профилактические меры.

Регулярные многолетние обследования и лабораторные исследования при фитомониторинге производственных посевов яровой пшеницы и ячменя на территории Самарской области выявили комплекс болезней различной этиологии (табл. 1), среди которых наиболее распространенными и вредоносными являются корневые гнили. В комплексе патогенов, вызывающих корневые гнили зерновых культур, преобладали грибы родов *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. Среди обнаруженных листостеблевых болезней к основным следует отнести: гельминтоспориоз (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem), септориоз (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.), мучнистую росу (*Blumeria graminis* (DC) Speer), бурую листовую ржавчину (*Puccinia recondite* Rob. ex Desm.) на посевах яровой пшеницы; гельминтоспориозные пятнистости – сетчатую (*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem.) и темно-бурую (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem), ринхоспориоз (окаймляющая пятнистость) (*Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis.), а также септориоз (*Septoria hordei* Gacz) и стеблевую ржавчину (*Puccinia graminis* Pers.) – на посевах ярового ячменя.

**Таблица 1 – Результат мониторинга современного состояния фитопатогенного комплекса на зерновых культурах в Среднем Поволжье**

Болезни	Наличие симптомов болезни в разные годы исследований											Процент встречаемости		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	всего	в.т. ЭФТ*
Коневые гнили	+	+	+	+	++	+	++	+	+	+	++	+	100	25
Гельминтоспориозные пятнистости	++	++	+	+	+	+	++	+	+	+	-	+	92	25
Бурая ржавчина	+	++	-	++	++	++	++	+	++	+	-	-	75	50
Мучнистая роса	++	+	++	++	+	+	-	-	+	-	-	+	67	16
Темно-бурая пятнистость	-	+	-	-	-	+	+	+	+	++	+	++	67	17
Септориоз	-	-	-	+	-	+	++	+	++	-	+	+	58	8
Стеблевая ржавчина	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	58	0

\*"++ +" – эпифитотия (ЭФТ); "++" – умеренное развитие; "-" – отсутствие видимых симптомов поражения болезнью.

Наиболее часто встречаемые (более 50% раз за период исследований) и вредоносные болезни злаковых культур в разные годы исследований представлены в таблице 1.

Анализ динамики поражения яровых зерновых культур корневыми гнилями позволил установить, что наибольшего распространения и развития болезнь достигала в фазу восковой спелости зерна, причем характер поражения обеих культур в зависимости от погодных условий года был схожим, хотя ячмень поражался сильнее пшеницы в 1,5–2 раза (рис. 1). Вспышки заболевания отмечались в годы с резкой сменой засушливых и влажных периодов в наиболее чувствительных фазах развития растений. Как показал корреляционный анализ, наиболее критическим является межфазный период всходы-кущение, который в условиях Самарской области приходится на третью декаду мая (рис.2).

Более высокие значения ГТК в этот период, обусловленные большим количеством выпадения осадков и более низкими среднесуточными температурами в этот период способствуют большему распространению и интенсивности развития корневых гнилей на посевах злаковых культур ( $r = +0,44\dots+0,82$  и  $r = -0,7\dots-0,6$  соответственно) к концу вегетационного периода. В то же время низкое количество осадков перед посевом (первая декада мая) провоцирует более быстрое распространение корневых гнилей ( $r = -0,6\dots-0,7$ ) на полях за счет снижения энергии прорастания семян и жизнеспособности проростков.

На основе регрессионного анализа была построена математическая модель (рис.3), позволяющая прогнозировать распространение и интенсивность развития корневых гнилей на пшенице и ячмене в зависимости от показателя ГТК в третьей декаде мая, который отражает сложившиеся погодные условия в начале роста растений.

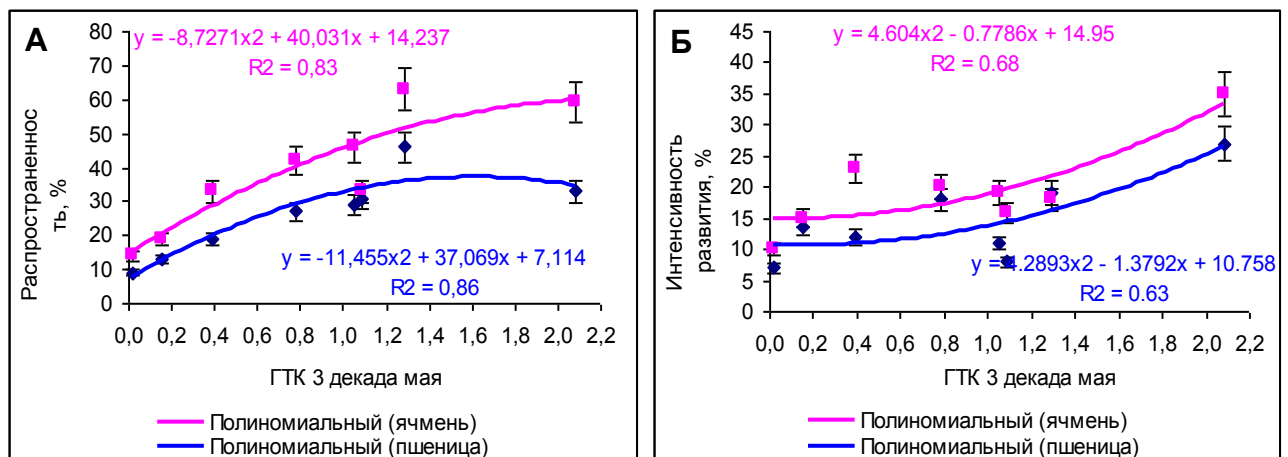


Рис. 3. Математическая модель, позволяющая прогнозировать распространение и интенсивность развития корневых гнилей на пшенице и ячмене в зависимости от показателя ГТК в третьей декаде мая.

Прогноз дает возможность своевременно проводить профилактику и оптимизировать схему защитных мероприятий в борьбе с корневыми гнилями, чтобы предотвратить развитие эпифитотий. В дальнейшем быстрому распространению корневых гнилей на посевах яровых злаковых культур способствуют жаркие или засушливые условия во второй декаде июля, когда растения находятся на стадии колошения (коэффициент

корреляции с ГТК  $r = -0,6...-0,7$ ), а более интенсивному их развитию – обильные осадки и пониженные температуры в 1 декаде августа в период созревания семян (коэффициент корреляции с ГТК по обеим культурам в среднем составил  $r = +0,8$ ).

Анализ видовой структуры популяций возбудителей аэрогенной инфекции показал, что в Самарской области ежегодно, но в разной степени, зерновые колосовые поражаются ржавчиной, мучнистой росой, септориозом и гельминтоспориозными пятнистостями, распространенность и интенсивность развития которых также во многом зависит от погодных условий в период вегетации растений. Среди листостеблевых болезней яровой пшеницы с наиболее часто регистрируемым эпифитотийным характером развития в условиях Самарской области является *бурая ржавчина* (табл.1). Распространенность болезни в годы ее проявления изменялась от 2% до 100%. Распространению возбудителя *P. recondite* способствует дождливая ( $r = +0,89$ ) и прохладная погода ( $r = -0,63$ ) в июле на стадии колошения, причем наиболее значимой является вторая декада июля (рис. 4), когда растения вступают в фазу созревания семян.

Интенсивному развитию бурой ржавчины пшеницы способствуют также засушливые условия в межфазный период всходы-кущение, преимущественно в третьей декаде мая. Степень поражения ослабленных весенней засухой посевов в неблагоприятные годы может достигать 40%. Коэффициент корреляции между степенью поражения растений перед уборкой и суммарным количеством осадков в мае в среднем составил  $r = -0,88$ . В совокупности, сочетание неблагоприятных погодных условий в критические фазы развития (засуха в мае и обильные осадки в июле) могут способствовать развитию эпифитотии бурой ржавчины в Самарской области, что и было отмечено в 2003 и 2007 годах, когда распространенность болезни составила 80–100%.

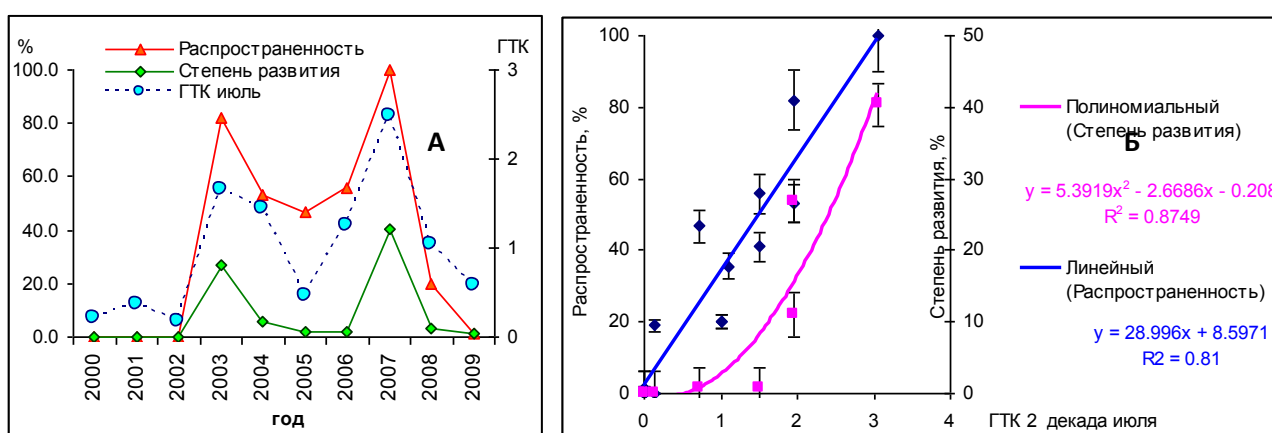


Рис. 4. Взаимосвязь распространения и интенсивности развития бурой ржавчины на посевах пшеницы (фаза восковой спелости зерна) в условиях Самарской области с показателем ГТК (2 декада июля).

Зависимость развития *стеблевой ржавчины* ячменя от климатических факторов среды имело менее выраженный характер и в годы ее проявления распространенность в посевах составляла 2–27%. Анализ многолетних

наблюдений показал, что распространению этой болезни в условиях Самарской области могут способствовать низкое количество выпавших осадков в первой декаде июня ( $r = -0,84$ ) и повышенные среднесуточные температуры в третьей его декаде ( $r = +0,92$ ), то есть нестабильность погодных условий в период стадии кущения растений ячменя (рис. 5).

*Септориоз и мучнистая роса* более часто встречаются и сильнее поражают посевы пшеницы, чем ячменя: распространенность в разные годы их проявления в условиях Самарской области составила 12-48% и 1-13%; 1-68% и 1-5% соответственно. Интенсивность развития этих болезней в большей степени обусловлена видовой и сортовой устойчивостью культур, чем конкретным сочетанием абиотических факторов среды на определенных стадиях развития растений. Тем не менее, можно отметить, что распространению септориоза способствует теплая сухая ( $r = +0,41 \dots +0,71$ ), а мучнистой росы – прохладная влажная погода июля ( $r = -0,50 \dots -0,65$ ). В отношении мучнистой росы выявлена тенденция снижения ее распространения на территории Среднего Поволжья начиная с 2006 года, тогда как поражение злаковых культур септориозом в последние годы, наоборот, стало встречаться чаще (табл.1). На посевах пшеницы эпифитотии мучной росы были отмечены в 2000–2003 годах, а септориоза – в 2006–2008 годах.

В последнее десятилетие отмечается возрастание вредоносности *гельминтоспориозных пятнистостей* в агроценозах злаковых культур. Эта тенденция отмечена и в наших исследованиях. В условиях Самарской области симптомы поражения листьев на посевах яровой пшеницы и ячменя регистрировались практически ежегодно (табл.1). Распространенность болезни на посевах ячменя составила 7-20%, а пшеницы – 0,5-84% в зависимости от года.

Развитию *гельминтоспориозных пятнистостей*, как известно, способствует прохладная и влажная погода (например, 2008 и 2011 годы), тогда как редкие дожди и повышенные температуры или экстремально засушливые условия резко снижают пораженность растений данной болезнью (2009 и 2010 годы) (рис. 6).

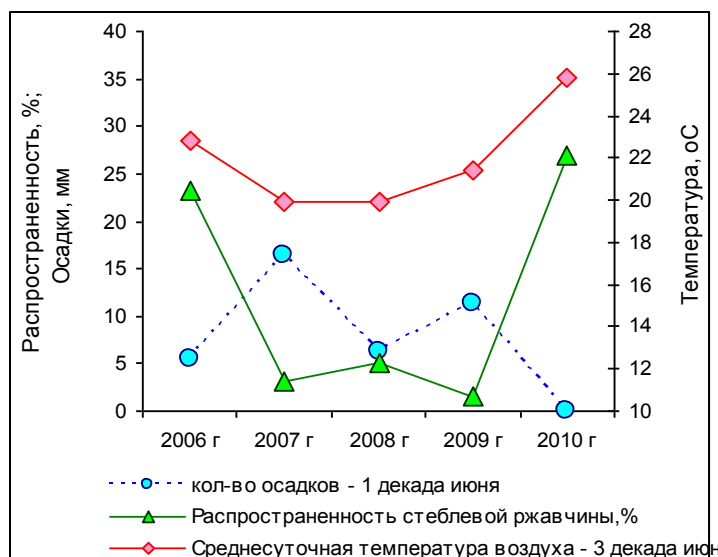


Рис.5. Влияние климатических факторов на распространение стеблевой ржавчины ячменя в условиях Самарской области: количества осадков - 1 декада и среднесуточная температура воздуха - 3 декада июня на стадии кущения.

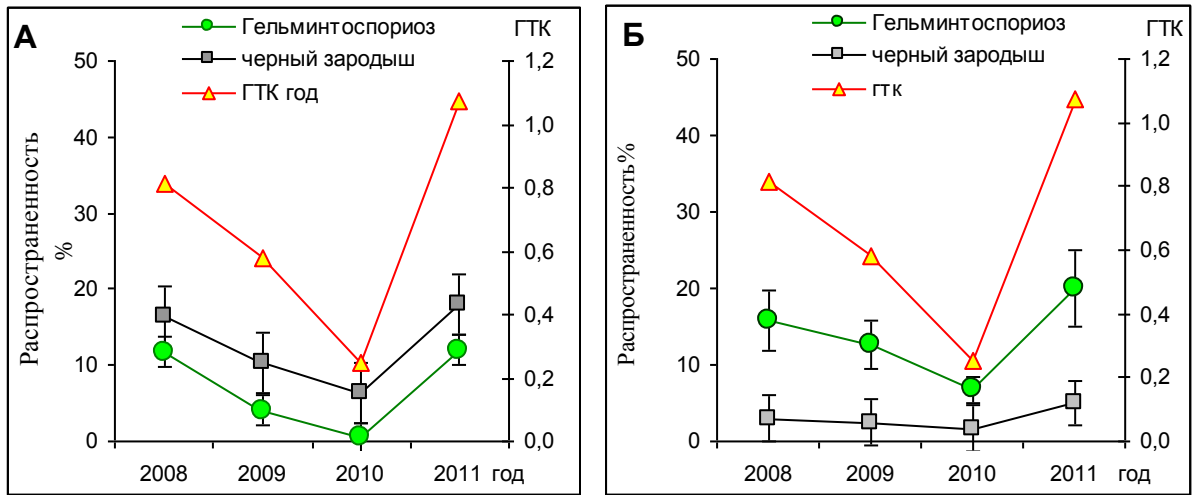


Рис. 6. Влияние климатических факторов (ГТК среднее за год) на распространённость гелиминтоспориозных пятнистостей и «черного зародыша» семян яровой пшеницы (А) и ячменя (Б) в условиях Самарской области.

Существенно значимая взаимосвязь ( $r > 0,80$ ) между интенсивностью распространения болезни и климатическими факторами среды выявлена в периоды от прорастания до фазы кущения культуры (2–3 декады мая) и в процессе созревания семян (1–2 декадах августа). При этом отмечено, что вероятность эпифитотии возрастает, если в 2–3 декадах мая значение ГТК  $>1,2$  (рис. 7), причем, более резко на посевах яровой пшеницы. При значениях ГТК  $<1,2$  в этот период распространённость болезни не превышает 20%. Выпадение обильных осадков в августе в фазу наступления восковой спелости зерна способствует интенсивному развитию гелиминтоспориоза на посевах пшеницы и ячменя ( $r = +0,71$  и  $+0,85$  соответственно).

Это в свою очередь приводит не только к снижению общей продуктивности растений, но и к снижению качества зерна за счет увеличения доли семян с «черным зародышем» (рис.6) в результате внутреннего их инфицирования возбудителями гелиминтоспориоза в комплексе с грибами рода *Alternaria*.

Таким образом, в результате многолетних исследований были выявлены особо опасные фитопатогены яровых зерновых колосовых культур в Самарской области. Среди них наиболее экономически значимый ущерб для посевов наносит ежегодное поражение растений корневыми и прикорневыми гнилями, вызываемое фитопатогенными грибами родов

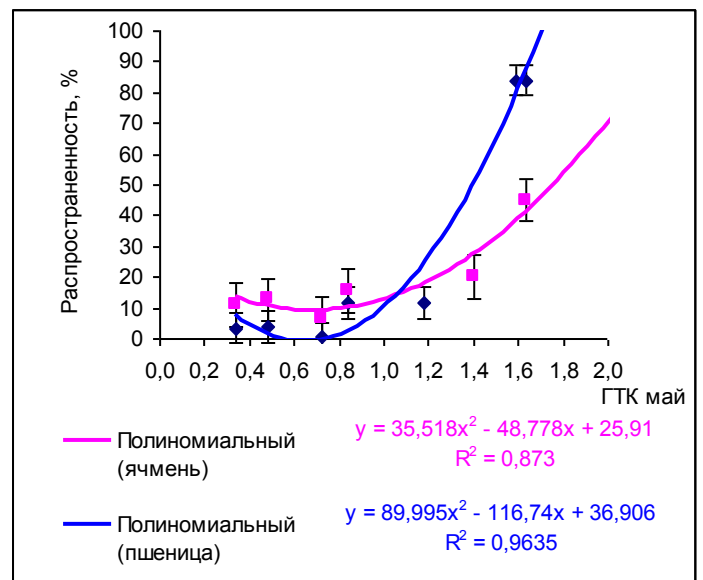


Рис. 7. Взаимосвязь распространения гелиминтоспориозной пятнистости на посевах пшеницы и ячменя (фаза восковой спелости зерна) в условиях Самарской области с показателем ГТК в период «посев – кущение»

*Helminthosporium, Fusarium u Alternaria*. Их вредоносность заключается в гибели растений в период вегетации (количество выпадов в разные годы достигает 20–48%) и снижении элементов продуктивности по мере увеличения степени поражения (табл. 2), которые усугубляются неблагоприятными климатическими условиями.

Таблица 2 – Снижение показателей структуры продуктивности растений зерновых колосовых культур в зависимости от степени поражения корневыми гнилями, в % относительно здоровых растений (Самарская область, 1985–2007 годы)

Показатель	Благоприятные годы				Неблагоприятные годы			
	балл поражения							
	1	2	3	4	1	2	3	4
яровая пшеница сорт Кинельская Нива								
Высота растений	2,2	6,3	15,9	37,7	6,2	8,4	15,4	44,7
Продуктивная кустистость	11,5	8,9	35,8	66,2	14,7	22,5	38,0	69,0
Длина колоса	1,7	13,1	18,1	24,3	10,0	26,2	37,5	43,7
Число зерен в колосе	3,6	8,4	18,5	22,9	5,5	14,7	26,9	30,7
Масса зерна с колоса	14,8	31,8	43,2	55,7	4,4	34,8	50,0	59,8
Масса 1000 зерен	11,3	22,5	30,3	42,5	26,1	44,2	50,7	57,1
ячмень сорт Поволжский 65								
Высота растений	5	10	27	44	7	11	33	Гибель растений
Продуктивная кустистость	10	25	43	65	15	30	50	
Длина колоса	6	20	28	45	9	28	35	
Число зерен в колосе	15	29	41	70	21	40	51	
Масса зерна с колоса	18	36	55	80	25	51	70	
Масса 1000 зерен	5	13	26	55	8	25	37	

С повышением интенсивности поражения снижение продуктивности ячменя превышало аналогичный показатель для яровой пшеницы. Масса зерна с одного колоса ячменя при поражении в 1 балл уменьшалась на 25%, а при поражении в 3 балла – на 70% (для яровой пшеницы – на 4,4 и 50% соответственно). При 4-балльной степени поражения зерно в колосе ячменя не формировалось. Корреляционный анализ подтвердил наличие обратной зависимости массы 1000 зерен, числа зерен в колосе и продуктивной кустистости от интенсивности поражения растений яровой пшеницы с коэффициентами корреляции  $r=-0,77$ ;  $-0,92$ ;  $-0,92$ , и ячменя – с коэффициентами  $r=-0,86$ ;  $-0,90$  и  $-0,92$  соответственно (с достоверностью 0,7).

В этиологии корневых и прикорневых гнилей, кроме почвы и растительных остатков, значительная роль принадлежит семенной инфекции, с которой передается около 60% болезней сельскохозяйственных культур (Никольская, 1987; Тютюрев, 2005). Фитоэкспертиза видового состава микробиоты почвы и микрофлоры семян перед посевом подтвердила (табл. 3), что основным источником гельминтоспориозной гнили, вызываемой *B. Sorokiniana*, а также некоторых видов грибов (*F. heterosporum*, *F. semitectum* и *F. moniliforme*), участвующих в патогенезе

Таблица 3 – Перечень наиболее часто встречающихся микроорганизмов\* в почве, на семенах и пораженных частях растений злаковых культур в Самарской области (2008 - 2010 годы)

Культура	Площадь	Присутствие микроорганизмов			
		на семенах	в корне	на узле кущения	в почве
Ячмень	283га	<i><b>Fusarium heterosporum</b></i> <i><b>Fusarium semitectum</b></i> <i><b>Bipolaris sorokiniana</b></i> <i>Agrobacterium radiobacter</i>	<i>Mucor</i> spp. <i>Bipolaris sorokiniana</i> Mycelia sterilia <i>Fusarium heterosporum</i> <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium semitectum</i> <i>Fusarium oxyporum</i>	<i>Mucor</i> spp. <i>Fusarium heterosporum</i> <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Fusarium oxysporum</i> Mycelia sterilia <i>Fusarium semitectum</i> <i>Agrobacterium radiobacter</i> <i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Mucor</i> spp. <i>Fusarium solani</i> Mycelia sterilia <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Actinomyces</i> spp. <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium avenaceum</i> <i>Penicillium</i> spp.
Яровая пшеница	165га	<i>Agrobacterium radiobacter</i> <i><b>Bipolaris sorokiniana</b></i> <i><b>Fusarium semitectum</b></i> <i><b>Fusarium moniliforme</b></i> <i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor</i> spp. Mycelia sterilia <i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium oxyporum</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium semitectum</i> <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Mucor</i> spp. <i>Bipolaris sorokiniana</i> Mycelia sterilia <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Agrobacterium radiobacter</i> <i>Pseudomonas syringae</i>	<i>Mucor</i> spp. <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium solani</i> Mycelia sterilia <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Actinomyces</i> spp. <i>Pseudomonas syringae</i>

\*- средняя частота встречаемости за годы исследований – более 20% от общего числа изученных проб почвы и биообразцов; жирным шрифтом выделены наиболее фитопатогенные микроорганизмы.



фузариозных гнилей в условиях Самарской области, является семенной материал.

По результатам фитоэкспертизы семян зерновых колосовых культур за период с 2008 по 2010 год, проведенной совместно с работниками Самарского филиала ФГУ «Россельхозцентр», выявлены наиболее часто встречающиеся микроорганизмы на семенах. Суммарная поверхностная заспоренность семян комплексом фитопатогенов в среднем за пять лет по Самарской области по яровой пшенице составила 48,5%, а по ячменю – 60%. В составе микробиоты семян были выделены виды фитопатогенных грибов различных родов, встречаемость которых на яровой пшенице и ячмене в среднем составила: *Fusarium* spp. – 2,7% (по годам 1,9–3,2%) и 5,6% (по годам 2,6–13,3%); *B. sorokiniana* – 14,1% (12,0–16,7) и 17,1% (9,7–21,9%); *Alternaria* spp. – 27,5% (24,8–30,9%) и 32,5% (22,6–44,4%) соответственно. То есть, в отдельные годы общая зараженность семян возбудителями гельминтоспориозно-фузариозной гнили может превышать максимально допустимый порог (34%), при котором семенной материал не пригоден для посева. Но, даже при низком проценте поражения семян этими возбудителями, предпосевная обработка семян злаковых культур фунгицидами – обязательный агротехнический элемент технологии выращивания зерновых культур.

Однако, протравливание семян предохраняет растения только на ранних этапах развития – от прорастания до фазы кущения культуры. В дальнейшем защитный эффект ослабевает и выпадения растений от корневых гнилей в зависимости от погодных условий года могут быть значительными. Кроме того, важно не допустить распространения аэрогенной инфекции на флаговый лист и верхние три листа, которые вносят основной вклад в формирование урожая колосовых культур (около 80%). В случае обнаружения 1–5 пятен на третьем сверху листе при поражении более 40% растений необходимы дополнительные обработки растений химическими фунгицидами. Поэтому, в условиях обострения экологической обстановки, возрастает актуальность поиска альтернативных путей, в том числе биофизических приемов и технологий, направленных на реализацию генетического и адаптивного потенциала растений, за счет повышения их неспецифической устойчивости к различного рода абиотическим и биотическим стрессам.

#### **4. Особенности биологического воздействия и эффективность применения физических методов предпосевной обработки семян в защите яровых зерновых злаковых культур от болезней**

Различные спектральные и энергетические характеристики электромагнитных излучений, а также длительность их воздействия вызывают у растительных организмов широкий диапазон биологических реакций – от стимуляции до угнетения и полной гибели (Лудилов, 1995). Оптимизация режимов предпосевной обработки должна учитывать видовую и сортовую специфику их влияния, как на основные качественные

характеристики и зараженность семенного материала, так и на последующий рост и развитие растений, на их устойчивость к абиотическим и биотическим факторам, продуктивность и качество получаемого зерна.

**Определение оптимальных режимов обработки семян яровой пшеницы и ячменя физическими методами воздействия.** Из исследуемых вариантов предпосевной обработки семян зерновых культур электромагнитным излучением КВЧ-диапазона, различающихся как длиной волны ( $\lambda = 5,6$  мм и  $7,1$  мм), так и временем экспозиции (15 мин, 30 мин и 45 мин) определен оптимальный режим: 30-минутное облучение предварительно увлажненных семян волнами с длиной  $7,1$  мм (частота  $\nu=42194\pm 10$  МГц). Данная обработка повышала энергию прорастания и лабораторную всхожесть пшеницы в зависимости от сорта на 2,4-11,3 и 4,8-6,8%, а ячменя – на 2,4-10,9 и 3,7-8,2% соответственно относительно контроля. Увеличение экспозиции воздействия до 45 минут приводило к повышению количества проростков с аномальными отклонениями в развитии различных органов (рис. 8), что может свидетельствовать о превышении некоторого порогового значения поглощения добавочной энергии клетками зародыша, приводящем к нарушению внутриклеточных структур.

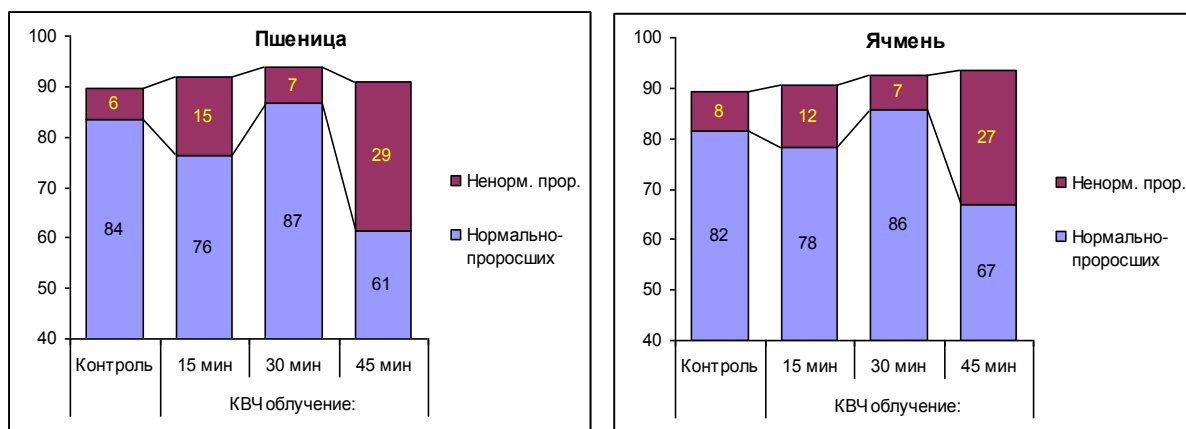


Рис. 8. Влияние экспозиции предпосевной обработки электромагнитными волнами КВЧ-диапазона на прорастание семян и количество проростков с аномальными отклонениями в развитии.

Эффективность электрофизического воздействия зависела и от сортовых особенностей культуры. Так, низкобелковый пивоваренный сорт ячменя Волгарь был более отзывчив на КВЧ-облучение (повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести составляло 10,9 и 8,2% относительно контроля), тогда как у кормового сорта Поволжский 65 данные показатели увеличивались на 4,3 и 3,7% соответственно, что может объясняться различием во внутреннем строении зерна. Эндосперм состоит из стабильных клеток, в которых находятся зерна крахмала, разделенные пространством, заполненным содержащей белки матрицей, образующие стенки. Толстые стенки, характерные для кормовых сортов, дольше противостоят растворению, препятствуют обмену веществ и защищают содержимое клеток.

Полученные результаты подтверждают вывод ряда ученых (Костин, 1999; Лудилев и др., 1995; Хайновский и др., 2008), что под действием электромагнитного излучения происходит деформация клеточных мембран, приводящая к изменению их проницаемости, как для воды, так и ионов. В результате усиливается воздухопроницаемость семенной оболочки, начинается более интенсивное набухание семян и поглощение ими воды, разрастание меристем эмбриональной части, происходит активация ферментов, катализирующих разложение запасных веществ, необходимых зародышу.

Из различных режимов импульсного магнитного поля, где варьировались энергия импульса ( $W = 2,7; 3,1; 3,7; 4,7$ кДж) и их количество ( $n = 5; 7; 9$ ), оптимальным оказалось воздействие ИМП с энергией  $W=4,7$  кДж и числом импульсов  $n = 5$  (длительность импульса 1520 мс). Энергия прорастания и лабораторная всхожесть яровой твердой пшеницы сорта Безенчукская 200 и мягкой сорта Кинельская Нива повышались на 9,1; 1,8% и 4,5; 2,5% соответственно, у ячменя сорта Поволжский 65 эти показатели возрастали на 11,0 и 6,0% по отношению к контролю. При воздействии ИМП происходит изменение цитоплазматических и мембранных характеристик клетки, что положительно влияет на ее водоудерживающую способность и интенсивность происходящих обменных процессов. Таким образом, изменяя параметры электрофизического воздействия на семена, можно управлять ферментативной активностью и, тем самым, ускорять или замедлять ростовые процессы, а также другие процессы жизнедеятельности растительного организма. Так, увеличение числа импульсов магнитного поля приводило к угнетению семян мягкой яровой пшеницы, тогда как твердая пшеница реагировала повышением значений энергии прорастания и всхожести за счет ненормально проросших семян, которые составляли 23-30% от их общего числа.

Продолжительность влияния электрофизических обработок определялась культурой и сортом (рис. 9). При этом наибольший эффект от обработки семян яровой пшеницы электрофизическими воздействиями наблюдался в течение первого месяца, а у ячменя – семи дней.

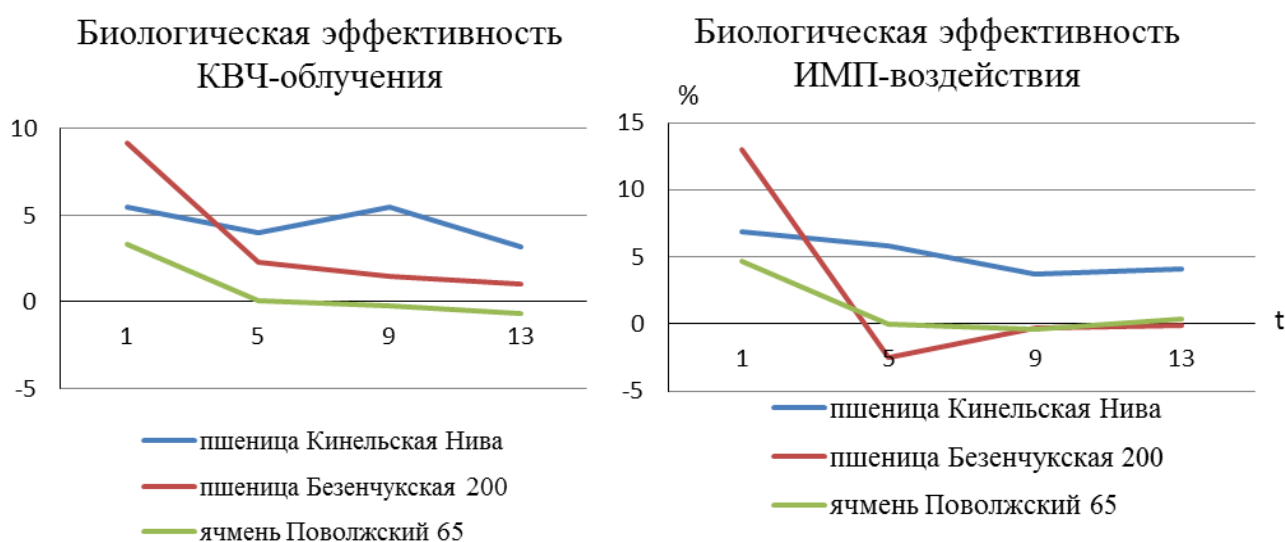


Рис.9. Влияние сроков обработки семян электрофизическими способами на их энергию прорастания (время последействия  $t$  измеряется в неделях).

Для установления целесообразности применения изучаемых физических способов предпосевной обработки семян, при возделывании зерновых в полевых условиях, большое значение имеет их сравнительная оценка с такими традиционными приемами, как протравливание семян фунгицидами и биорегуляторами роста растений.

Эффективность воздействия на семена, как физических приемов, так и обработки их регуляторами роста находилась в непосредственной зависимости от качества посевного материала в опытах. Максимальное повышение биологической эффективности предпосевого облучения отмечалось в годы, когда использовались семена со сравнительно низкими посевными качествами ( $r=-0,85$ ). В целом, оптимальные режимы КВЧ-облучения и воздействия ИМП заметно улучшали посевную годность, повышая энергию прорастания в зависимости от культуры, сорта и года наблюдения до 11%, а лабораторную всхожесть до 6,5% по сравнению с контрольным вариантом. Биостимуляторы Агат 25К и Экстрасол, как и изученные протравители (Раксил, Дивиденд Стар, Витавакс 200ФФ), на лабораторные посевные качества семян изучаемых культур оказывали менее существенное влияние.

Тем не менее, определение полевой всхожести (по густоте и полноте всходов) яровой пшеницы и ячменя показало, что увеличение данных показателей наблюдалось на всех вариантах, во все годы проведения опытов, за исключением протравливания семян изучаемых сортов Раксилом. Из вариантов с различными временными экспозициями КВЧ-облучения наибольшее количество взошедших растений на  $1\text{ м}^2$  было отмечено на ячмене при облучении семян в течение 30-45 мин и при обработке биорегулятором Агат 25К, где превышение показателя контрольного варианта составило в среднем 7-11% и 8-10% соответственно. Аналогично реагировала на обработки и яровая пшеница – стабильный эффект был отмечен в варианте с 30 минутным облучением семян КВЧ – повышение полевой всхожести в среднем на 8-9%, в варианте с Агат 25К он составил 5-11% в зависимости от сорта.

***Сравнительная оценка влияния разных способов предпосевной обработки на семенную инфекцию и зараженность проростков яровых зерновых культур*** показала, что как физическое воздействие выбранных режимов ИМП и КВЧ-излучения, так и биопрепарат Агат 25К, были менее эффективны в снижении инфицирования семян яровой пшеницы и ячменя, чем химический протравитель Дивиденд Стар (табл. 4). При этом их ингибирующее действие на развитие грибов рода *Fusarium* и *Alternaria* в среднем было в 1,5-2 раза выше, чем на возбудитель *B. Sorokiniana.*, в отношении которого высокая фунгицидная активность была отмечена в вариантах с Дивиденд Стар (БЭ = 56-74%). И, хотя общая зараженность семян комплексом фитопатогенов в контроле была высокой, составляя в среднем за 2008–2011 годы по яровой пшенице 39,8-48,5%, а по ячменю – 57,8%, пораженность 14-дневных проростков составила 11-21% (табл. 5).

Эффективно защищал проростки системный протравитель комбинированного действия Дивиденд Стар, снижая распространенность заболевания в зависимости от года и культуры с 46,3 до 0%, а степень поражения – с 32,2 до 0%.

Таблица 4 – Влияние изучаемых методов предпосевной обработки на пораженность семян зерновых колосовых фитопатогенными грибами (лабораторный опыт 2006–2011 годы)

Варианты опыта	Микрофлора							
	<i>B. sorokiniana</i>		<i>Fusarium spp.</i>		<i>Alternaria spp.</i>		Общая пораженность, %	
	П	БЭ	П	БЭ	П	БЭ	П	БЭ
яровая пшеница сорт Кинельская Нива								
Контроль	15,1	–	4,1	–	29,3	–	48,5	–
КВЧ-облучение	12,9	17,1	3,0	26,8	23,8	18,8	39,7	18,1
ИМП	14,0	7,3	2,5	39,0	26,2	10,6	42,7	12,0
Агат 25К	13,0	13,9	2,8	31,7	23,7	19,1	39,5	18,6
Дивиденд Стар	6,7	55,6	2,2	46,3	12,6	57,0	21,5	55,7
ИМП+Агат 25К	12,3	18,5	3,3	19,5	25,4	13,3	41,0	15,5
яровая пшеница сорт Безенчукская 200								
Контроль	16,3	–	3,6	–	19,9	–	39,8	–
КВЧ-облучение	14,7	9,8	2,7	25,0	17,8	10,6	35,2	11,6
ИМП	13,5	17,2	2,7	25,0	16,7	16,1	32,9	17,3
Агат 25К	12,3	24,5	2,4	33,3	16,4	17,6	31,1	21,9
Дивиденд Стар	6,2	62,0	1,5	58,3	8,7	56,3	5,5	86,1
ИМП+Агат 25К	14,9	8,6	3,1	13,9	16,0	19,6	34,0	14,6
ячмень сорт Поволжский 65								
Контроль	17,4	–	4,0	–	36,4	–	57,8	–
КВЧ-облучение	15,6	10,3	3,2	20,0	32,1	11,8	50,9	11,9
ИМП	16,3	6,3	3,1	22,5	31,1	14,5	50,5	12,6
Агат 25К	14,6	2,8	2,4	40,0	28,4	21,9	45,4	21,5
Дивиденд Стар	4,5	74,1	0,6	85,0	7,2	80,2	4,1	92,9
ИМП+Агат 25К+Круйзер	15,6	10,3	2,9	27,5	28,7	21,2	47,2	18,3

П – пораженность, %; БЭ – биологическая эффективность, %.

Обработка семян биостимулятором и воздействие на них КВЧ-излучения и ИМП по эффективности уступали протравителю, однако, оздоравливающее их действие имело место. Различались они и по степени поражения. Если в контрольном варианте отмечались проростки с симптомами корневой гнили с интенсивностью поражения от 1 до 4 баллов, то в опытных вариантах этот показатель не превышал 2-х баллов. Поскольку, споры грибов и бактерии обладают большей влагопоглощательной способностью, они впитывают влагу значительно быстрее, чем внутренние части семян. При облучении таких семян электромагнитным полем КВЧ-диапазона основная часть энергии поглощается микробиообъектами, которые интенсивно нагреваются и гибнут на всех стадиях развития (Цугленок, 1984; 2003).

Из вариантов, где воздействие на семена зерновых колосовых культур осуществлялось импульсным магнитным полем совместно с биорегулятором Агат 25К и ИМП с фунгицидом Дивиденд Стар, положительное действие было отмечено только при комбинированной обработке физическим и биологическим методами. Протравливание семян, прошедших обработку импульсным магнитным полем, ослабляло их иммунные силы, снижая посевные качества, хотя эффект фунгицидного действия протравителя сохранялся.

**Таблица 5 – Влияние изучаемых методов на пораженность 14-дневных проростков зерновых от поражения корневыми гнилями (2008-2011 годы)**

Варианты опыта	Яровая пшеница Кинельская Нива				Яровая пшеница Безенчукская 200				Ячмень Поволжский 65			
	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ
Контроль	21,3	—	12,8	—	11,0	—	4,7	—	13,0	—	5,2	—
КВЧ-облучение	15,8	25,8	7,9	38,3	7,1	35,5	2,7	42,5	8,3	36,2	3,2	38,5
ИМП	15,6	26,8	6,9	46,1	6,5	40,1	2,5	46,8	9,7	25,4	4,0	23,1
Агат 25К	12,4	41,8	6,6	48,4	5,0	54,5	2,6	44,7	8,0	38,5	2,7	48,1
Дивиденд Стар	1,0	95,3	0,3	97,7	2,9	73,6	1,1	76,6	1,7	86,9	0,5	90,4
ИМП+Агат25К*	13,1	38,5	6,4	50,0	6,6	40,0	2,6	44,7	6,9	46,9	3,1	40,4
НСР <sub>05</sub>	5,0		3,1		2,0		0,9		1,6		1,2	

Р – распространенность заболевания, %; И – интенсивность поражения, %;

БЭ – биологическая эффективность, %; \* – +Круйзер у ячменя сорта Поволжский 65.

В почве обработанные семена пшеницы и ячменя подвергаются воздействию основных абиотических факторов, носящих переменчивый характер (температура почвы и воздуха, влажность, кислотность и т.д.). И, как следствие, наблюдается более высокая распространенность и интенсивность поражения взошедших сеянцев корневыми гнилями (табл. 6).

**Таблица 6 – Влияние изучаемых методов обработки семян на пораженность корневыми гнилями всходов зерновых культур**

Варианты опыта	Яровая пшеница Кинельская Нива				Яровая пшеница Безенчукская 200				Ячмень Поволжский 65			
	среднее за 2008-2010 годы								сред. за 2009-2011 годы			
	Р		И		Р		И		Р		И	
	%	БЭ	%	БЭ	%	БЭ	%	БЭ	%	БЭ	%	БЭ
Контроль	31,5	—	13,7	—	25,5	—	12,5	—	24,6	—	11,2	—
КВЧ-облучение	28,4	9,8	10,5	23,4	14,2	44,3	5,3	57,6	16,5	32,9	7,8	30,4
ИМП	27,5	12,7	10,6	22,6	18,0	29,4	5,8	53,6	20,7	15,9	7,5	33,0
Агат 25К	21,9	30,5	9,9	27,7	21,7	14,9	7,0	44,0	22,5	8,5	9,6	14,3
Дивиденд Стар	16,9	46,3	5,5	59,9	15,3	40,0	3,3	73,6	4,9	80,1	1,3	88,4
ИМП+Агат25К*	23,5	25,4	8,3	39,4	18,2	28,6	5,9	52,8	17,2	30,1	7,3	34,8
НСР <sub>05</sub>	3,3		2,1		2,7		2,1		4,8		2,5	

Р – распространенность заболевания; И – интенсивность поражения; БЭ – биологическая эффективность, %; \* – +Круйзер у ячменя сорта Поволжский 65.

Тем не менее, закономерность оздоравливающего эффекта обработок на начальном этапе онтогенеза зерновых колосовых культур в полевых условиях сохранялась. Наибольшим он был в варианте с препаратом Дивиденд Стар, где пораженность корневыми гнилями в фазу всходов

уменьшалась на 10-20%; в вариантах с облучением КВЧ – на 3-11%; ИМП – на 3-7% в зависимости от культуры и сорта. Но, в отношении интенсивности поражения семян БЭ предпосевной обработки была выше, чем в лабораторном опыте, и в вариантах с применением физических методов она составила 23-58%. Физические и биологические приемы предпосевного воздействия на семена, благодаря стимулированию ростовых процессов, повышают неспецифическую устойчивость проростков к неблагоприятным воздействиям внешней среды в полевых условиях в целом (рис. 10).

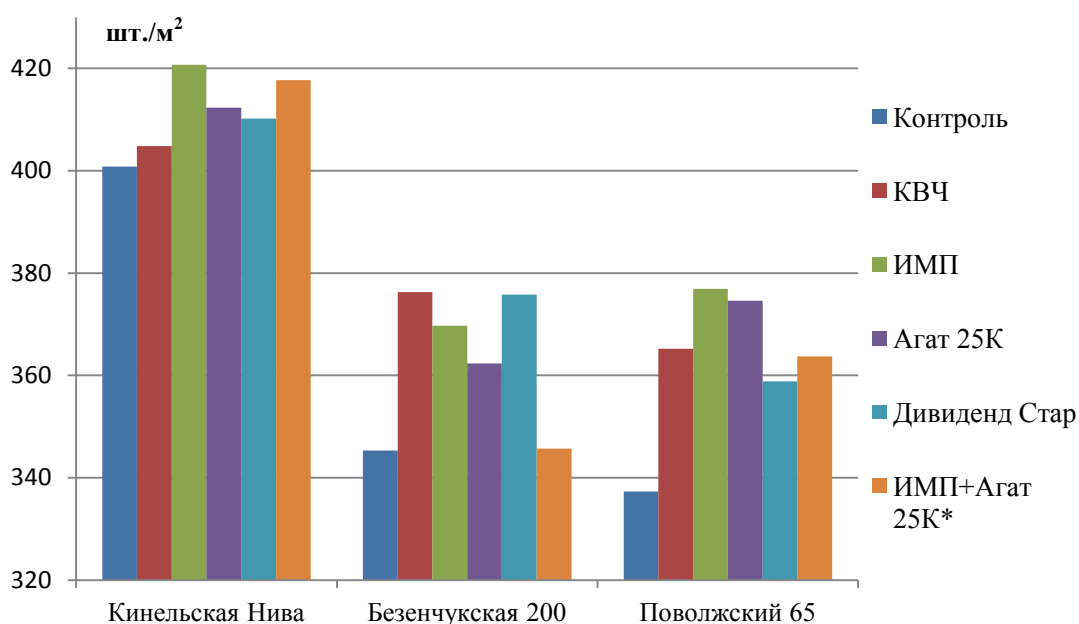


Рис.10. Густота всходов яровой пшеницы сортов Кинельская Нива и Безенчукская 200 (2008-2010 годы) и ячменя сорта Поволжский 65 (2009-2011годы).

Так в аномально жаркие годы (2009–2010) их эффективность была выше или на уровне химического протравителя, что способствовало увеличению полевой всхожести семян и густоты стояния всходов в 1,3-2,2 раза относительно контроля. Важно подчеркнуть, что были выявлены определенные различия в сортовой реакции на предпосевное облучение семян. Так у низкобелкового сорта мягкой яровой пшеницы Кинельская Нива и ячменя сорта Поволжский 65 максимальная густота всходов наблюдалась в варианте с предпосевным воздействием магнитного поля (6,5 и 11,7% соответственно), тогда как у твердой пшеницы сорта Безенчукская 200, характеризующейся более высоким содержанием белка, данный показатель был наибольшим в варианте с КВЧ-облучением (8,9%). Это связано с тем, что электромагнитные поля могут влиять на белковые молекулы, поляризуя ее боковые цепи, вызывая разрыв водородных связей и изменяя зону гидратации молекул, и тем самым изменяют биологические процессы, активизируя рост и развитие растений высокобелковых сортов. В результате отмечается устойчивое увеличение начального роста, весенне-летней выживаемости, благоприятно влияющих на весь последующий период развития растений.

***Положительное влияние предпосевной обработки семян зерновых колосовых на рост растений изучаемых культур*** отмечено во все годы эксперимента, но имело видовую специфику последствий. Как в первой половине вегетационного периода, так и к концу вегетации наибольшего роста достигали растения яровой пшеницы в вариантах с предпосевным облучением семян электромагнитными волнами КВЧ-диапазона, где длина растений увеличивалась на 6-7% и 3-12% соответственно относительно контроля в зависимости от сорта и года опыта. У растений ячменя на некоторые обработки семян перед посевом (КВЧ-облучение, ИМП и применение биостимулятора Агат 25К) проявлялся до фазы колошения небольшой ретардантный эффект. К моменту уборки практически все изучаемые приемы способствовали увеличению высоты растений на 1,2-5,5% относительно контроля, т.е. оказывали несомненный положительный эффект с точки зрения агротехники выращивания этих культур в засушливых условиях Самарской области.

***Влияние предпосевной обработки семян на водный режим растений зерновых культур.*** Максимальная продуктивность выращиваемых культур возможна при повышении их устойчивости к абиотическим стрессам. Одним из основных факторов, влияющих на толерантность растений к поражению болезнями и лимитирующим урожайность зерновых в большинстве районов Среднего Поволжья, является влагообеспеченность посевов.

Водоудерживающая способность растений зависела, как от характера обработки, так и от культуры. Самый высокий ее показатель наблюдался у яровой твердой пшеницы Безенчукская 200, затем у ячменя сорта Поволжский 65. Яровая мягкая пшеница сорта Кинельская Нива уступала по способности удерживать воду.

В очень сложных по тепло- и влагообеспеченности условиях (экстремально засушливом 2010 году) предпосевные обработки приводили к повышению водоудерживающей способности растений яровой твердой пшеницы Безенчукская 200 в фазу трубкования на 3-32% и в фазу восковой спелости – на 3-34%.

На яровой мягкой пшенице Кинельская Нива в фазу восковой спелости биологическая эффективность обработок увеличивалась на 5-17% в зависимости от варианта опыта (рис.9), что превышало аналогичный показатель БЭ за предыдущие годы. Предпосевная обработка семян ячменя электрофизическими факторами (КВЧ-облучение и ИМП) также способствовала улучшению параметров водного режима растений в фазе восковой спелости в засушливые сезоны 2009–2010 годов. Общая оводненность, водоудерживающая способность и «подвижная влага» увеличивались в вариантах с КВЧ-облучением в среднем на 5%, 2% и 12%, а в варианте с ИМП эти показатели превосходили контрольные в среднем на 11%; 5% и 21% соответственно.

Важно отметить, что параметры водного режима листьев растений ячменя, пораженных гельминтоспориозной пятнистостью, уступали



аналогичным значениям здоровых растений. Закономерность прослеживалась следующая: в засушливом 2010 году предпосевные обработки оказывали негативное влияние на водоудерживающую способность в течение всей вегетации, за исключением варианта с КВЧ-облучением, где данный показатель в фазы молочной и восковой спелости увеличивался на 3,6 и 6,0% относительно контроля. В благоприятном по влаго- и тепло-обеспеченности 2011 году все изучаемые способы предпосевного воздействия благоприятно влияли на способность больных растений удерживать воду во все фазы их развития, но снижали показатели «подвижной влаги».

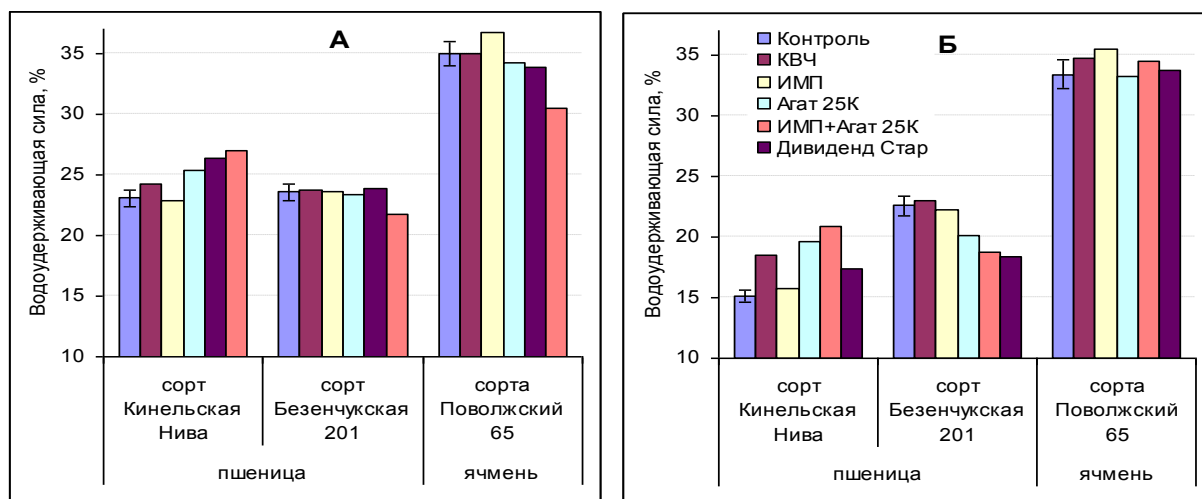


Рис. 9. Водоудерживающая сила листьев «здоровых» растений яровых злаков (А) и пораженных (Б) септориозом (пшеница) и гелиминтоспориозной пятнистостью (ячмень) в условиях засухи 2010 года на стадии восковой спелости зерна в зависимости от варианта предпосевной обработки семян.

В то же время, превышение показателя водоудерживающей способности листьев, пораженных септориозом, у менее засухоустойчивого сорта мягкой пшеницы Кинельская 59 было существенным и в зависимости от варианта составило 4,3-10,8% в 2009 году, а в 2010 году – 4,0-38,4% относительно контроля. Растения засухоустойчивого сорта Безенчукская 200, пораженные септориозом, в данном случае, превосходили контрольный показатель водоудерживающей способности лишь в варианте с предпосевным облучением КВЧ-диапазона (в среднем БЭ = 5,2%).

Полученные данные свидетельствуют о повышении уровня засухоустойчивости растений злаковых культур в фазу восковой спелости зерна, приобретаемому благодаря предпосевной обработке семян электрофизическими методами, способствующими более полной реализации адаптивного потенциала растений при воздействии стресса.

### **5. Эффективность физических методов обработки семян в снижении инфекционной нагрузки и стабилизации фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы и ячменя в условиях Самарской области**

Сорт, срок посева, погодные условия оказывают влияние на сопротивляемость растений фитопатогенам. Предпосевная обработка может оказывать положительное влияние не только на ранних стадиях онтогенеза,

но и иметь пролонгированный эффект на рост и развитие растений в целом, повышая их адаптивный и репродуктивный потенциал. Именно поиск таких методов подготовки семенного материала ведется в настоящее время, причем предпочтение отдается технологичным, экологически безопасным, экономически оправданным приемам. Результаты наших многолетних испытаний свидетельствуют о том, что выбранные режимы физического воздействия КВЧ-излучения и ИМП на семена различных сортов яровой пшеницы и ячменя обладают этими качествами.

**Влияние предпосевных обработок на устойчивость растений яровой пшеницы и ячменя к корневым и прикорневым гнилям.** Воздействие на семена электромагнитными волнами КВЧ-диапазона незначительно уступало по эффективности защиты растений ячменя от возбудителей гельминтоспориозной и фузариозной форм корневых гнилей протравителям, снижая распространенность и степень поражения заболевания относительно контроля по сорту Волгарь на 18,8% и 29,2%, а по сорту Поволжский 65 – на 17,1% и 28,3% соответственно. Положительные результаты в полевых условиях получены на сорте яровой пшеницы Кинельская 59 (табл.7).

**Таблица 7 – Влияние различных методов обработки семян яровых зерновых колосовых культур на устойчивость к корневым гнилям**

Варианты опыта	Пшеница Кинельская 59				Ячмень Волгарь				Ячмень Поволжский 65			
	среднее за 2000-2002 годы								среднее за 2001-2002 годы			
	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
Контроль	11,5	–	18,9	–	19,5	–	29,8	–	13,8	–	24,6	–
Агат 25К	7,9	31,3	13,1	5,8	14,1	27,7	24,4	18,1	10,1	26,8	20,7	15,9
Экстрасол	8,9	22,6	13,0	5,9	14,5	25,6	25,1	15,8	11,3	18,1	21,7	11,8
Витавакс 200ФФ	6,3	45,2	10,3	8,6	12,2	37,4	20,2	32,2	8,5	38,4	18,6	24,4
Раксил	7,3	36,5	11,4	7,5	12,9	33,8	21,7	27,2	9,5	31,2	19,2	22,0
КВЧ-облучение	8,6	25,2	9,4	9,5	13,6	29,2	24,2	18,8	9,9	28,3	20,4	17,1
НСР <sub>05</sub>	1,3		2,3		1,6		2,0		1,1		1,3	

И – интенсивность поражения, %; Р – распространенность заболевания, %;

БЭ – биологическая эффективность, %.

Использование для этих целей биологических стимуляторов роста и воздействие на семена физическими приемами способствовало некоторому повышению сопротивляемости растений к заболеванию, однако, по эффективности уступало фунгицидам, снижая распространенность болезни и степень поражения относительно контроля на 10 и 25% соответственно. Более устойчивый к возбудителям корневых гнилей кормовой ячмень сорта Поволжский 65, хотя и положительно отзывался на различные методы обработки семян, однако распространенность и степень поражения его растений заболеванием снижалась менее эффективно по сравнению с более поражаемым сортом Волгарь. При этом из различных режимов КВЧ лучшие

результаты защиты растений от корневых гнилей дало облучение семян с экспозицией 30 минут (табл. 8).

**Таблица 8 – Влияние предпосевного облучения семян яровых зерновых колосовых культур на пораженность корневыми гнилями (среднее за 2003-2007годы)**

Варианты опыта	Пшеница Кинельская 59				Ячмень Волгарь			
	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
Контроль	20,4	–	15,4	–	33,5	–	20,8	–
Агат 25К	18,7	8,3	15,6	-1,3	32,2	3,9	21,8	-4,8
КВЧ-облучение: 15 мин	23,4	-14,7	11,4	26,0	29,8	11,0	22,3	-7,2
30 мин	20,4	0	12,0	32,1	27,0	19,4	14,0	32,7
45 мин	18,8	7,8	14,4	6,5	25,2	24,8	16,6	20,0
НСР <sub>05</sub>	1,1		1,0		1,7		2,1	

И – интенсивность поражения, %; Р – распространенность заболевания, %;

БЭ – биологическая эффективность, %.

Растения сорта Безенчукская 200 в фазу всходов обладали более высокой толерантностью к поражению возбудителями корневых гнилей по сравнению с сортом Кинельская Нива (табл. 9).

**Таблица 9 – Влияние различных методов обработки семян яровых зерновых колосовых культур на устойчивость к корневым гнилям (среднее за 2008–2010годы)**

Варианты опыта	Фаза всходов				Фаза восковой спелости			
	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
мягкая яровая пшеница сорт Кинельская Нива								
Контроль	13,7	–	31,5	–	13,1	–	36,9	–
КВЧ-облучение	10,5	23,4	28,4	9,8	11,2	14,5	33,0	10,6
ИМП	10,6	22,6	27,5	12,7	10,8	17,6	33,2	10,0
Агат 25К	9,9	27,7	21,9	30,5	10,4	20,6	32,9	10,8
Дивиденд Стар	5,5	60,0	16,9	46,3	6,9	73,5	21,8	41,0
ИМП+Агат 25К	8,3	29,4	23,5	25,4	11,0	57,7	33,8	8,4
НСР <sub>05</sub>	2,1		3,7		1,5		4,2	
твердая яровая пшеница сорт Безенчукская 200								
Контроль	12,5	–	25,5	–	17,1	–	40,2	–
КВЧ-облучение	5,3	57,6	14,2	44,3	13,3	22,2	36,0	10,4
ИМП	5,8	53,6	18,0	29,4	15,5	9,4	39,9	0,7
Агат 25К	7,0	44,0	21,7	14,9	13,7	19,9	40,2	0
Дивиденд Стар	3,3	73,6	15,3	40,0	14,1	17,5	37,7	6,2
ИМП+Агат 25К	5,9	52,8	18,2	28,6	14,3	16,4	39,3	2,2
НСР <sub>05</sub>	2,1		2,5		0,9		0,9	
ячмень сорт Поволжский 65								
Контроль	11,20	–	24,6	–	17,6	–	47,8	–
КВЧ-облучение	7,78	30,5	16,5	33,0	18,8	-6,9	46,2	3,3
ИМП	7,46	33,4	20,7	15,9	21,0	-19,3	45,5	4,8
Агат 25К	9,61	14,2	22,5	8,5	17,4	1,1	39,1	18,2
Дивиденд Стар	1,29	88,5	4,9	80,1	13,4	23,9	36,8	23,1
ИМП+Агат 25К	7,33	34,6	17,2	30,1	15,9	9,7	41,8	12,6
НСР <sub>05</sub>	2,4		4,8		1,7		2,6	

И – интенсивность поражения; Р – распространенность заболевания; БЭ – биологическая эффективность, %

Физические методы воздействия (КВЧ-излучение и ИМП) на семена перед посевом снижали распространенность и интенсивность поражения всходов твердой пшеницы с 25,5% и 12,5% в контроле до 14,2% и 5,3% соответственно в зависимости от варианта. К концу вегетации, в фазу восковой спелости, пораженность растений мягкой пшеницы была ниже контрольного варианта на 14,5-73,5%, а степень поражения на 8,4-41,0%. Однако эффективность действия облучения семян в условиях 2009–2011 годов была ниже, чем обработки системным фунгицидом с широким спектром действия Дивиденд Стар.

**Влияние предпосевных обработок семян на устойчивость яровых зерновых колосовых культур к наземно-воздушным патогенам.** Предпосевная обработка семян различными методами по-разному влияла на устойчивость зерновых культур к аэрогенной инфекции. Воздействие на семена яровой пшеницы химическими препаратами (Витавакс 200ФФ и Раксил) не способствовало защите растений от листовой инфекции, а даже снижало сопротивляемость их к данным возбудителям.

Интенсивность развития и распространенность болезней в среднем за три года по мучнистой росе составила в контроле 10,5% и 58,4%, по ржавчине соответственно 6,7% и 67,2%; по химическому методу: по мучнистой росе 10,7% и 61,7%, а по ржавчине 7,7% и 75,1% соответственно (табл. 10).

**Таблица 10 – Влияние различных методов обработки семян яровых зерновых колосовых культур на пораженность растений основными аэрогенными болезнями в условиях Самарской области (2000–2002 годы)**

Варианты опыта	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
Пшеница Кинельская 59 (среднее за 2000-2002 годы)								
	Мучнистая роса				Бурая ржавчина			
Контроль	10,5	–	58,4	–	6,7	–	67,2	–
Агат 25К	9,5	9,5	61,2	-4,8	3,2	52,2	64,3	4,3
Экстрасол	11,4	-8,6	62,8	-7,5	5,1	23,9	68,5	-1,9
Витавакс 200ФФ	10,0	4,8	59,2	-1,4	7,5	-11,9	74,8	-11,3
Раксил	11,4	-8,5	64,1	-9,8	8,0	-19,4	75,4	-12,2
КВЧ-облучение	9,0	14,3	53,8	7,9	4,8	28,4	60,7	9,7
НСР <sub>05</sub>	0,6		2,1		1,2		3,2	
Ячмень Волгарь (2001 год)								
	полосатая пятнистость				стеблевая ржавчина			
Контроль	14,7	–	100	–	15,2	–	86,7	–
Агат 25К	9,5	35,4	96,7	3,3	13,9	8,6	83,3	3,9
Экстрасол	10,8	26,5	100	0	14,5	4,6	80,0	7,7
Витавакс 200ФФ	11,3	23,1	97,3	2,7	13,2	13,2	82,1	5,3
Раксил	12,5	15,0	100	0	12,9	7,8	83,0	4,3
КВЧ-облучение	8,6	41,5	96,7	3,3	11,7	23,0	73,3	15,5
НСР <sub>05</sub>	1,5		0,7		1,1		2,9	

И – интенсивность поражения; Р – распространенность заболевания;

БЭ – биологическая эффективность, %.

В течение восьми лет (2000–2007 годы) в вариантах с предпосевным облучением электромагнитными волнами КВЧ-диапазона отмечались дружные всходы, более устойчивые к майским суховеям (2001, 2005, 2007 годы) и обладающие повышенной сопротивляемостью к листовостеблевой инфекции. Облучение семян в течение 30 минут способствовало повышению устойчивости к мучнистой росе, снижая распространенность и интенсивность опасного заболевания на 4,6-11,1% и 0,57-1,5% соответственно. Это же физическое воздействие эффективно защищало растения яровой пшеницы и от бурой ржавчины.

Состав патогенного комплекса наземно-воздушных инфекций на ячмене в зоне проведения исследований представлен видами гельминтоспориозных пятнистостей, в отдельные годы стеблевой ржавчиной, мучнистой росой и септориозом с интенсивностью развития в среднем за пять лет (2006-2010 годы) 13%; 11%; 1,2% и 3,4% соответственно. Различные временные режимы облучения семян ячменя перед посевом электромагнитными волнами КВЧ-диапазона способствовали повышению устойчивости растений к поражению листовостеблевыми болезнями (табл. 11). Так распространенность стеблевой ржавчины, в зависимости от времени облучения, снижалась на 10,3-34,7%, а интенсивность поражения на 55,6-72,2% при 42,6% и 1,8% соответственно в контроле. Максимальный защитный эффект, как и на пшенице, был получен при облучении семян в течение 30 минут. Тогда как в отношении темно-бурой пятнистости лучшей была экспозиция 45 минут, хотя и несколько уступала варианту с обработкой Агат 25К.

**Таблица 11 – Влияние предпосевного облучения семян яровых злаковых культур на пораженность растений основными аэрогенными болезнями в условиях Самарской области (2003-2007 годы)**

Варианты опыта	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ
Пшеница сорт Кинельская 59								
	Мучнистая роса*				Бурая ржавчина			
Контроль	41,5	–	1,94	–	67,5	–	13,9	–
Агат 25К	19,7	52,5	0,71	63,4	58,6	13,2	11,2	19,4
КВЧ-облучение: 15 мин	34,7	16,4	1,60	17,5	60,3	10,7	12,0	13,7
30 мин	30,4	26,7	1,37	29,4	57,3	15,1	10,7	23,0
45 мин	37,6	9,4	1,67	13,9	65,1	3,5	10,9	21,6
НСР <sub>05</sub>	5,3		0,3		2,2		0,5	
Ячмень сорт Волгарь								
	Стеблевая ржавчина				Темно-бурая пятнистость			
Контроль	42,6	–	1,8	–	83,3	–	10,9	–
Агат 25К	31,8	25,4	0,5	72,2	78,3	4,0	14,5	-33,0
КВЧ-облучение: 15 мин	35,7	12,2	0,8	55,6	89,9	-8,0	8,0	26,6
30 мин	27,8	34,7	0,7	61,1	78,3	4,0	11,1	-1,8
45 мин	38,2	10,3	0,8	55,6	76,7	7,9	5,4	50,5
НСР <sub>05</sub>	3,8		0,3		3,1		2,2	

\*среднее за 2005-2006 годы; И – интенсивность поражения; Р – распространенность заболевания; БЭ – биологическая эффективность, %.

В последние годы самой распространенной аэрогенной инфекцией на посевах злаковых культур является гельминтоспориозная пятнистость, которая в 2009 году уже в третьей декаде июня поразила 100% растений ячменя. Все приемы предпосевной обработки семян способствовали снижению интенсивности пораженности растений ячменя гельминтоспориозной пятнистостью по отношению к контролю на 2-86% в фазу выхода в трубку и на 3-71% в фазу молочной спелости (табл. 12). Несколько иная картина наблюдалась в аномально засушливом 2010 году. Иммунные силы растений были ослаблены неблагоприятными погодными условиями, и изучаемые приемы к фазе выхода в трубку снизили устойчивость растений ячменя к возбудителю гельминтоспориозной пятнистости.

Особенно сильно это проявилось в вариантах, где применялся Дивиденд Стар и комбинированный метод обработки ИМП+Агат 24К+Круйзер. Распространенность заболевания на этих вариантах была выше, чем в контроле. В среднем за годы наблюдений устойчивость растений ячменя сорта Поволжский 65 проявлялась в течение вегетации в снижении интенсивности поражения в фазу выхода в трубку на 14-47% и в фазу молочной спелости на 41,5-55,6% по сравнению с контролем (табл. 13). При этом при первом учете наибольшая эффективность защитного действия отмечена в варианте с обработкой семян ИМП, а при втором – КВЧ-облучением.

**Таблица 12 – Пораженность растений ячменя сорт Поволжский 65 гельминтоспориозной пятнистостью (2009–2011 годы)**

Варианты опыта	Фаза выхода в трубку				Фаза молочной спелости			
	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
Контроль	2,90	–	82,2	–	30,17	–	99,0	–
КВЧ-облучение	2,50	13,8	88,9	-8,2	13,61	54,9	90,0	9,1
ИМП	1,37	52,8	82,2	0	15,33	49,2	96,7	2,3
Агат 25К	1,54	46,9	86,7	-5,5	13,94	53,8	95,9	3,4
Дивиденд Стар	1,66	42,8	90,0	-9,5	13,80	54,6	86,1	1,3
ИМП+Агат 25К+Круйзер	1,68	41,1	91,4	-11,9	17,65	41,5	93,3	5,8
НСР <sub>05</sub>	0,4		1,9		4,1		2,2	

И – интенсивность поражения; Р – распространенность заболевания; БЭ – биологическая эффективность, %.

То есть, эффективность обработок семян зависит от культуры, сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода, а также от механизма воздействия метода на биологический объект. Высокая эффективность фунгицидов в защите от семенной инфекции и почвенных фитопатогенов, вызывающих корневые гнили, объясняется непосредственным токсическим воздействием компонентов на прорастающие конидии и грибницу. В то же время, они слабо защищали, а иногда даже снижали сопротивляемость растений к наземно-воздушной инфекции. В результате сильного поражения растений аэрогенными

инфекциями, в том числе и возбудителями гельминтоспориозов, поражающих все органы вегетирующих растений, происходит инфицирование семян нового урожая, вызывая такую опасную болезнь, как «черный зародыш».

**Определение комплекса фитопатогенов возбудителей «черного зародыша»** показало, что чаще всего в состав его популяции входят *B. sorokiniana* и сопутствующие виды рода *Alternaria* spp. При сильном внутреннем заражении зерна грибом *B. sorokiniana* образуются щуплые легковесные семена. Грибы рода *Alternaria*, являясь вторичной инфекцией, поражают ослабленные семена. У крупных хорошо выполненных зерен грибы рода *Alternaria* не снижают технологических свойств и посевных качеств. Распространенность «черного зародыша» в Самарской области на восприимчивых сортах пшеницы может почти в три раза превышать показатель ЭПВ (5,0%), подтверждая вредоносность данного заболевания. Сорта ячменя более устойчивы, хотя степень развития гельминтоспориоза на листьях у них может быть выше (рис.6).

Различные приемы воздействия на семена как мягкой, так и твердой яровой пшеницы перед посевом, изучаемые нами в течение трех лет, заметно снижали их пораженность «черным зародышем» (табл. 13).

**Таблица 13 – Влияние различных методов обработки семян яровых зерновых колосовых культур на устойчивость к поражению «черным зародышем» (среднее за 2008–2011 годы)**

Варианты опыта	Пшеница Кинельская Нива				Пшеница Безенчукская 200				Ячмень Поволжский 65			
	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ	И	БЭ	Р	БЭ
	Контроль	4,09	—	14,5	—	3,09	—	7,50	—	0,67	—	2,2
КВЧ-облучение	2,87	29,8	8,53	41,2	1,32	57,3	4,20	44,0	0,32	52,2	1,8	18,2
ИМП	2,87	29,8	9,27	36,1	0,94	69,6	3,87	48,4	0,87	-29,9	3,2	-45,5
Агат 25К	3,56	13,0	9,43	35,0	0,90	70,9	3,90	48,0	0,35	47,8	2,1	4,5
Дивиденд Стар	2,46	39,9	7,33	49,4	0,93	69,9	3,13	58,3	0,67	0	3,3	-50,0
ИМП+Агат 25К	3,17	22,5	7,43	48,8	1,04	66,3	3,93	47,6	0,89	-32,8	4,0	-81,8
НСР <sub>05</sub>	3,4		0,5		0,5		1,1		0,1		0,5	

И – интенсивность поражения; Р – распространенность заболевания; БЭ – биологическая эффективность, %.

При этом в более обеспеченном осадками 2008 году распространенность и степень развития данного заболевания были в два раза выше, нежели в последующих более засушливых годах. Пораженность семенного материала ячменя урожая 2009–2011 годов «черным зародышем» не была высокой: при распространенности заболевания в контроле 2,2% по вариантам опыта она колебалась от 1,8 до 4,0%. Столь низкую инфицированность семян ячменя можно объяснить его устойчивостью и более засушливыми условиями года в период молочной и восковой спелости.

У сорта Кинельская Нива пораженность «черным зародышем» коррелировала с осадками, выпавшими в июне-июле ( $r = +0,89... +0,99$ ). У

яровой пшеницы сорта Безенчукская 200 увеличению пораженности зерна «черным зародышем» дополнительно способствовали пониженные температуры в этот период вегетации ( $r = -0,99 \dots -0,96$ ). В то же время, возрастаню распространенности «черного зародыша» ячменя способствовало увеличение температур в период вегетации ( $r = +0,98$ ).

Таким образом, анализируя совокупность полученных данных лабораторных и полевых опытов, можно заключить, что несмотря на то, что фунгицидный эффект физических методов не высок, положительный результат действия предпосевной обработки семян ИМП и КВЧ-облучением обусловлен их специфическим воздействием на клеточные структуры семян, повышающим жизнеспособность и адаптивный потенциал растений на всех стадиях развития, что обуславливает их более высокую устойчивость к болезням. Грибы рода *Alternaria* spp. и *B. sorokiniana* сильнее угнетались в результате воздействия на семена мягкой пшеницы КВЧ и ИМП+Агат 25К, а на семена твердой – ИМП с биостимулятором Агат 25К. На семенах ячменя развитие фитопатогенной инфекции грибов рода *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. и *B. sorokiniana* подавляли все изучаемые физические приемы, но максимальная биологическая эффективность была получена в варианте с ИМП+Агат 25К.

В полевых условиях улучшение фитосанитарной ситуации с корневыми гнилями в посевах яровой пшеницы и ячменя сохранялось. По яровой пшенице пораженность растений в фазу всходов снижалась с 31,5% в контроле до 14,2-28,4% в зависимости от вида культуры и варианта опыта. На ячмене этот показатель снижался в зависимости от природы физического воздействия в фазу всходов с 24,6% в контроле до 16,5-20,7%, а в фазу восковой спелости с 47,8% в контроле до 41,8-46,2% в вариантах опыта. Улучшение фитосанитарной ситуации повышало такие важные показатели агробиоценозов, как сохранность растений к уборке, что способствовало достоверному увеличению выхода продукции с единицы площади.

#### **6. Эффекты действия физических методов обработки семян на структуру биологической продуктивности и урожайность растений яровой пшеницы и ячменя в условиях Самарской области**

***Влияние приемов предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя на сохранность растений в период вегетации.*** В среднем за годы исследования, сохранность растений яровой пшеницы в зависимости от сорта и варианта опыта возрастала до 12,9% по отношению к контролю. У низкобелкового пивоваренного сорта Волгарь сохранность растений была значительно ниже, чем у кормового сорта Поволжский 65, однако биологическая эффективность исследуемых приемов оказалась выше, составляя 7,0–11,2% в зависимости от варианта. На сорте Поволжский 65 эти показатели превышали контрольные на 3,7–7,1% .

Изучаемые приемы предпосевной обработки семян зерновых колосовых в сложных погодных условиях, повышая полевую всхожесть и густоту стояния растений, способствовали некоторому снижению их



продуктивной кустистости (коэффициент корреляции  $r = -0,7 \dots -0,96$  в зависимости от культуры и сорта).

Период с 2003 по 2007 годы отличался благоприятными климатическими условиями для развития растений. Метеоусловия в фазе кущения яровых зерновых культур способствовали развитию боковых побегов, а изучаемые приемы предпосевных обработок, играя важную роль в онтогенезе растений, простимулировали увеличение продуктивной кустистости. Лучшим был отмечен вариант с предпосевным КВЧ-облучением в течение 30 минут, где сохранность и продуктивная кустистость превосходили контрольные показатели на 16,6% и 16,5% соответственно.

Погодно-климатические условия 2008–2011 годов являлись основополагающим фактором. В зависимости от года и варианта опыта наибольшая разница показателя продуктивной кустистости отмечалась у твердой яровой пшеницы сорта Безенчукская 200 и колебалась в пределах от 1,0 до 24,3%, у мягкой пшеницы сорта Кинельская Нива – от 0,7 до 11,6%. При этом, максимальные значения были зафиксированы у сортов яровой пшеницы в экстремально засушливом 2010 году (ГТК=0,3), что свидетельствует о высокой засухоустойчивости растений и биологической эффективности изучаемых предпосевных обработок. Продуктивная кустистость мягкой яровой пшеницы сорта Кинельская Нива возрастала с повышением температуры (коэффициент корреляции  $r=+0,96$ ) и уменьшением осадков ( $r=-0,99$ ) в мае, тогда как у твердой пшеницы Безенчукская 200 наблюдалась обратная зависимость: данный показатель возрастал с понижением температуры ( $r=-0,90$ ), но с увеличением количества осадков ( $r = +0,81$ ).

Для пленчатой культуры ячменя сорта Поволжский 65 малое количество осадков (в июне-июле 2009 году – 57,8 мм, в 2010 году – 5,4 мм), высокие температуры во время вегетативного и репродуктивного периодов развития явились стрессовыми факторами, и особенно в вариантах, где семена перед посевом подвергались различным воздействиям химической, биологической или физической природы. Условия тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода 2011 года (ГТК=1,2) способствовали росту и развитию ячменя, продуктивная кустистость которого повышалась на 10,4-23,7% в зависимости от варианта.

Несмотря на указанные различия, приемы различных воздействий на семена изучаемых колосовых культур перед посевом способствовали увеличению числа растений перед уборкой (рис.11), ввиду лучшей их сохранности в период вегетации.

***Влияние приемов предпосевной обработки семян на элементы структуры урожайности.*** Применяемые в опытах приемы предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя, оказывая существенное положительное влияние на густоту всходов и сохранность растений, несмотря на некоторое снижение их продуктивной кустистости в отдельные

годы, как правило, существенно повышали плотность продуктивного стеблестоя этих культур.

Наиболее отзывчивой к предпосевным обработкам ежегодно была мягкая пшеница сорта Кинельская Нива.

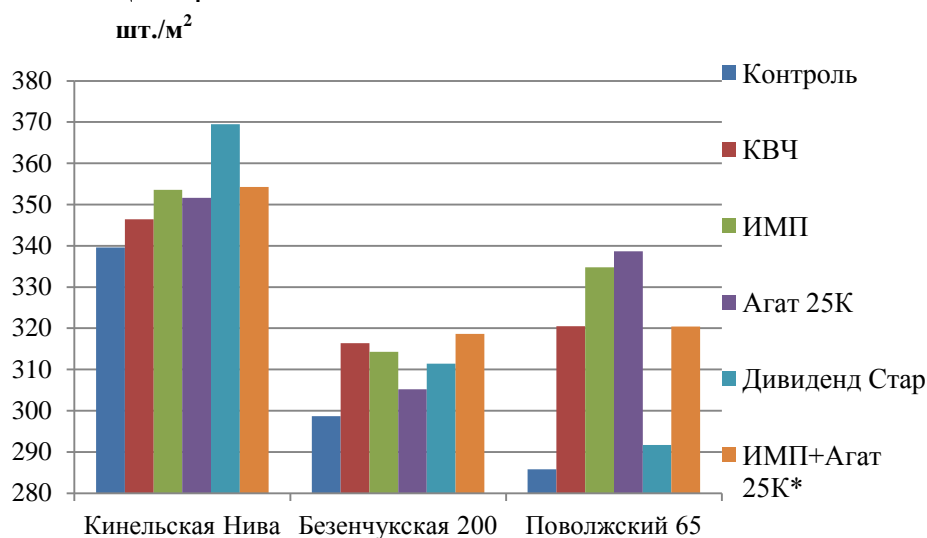


Рис. 11. Густота стояния пшеницы сортов Кинельская Нива и Безенчукская 200 (2008-2010 годы) и ячменя сорта Поволжский 65 (2009-2011 годы) на момент уборки.

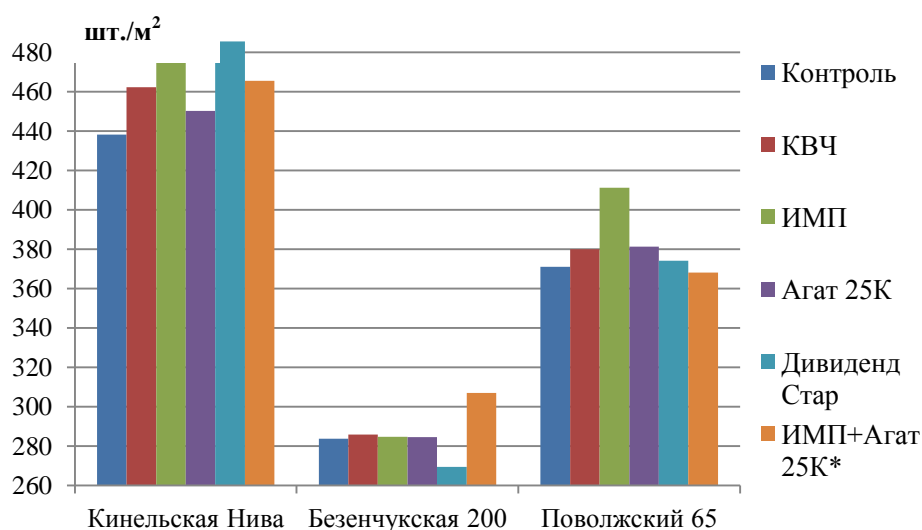


Рис. 12. Число продуктивных стеблей яровой пшеницы сортов Кинельская Нива и Безенчукская 200 (2008-2010 годы) и ячменя сорта Поволжский 65 (2009-2011 годы)

В среднем за годы исследований, в зависимости от способа обработки, число продуктивных стеблей возрастало на 5,5-10,8%, масса зерна в колосе – на 5,0-13,3% и масса 1000 зерен – на 0,6-8,1% по сравнению с контролем (рис. 12, 13).

Существенных колебаний в озерненности колоса изучаемых культур по вариантам опыта отмечено практически не было. Некоторое отрицательное влияние на крупность зерна оказала более высокая густота стояния растений в вариантах с предпосевной обработкой семян ( $r = -0,98$ ).

Масса 1000 зерен яровой пшеницы Кинельская Нива и Безенчукская 200 возрастала с осадками ( $r = +0,93$  и  $r = +0,99$  соответственно), но

уменьшалась с повышением температуры ( $r = -0,91$  и  $r = -0,93$ ) независимо от года исследований и в среднем за три года.

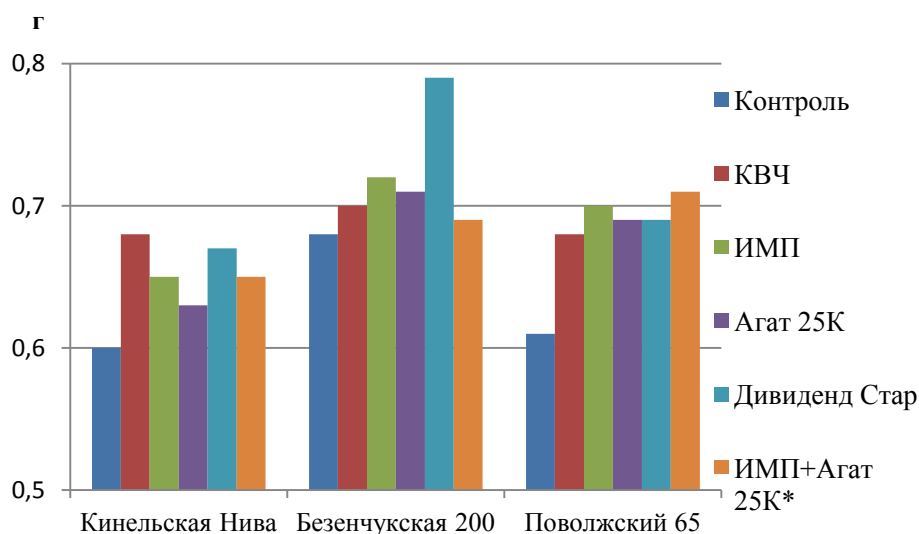


Рис. 13. Масса зерна в колосе яровой пшеницы сортов Кинельская Нива и Безенчукская 200 (2008-2010 годы) и ячменя сорта Поволжский 65 (2009-2011 годы).

На элементы структуры урожая ячменя сорта Поволжский 65 особенно эффективное воздействие оказало импульсное магнитное поле, которое способствовало повышению количества продуктивных стеблей, числу зерен и массе зерна в колосе, а также массе 1000 зерен в среднем за годы исследований на 10,8; 7,3; 14,7 и 5,3% соответственно по сравнению с контрольным вариантом.

Следует отметить тесную связь между параметрами элементов структуры урожайности и пораженностью растений зерновых культур заболеваниями грибной этиологии. Так на массу 1000 зерен яровой пшеницы оказывает существенное влияние интенсивность и распространенность корневых гнилей в фазу всходов (по Кинельской Ниве  $r = -0,99 \dots -0,98$  и по Безенчукской 200  $r = -0,55 \dots -0,83$ ); у ячменя сорта Поволжский 65 данный показатель коррелировал с распространенностью «черного зародыша» ( $r = -0,9$ ). Число зерен в колосе мягкой пшеницы снижалось с увеличением интенсивности и распространенности «черного зародыша» ( $r = -0,95 \dots -0,98$ ). Количество зерен твердой пшеницы и ячменя коррелировало с корневыми гнилями в фазу всходов ( $r = -0,99 \dots -0,94$  и  $r = -0,92$ ), что еще раз подтверждает вредоносность данной инфекции.

**Влияние приемов предпосевной обработки семян на урожайность яровой пшеницы и ячменя.** Изучаемые в опыте приемы предпосевной обработки семян ежегодно, но в разной степени способствовали повышению урожайности, как яровой пшеницы, так и ячменя. Наиболее высокий уровень данного показателя отмечался при 30-минутном облучении электромагнитными волнами КВЧ-диапазона, обработке семян биостимулятором Агат 25К, при воздействии на семена ИМП и комбинированной обработке ИМП совместно с Агат 25К. Увеличение урожайности по пшенице в данных вариантах достигало 13,8; 15,9; 26,2 и

26,3% соответственно в зависимости от сорта, по ячменю – 14,2; 15,1; 14,3 и 10,8% (табл. 13).

Таблица 13 – Урожайность зерновых культур в зависимости от приемов предпосевной обработки семян

Варианты опыта	Яровая пшеница (среднее за 2008-2010 годы)				Ячмень (среднее за 2009-2011 годы)	
	Кинельская Нива		Безенчукская 200		Поволжский 65	
	т/га	БЭ	т/га	БЭ	т/га	БЭ
Контроль	1,82	–	1,26	–	2,23	–
КВЧ-облучение	2,04	<b>12,1</b>	1,49	18,3	2,47	10,8
ИМП	1,94	6,6	1,59	<b>26,2</b>	2,55	<b>14,3</b>
Агат 25К	1,89	3,8	1,39	10,3	2,49	11,7
Дивиденд Стар	2,01	10,4	1,46	15,9	2,35	5,8
ИМП+Агат25К*	1,97	8,2	1,60	<b>26,3</b>	2,47	10,8
НСР <sub>05</sub>	0,3		0,7		0,6	

\* – +Круйзер у ячменя сорта Поволжский 65; БЭ – биологическая эффективность, %.

Сравнение теоретического и вычисленного критерия Фишера показывает, что на урожайность яровой пшеницы достоверно влияют, как 30-минутное облучение, так и метеоусловия в период вегетации растений (доля влияния 94,9%). Доля влияния погодных условий на урожайность ячменя составила 95,2% при достоверном влиянии 45-минутного облучения, где превышение урожайности колебалось от 0,01 до 0,34 т/га.

Обработка семян перед посевом электромагнитными волнами КВЧ-диапазона также ежегодно вызывала достоверное повышение урожайности растений яровой мягкой пшеницы в зависимости от года на 0,08-0,37 т/га.

Яровая твердая пшеница и ячмень заметной прибавкой урожайности реагировали на обработку семян перед посевом импульсным магнитным полем, которая по пшенице превысила контрольный показатель в среднем за три года на 26,2%, а по ячменю – на 14,3%. Небезынтересно отметить тот факт, что в аномально засушливом 2010 году оба сорта пшеницы отзывались ощутимым увеличением урожайности в вариантах, где применялся физический метод. Так увеличение урожайности в вариантах с КВЧ и ИМП пшеницы сорта Безенчукская 200 составило 0,61-0,46 т/га, сорта Кинельская Нива – 0,22-0,13 т/га.

Полученные результаты находятся в полном соответствии с теорией воздействия электрофизических факторов на семена, согласно которой электромагнитное излучение КВЧ-диапазона изменяет проницаемость мембран, возможно, меняя анатомическое строение покровного слоя кожуры семени, что вызывает изменения в скорости протекания метаболических реакций. Проявляемая сортовая специфичность обусловлена некоторыми отличиями в структуре покровов семян (голосеменная пшеница и пленчатая культура ячмень). Изменение активности амилолитических ферментов, как проявление реакции растения на электрофизическое воздействие, приводит к интенсификации процессов прорастания семян, роста и развития растений, более полной реализации их адаптивного и репродуктивного потенциала.

## 7. Экономическая эффективность методов предпосевной обработки семян зерновых колосовых культур

Проведена экономическая оценка изучаемых приемов предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя (на примере сортов Кинельская Нива и Поволжский 65) согласно методике определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. При определении прибыли, окупаемости затрат, уровня рентабельности, стоимости валовой продукции с единицы площади, а также ее себестоимости семена, пестициды и полученная продукция оценивались в ценах 2012 года (по данным журнала «Агро-Информ» по Самарской области). В результате проведенных расчетов установлено, что все изучаемые методы предпосевной обработки зерновых культур способствовали увеличению стоимости продукции с единицы площади (табл. 14).

**Таблица 14 – Экономическая эффективность приемов предпосевной обработки семян зерновых колосовых культур (Самарская область)**

Показатели	Варианты опыта					
	Контроль	КВЧ-облучение	ИМП	Агат 25К	Дивиденд Стар	ИМП+ Агат 25К
<b>Яровая пшеница сорт Кинельская Нива (2008-2010 годы)</b>						
Урожайность, т/га	1,82	2,04	1,94	1,84	2,01	1,97
Цена реализации, руб./т	9300	9300	9300	9300	9300	9300
Стоимость продукции, в т. ч. дополнит., руб./га	16926	18972	18042	17112	18693	18321
	-	2046	1116	186	1767	1395
Произв. затраты, в т. ч. на предпосевную обработку, руб./га	11901	12401	12101	12017	12085	12441
	-	500	200	115,6	184,4	540
Себестоимость 1т, руб.	5336	5069	4764	4883	5173	5152
Прибыль с 1га, руб.	7212,7	8629,2	8797,9	8126,4	8294,3	8171,6
Уровень рентабельности, %	135,2	170,2	184,6	166,4	160,3	158,6
Окупаемость затрат общая, руб./руб.	1,64	1,44	1,37	1,48	1,46	1,52
Окупаемость затрат дополнит., руб./руб.	-	2,83	7,92	7,89	5,86	1,78
<b>Ячмень сорт Поволжский 65 (2009-2011 годы)</b>						
Урожайность, т/га	2,23	2,47	2,55	2,49	2,35	2,47
Цена реализации, руб./т	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Стоимость продукции, в т. ч. дополнит., руб./га	16725	18525	19125	18675	17625	18525
	-	1800	2400	1950	900	1800
Произв. затраты, в т. ч. на предпосевную обработку, руб./га	9598	10098	9798	9806	9805	10276
	-	500	200	115,6	184,4	540
Себестоимость 1т, руб.	4304,1	4088,4	3842,5	3938,3	4172,2	4160,5
Прибыль с 1га, руб.	7126,8	8426,8	9326,8	8868,6	7819,6	8248,6
Уровень рентабельности, %	74,3	83,4	95,2	90,4	79,7	80,3
Окупаемость затрат общая, руб./руб.	1,74	1,83	1,95	1,90	1,80	1,80
Окупаемость затрат дополнит., руб./руб.	-	2,61	11,02	15,07	3,76	2,07

Низкие затраты на единицу продукции были в вариантах с воздействием на семена яровой пшеницы и ячменя ИМП – 12101,52 и 9798,25 руб./га соответственно, а также в вариантах с обработкой семян фунгицидом Дивиденд Стар – 12085,92 и 9805,44 руб./га и регулятором роста Агат 25К– 12017,12 и 9806,44 руб./га. Однако, если при возделывании яровой пшеницы наивысшая прибыль была получена в варианте с обработкой семян импульсным магнитным полем (8797,9 руб.) и КВЧ-облучением (8629,2 руб.), то на ячмене лучшими были результаты в вариантах с ИМП (9326,8 руб.) и применением биостимулятора Агат 25К (8868,6 руб.). Наивысший показатель уровня рентабельности возделывания культур отмечен в вариантах с предпосевным воздействием на семена импульсным магнитным полем (184,6% на пшенице и 95,2% на ячмене), регулятором роста Агат 25К (166,4 и 90,4%), а также при облучении электромагнитными волнами КВЧ-диапазона (170,2 и 83,4%).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлен мониторинг современного состояния фитопатогенного комплекса, поражающего зерновые культуры в Среднем Поволжье, в результате которого выявлена возрастающая роль гембиотрофных грибов родов *Cochliobolus* и *Pyrenophora*, анаморфы которых (*Drechslera* и *Bipolaris*) ранее относили к роду *Helminthosporium*, в патогенных комплексах возбудителей:

- корневых гнилей (*B. sorokiniana*, *Fusarium* spp., и *Alternaria* spp.);
- гельминтоспориозных пятнистостей (*B. Sorokiniana* и *Drechslera teres* Sacc.);
- инфицировании семян «черным зародышем» (*B. Sorokiniana* и *Alternaria* spp.).

Вредоносность корневых гнилей в условиях лесостепи Среднего Поволжья зависит от устойчивости сортов, агроклиматических условий и преобладающих в патогенном комплексе агрессивных форм грибов, относящихся к виду *B. Sorokiniana* и видам рода *Fusarium* spp. Наибольшего распространения и развития корневые гнили достигают в фазу восковой спелости зерна. Сорты яровой твердой пшеницы более устойчивы к заболеванию, нежели мягкой. Сильнее и чаще пшеницы (в 1,5-2 раза) поражается ячмень.

Выявлена тенденция снижения частоты встречаемости и распространения мучнистой росы на территории Среднего Поволжья, и повышение вредоносности септориоза, развитие которого в последние годы часто носит эпифитотийный характер.

Выявлена значимость действия абиотических факторов на разных стадиях развития растений на патогенез наиболее опасных заболеваний зерновых культур. Критическим периодом влияния абиотических факторов на развитие корневых гнилей и гельминтоспориоза является 2-3 декады мая (фаза всходов растений); бурой ржавчины – 2 декада июля; септориоза и мучнистой росы – 1-3 декады июля. Получены уравнения зависимости развития заболеваний от уровня ГТК в обозначенные периоды.

Впервые изучена реакция растений разных сортов и видов яровых злаковых культур на предпосевную обработку семян электрофизическими методами – электромагнитными волнами КВЧ-диапазона и импульсным магнитным полем. Определены оптимальные режимы электрофизического воздействия на устойчивость семян зерновых колосовых культур к заболеваниям грибной этиологии в зависимости от параметров излучения и времени экспозиции: 30 минутное облучение электромагнитными волнами КВЧ-диапазона с длиной волны  $\lambda=7,1$  мм; импульсное магнитное поле с энергией  $W=4,7$  кДж и числом импульсов  $n=5$  длительностью 15-20 мс. Продолжительность эффективности действия обработок на посевные качества семян определяется культурой и сортом и сохраняется до 1,5 месяцев.

Предпосевная обработка семян зерновых культур физическими методами оказывает оздоравливающее действие, снижая инфицированность семян патогенными грибами, распространенность и степень поражения растений корневыми гнилями на всех этапах онтогенеза (от всходов до фазы восковой спелости) с максимальным эффектом на стадии проростков, понижая средний балл поражения их корневой системы в два раза по сравнению с контролем. В зависимости от культуры, сорта, фазы учета и вида физического воздействия распространенность и интенсивность поражения растений этим заболеванием уменьшалась в среднем на 1,6-11,3% и 1,2-7,2% соответственно по отношению к контролю. Причем интенсивность и распространенность корневых гнилей у твердой пшеницы и ячменя активнее снижает КВЧ-облучение, а у мягкой пшеницы – комбинированная обработка ИМП+Агат 25К.

Физические приемы (КВЧ-облучение и ИМП) улучшают посевные качества, повышая энергию прорастания в зависимости от культуры и сорта до 9,0%, а лабораторную всхожесть до 7,0% по сравнению с контрольным вариантом у партии семян с пониженными посевными качествами. Положительное влияние облучения семян на их посевные качества, рост и развитие растений, и устойчивость всходов и растений к поражению корневыми гнилями повышает их сохранность, способствуя увеличению данного показателя к периоду уборки в годы эпифитотия у яровой пшеницы до 13,0% и ячменя до 9,0%.

Водоудерживающая способность растений зависит как от характера предпосевной обработки, так и от культуры. Самый высокий показатель водоудерживающей способности у яровой пшеницы Безенчукская 200, затем у ячменя (до фазы восковой спелости) сорта Поволжский 65. Яровая мягкая пшеница сорта Кинельская Нива уступает по способности удерживать воду. В условиях экстремальной засухи и поражения растений аэрогенной инфекцией (септориоз, гельминтоспориоз) предпосевная обработка семян электрофизическими методами способствует увеличению параметров водного режима растений зерновых культур. Водоудерживающая способность растений яровой пшеницы и ячменя возростала относительно

контроля в вариантах с КВЧ-облучением на 5–13%, а с ИМП – на 4–21% соответственно, что свидетельствует о повышении уровня засухоустойчивости опытных растений.

Воздействие электрофизических методов на семена зерновых злаковых культур, в отличие от химических протравителей, имело пролонгированное действие и способствовало повышению устойчивости к наземно-воздушным патогенам, снижая распространенность мучнистой росы на 11-27%, стеблевой ржавчины – на 15-35%, бурой ржавчины – на 10-15%, темно-бурой пятнистости – на 4-8%, гельминтоспориозных пятнистостей – на 9-71% по отношению к контролю в зависимости от культуры и года опыта.

Воздействие физических методов на семена перед посевом, а именно облучения семян электромагнитными волнами КВЧ-диапазона, импульсным магнитным полем и комбинированной обработки (ИМП+Агат 25К) способствовало повышению урожайности яровой пшеницы Кинельская Нива на 12,1, 6,6 и 8,2%, яровой твердой пшеницы Безенчукская 200 – на 18,3, 26,2 и 26,3% и ячменя – на 10,8, 14,3 и 10,8% соответственно относительно контроля, что было выше (на 8-13%) или на уровне вариантов с применением регуляторов роста и протравителей.

Впервые показаны возможности практического использования ряда физических методов – облучение электромагнитными волнами КВЧ-диапазона и воздействие импульсным магнитным полем, которые обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными:

- ✓ экологическая чистота;
- ✓ пролонгированно-стимулирующее действие в оптимальных режимах на рост, развитие, усиление адаптивного потенциала растений и устойчивости к корневым гнилям, листостеблевым болезням и засушливым условиям;
- ✓ наименьшие затраты энергии при максимальном влиянии на информационные и обменные процессы жизнедеятельности семян и растений.

Превышение уровня рентабельности КВЧ-облучения относительно протравителя нового поколения составило 4%, ИМП – 16,5%; соответственно получено больше чистой прибыли – на 607 руб./га и 1507 руб./га. Обработка семян ростостимулирующим препаратом Агат 25К по своей экономической эффективности занимает промежуточное положение.

Таким образом, в работе дано теоретическое обоснование эффективности использования электрофизических способов предпосевной обработки семян в системе защиты яровых зерновых культур от комплекса болезней в Самарской области. Полученные результаты находятся в полном соответствии с теорией воздействия электрофизических факторов на семена и растения, согласно которой электромагнитные излучения в соответствующих дозах изменяют активность ферментных систем, проницаемость мембран, влияют на анатомическое строение покровного слоя



кожуры семени и т.д., что вызывает изменения в скорости протекания метаболических реакций.

### **Предложения производству**

Для выбора стратегии и оптимизации системы защитных мероприятий от наиболее опасных болезней, распространенных на посевах яровых зерновых культур в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья (корневые гнили, бурая и стеблевая ржавчины, септориоз, гельмитоспороизные пятнистости), рекомендуется использовать прогностические модели их развития в зависимости от погодных условий весенне-летнего периода в конкретном году и регионе.

Для защиты зерновых культур от патогенной семенной инфекции и повышения устойчивости растений к комплексу опасных болезней, рекомендуется ежегодно:

- обработку семян твердых сортов пшеницы и ячменя проводить электромагнитным облучением КВЧ-диапазона с длиной волны  $\lambda=7,1$  мм при мощности излучения не более 10 мВт в течение 30 минут;
- на семена мягкой яровой пшеницы воздействовать импульсным магнитным полем с энергией  $W=4,7$  кДж и числом импульсов  $n=5$ .

Для усиления эффекта электрофизического воздействия рекомендуется увлажнять семена перед обработкой из расчета 10 л/т.

Обработку семян яровых зерновых культур электрофизическими методами можно производить заблаговременно до посева – высокий эффект сохраняется в течение 1,5 месяцев после обработки.

Обработка семян комбинированным способом (импульсное магнитное поле + биопрепарат Агат 25К) должна производиться не позднее, чем за 15 суток до посева и осуществляться в два этапа: 1) обработкой всей массы семян с помощью генератора магнитного поля; 2) нанесением препарата Агат 25К на поверхность семян.

Рекомендуется использовать электрофизические методы для обработки семян с низкими посевными качествами с целью повышения их классности и посевной годности.

Уборку яровых зерновых культур следует начинать раньше на полях, где семена перед посевом подвергались обработке электрофизическими методами, т.к. созревание зерна наступает раньше.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Нижарадзе, Т. С. Влияние электромагнитного излучения КВЧ-диапазона на всхожесть зерновых культур / М. Г. Калинин, А. Б. Кошелева, В. А. Неганов, Т. С. Нижарадзе // Сб. науч. тр. СГСХА. – Самара, 1999. – С. 31-33.
2. Нижарадзе, Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян электромагнитным излучением КВЧ-диапазона при возделывании яровой пшеницы и ячменя / А. Б. Кошелева, В. А. Неганов, Т. С. Нижарадзе [и др.] // Кормопроизводство на пахотных землях в условиях Среднего Поволжья : сб. науч. тр. – Самара, 2001. – С. 126-130.

3. Нижарадзе, Т. С. Влияние приемов предпосевной обработки семян зерновых культур на их качество / С. И. Кошелев, А. Б. Кошелева, Т. С. Нижарадзе // Кормопроизводство на пахотных землях в условиях Среднего Поволжья : сб. науч. тр. – Самара, 2001. – С. 61-63.
4. Нижарадзе, Т. С. Влияние физических приемов обработки семян зерновых культур на их устойчивость к некоторым болезням и урожайность в лесостепной зоне Поволжья / А. Б. Кошелева, С. И. Кошелев, Т. С. Нижарадзе // Достижения и новейшие технологии в агрономии на рубеже веков : сб. науч. тр. – Самара, 2002. – С. 64-67.
5. Нижарадзе, Т. С. Эффективность различных методов предпосевной обработки семян зерновых культур в борьбе с болезнями / А. Б. Кошелева, С. И. Кошелев, Т. С. Нижарадзе // Проблема защиты растений в Поволжье : мат. науч.-практ. конф. – Самара, 2002. – С. 28-33.
6. Нижарадзе, Т. С. Влияние электромагнитного излучения КВЧ-диапазона на всхожесть зерновых культур / О. И. Антипов, В. А. Неганов, Т. С. Нижарадзе // VIII Российская науч. конф. : тез. докл. – Ч. I. – Самара, 2001. – С. 47-48.
7. Нижарадзе, Т. С. Влияние электромагнитного излучения на устойчивость яровой пшеницы к некоторым болезням / Т. С. Нижарадзе, А. Б. Кошелева, С. И. Кошелев [и др.] // Актуальные проблемы современной науки : тез. докл. межд. конф. – Самара : СамГТУ, 2001. – С. 76.
8. Нижарадзе, Т. С. Эффективность защиты яровой пшеницы от болезней электромагнитными волнами КВЧ-диапазона / Т. С. Нижарадзе, А. Б. Кошелева, А. Позднякова // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства : мат. межд. науч.-практ. конф. – Т. II. – Пенза : РИО ПГСХА, 2002. – С. 183-184.
9. Нижарадзе, Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя электромагнитным излучением КВЧ-диапазона / Т. С. Нижарадзе, С. И. Кошелев // Современные технологии, средства механизации и техническое обслуживание в АПК : сб. науч. тр. Поволжской межвузовской конф. – Самара, 2003. – С. 73-75.
10. Нижарадзе, Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян яровой пшеницы и ячменя электромагнитным излучением КВЧ-диапазона // Физика и технические приложения волновых процессов : тез. докл. межд. науч.-техн. конф. ; под ред. В. А. Неганова, Г. П. Ярового. – Самара, 2003. – С. 385.
11. Нижарадзе, Т. С. Эффективность облучения семян волнами КВЧ-диапазона в сравнении с другими приемами предпосевной обработки семян при возделывании яровой пшеницы и ячменя / Т. С. Нижарадзе, С. И. Кошелев, А. Б. Кошелева // Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке : сб. науч. тр. – Самара, 2004. – С. 164-168.
12. Нижарадзе, Т. С. Определение оптимального режима облучения семян зерновых культур электромагнитными волнами КВЧ-диапазона / С. И. Кошелев, Т. С. Нижарадзе // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования : сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конф. – Вып. IV. – Самара, 2005. – С. 118-119.
13. Нижарадзе, Т. С. Электромагнитное излучение и его воздействие на биообъекты / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов // Известия Самарской государственной академии. – Вып. 3. – Самара, 2006. – С. 67-68.
14. Нижарадзе, Т. С. Влияние электромагнитного излучения на посевные качества семян сои и ее урожайность / Т. С. Нижарадзе, К. И. Захарова //

**Известия Самарской государственной академии. – Вып. 4. – Самара, 2006. – С. 164-166.**

**15. Нижарадзе, Т. С. Изучение влияния различных режимов предпосевого облучения семян сои электромагнитными волнами и воздействия химического препарата гумат на ее продуктивность / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов, К. И. Захарова // Известия Самарской государственной академии. – Вып. 4. – Самара, 2007. – С. 71-74.**

**16. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная оценка предпосевной обработки семян пшеницы и ячменя биологическими и физическими методами / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов // Проблемы и перспективы развития аграрного производства : сб. мат. науч. конф. ; под ред. А. Р. Камошенкова. – Смоленск, 2007. – С. 97-99.**

**17. Нижарадзе, Т. С. Современные методы защиты семян сельскохозяйственных культур от болезней : монография / Т. С. Нижарадзе, А. Б. Кошелева. – Самара : Изд-во Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2008. – 210 с.**

**18. Нижарадзе, Т. С. Влияние физических и биологических методов предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта Гордеиформе на устойчивость растений к возбудителям корневых гнилей / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов // Образование, наука, практика: инновационный аспект : сб. мат. Межд. науч.-практ. конф. – Пенза, 2008. – С. 138-140.**

**19. Нижарадзе, Т. С. Влияние физических и биологических методов предпосевной обработки зерновых культур на устойчивость к болезням и их продуктивность в условиях Самарской области / Т. С. Нижарадзе, А. Б. Кошелева, А. И. Соколова // Иммунология, Аллергология, Инфектология, 2009. – №1. – С. 87.**

**20. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная эффективность физического и биологического методов предпосевной обработки семян яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2010. – №3(65). – С. 41-43.**

**21. Нижарадзе, Т. С. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы электромагнитными волнами / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов // Защита и карантин растений. – М., – 2010. – №3. – С. 69.**

**22. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная оценка методов предпосевной обработки семян яровой пшеницы на устойчивость к болезням и их продуктивность / Т. С. Нижарадзе, А. Б. Кошелева, А. И. Соколова // Иммунология, Аллергология, Инфектология, 2010. – №1. – С. 110.**

**23. Нижарадзе, Т. С. Эффективность физических методов предпосевной обработки семян яровой пшеницы в сравнении с химическими и биологическими / Т. С. Нижарадзе, А. В. Фирсов // Иммунология, Аллергология, Инфектология, 2010. – №1. – С. 121-122.**

**24. Нижарадзе, Т. С. Влияние различных режимов предпосевной обработки семян ячменя на устойчивость растений к некоторым заболеваниям / Т. С. Нижарадзе, Е. А. Меньшова // Иммунология, Аллергология, Инфектология, 2010. – №1. – С. 94-95.)**

**25. Нижарадзе, Т. С. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы импульсным магнитным полем и биостимулятором Агат-25К на ее устойчивость к заболеваниям и урожайность // Известия СГСХА, 2010. – №4. – С. 30-34.**

26. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная оценка влияния физических, химических и биологических методов предпосевной обработки семян на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья. Ч. 1 : отчет о НИР (промежуточ.) / ВНИЦентр. ОЦО2604И5В ; рук. Нижарадзе Т. С. ; исполн.: Меньшова Е. А., Соколова А. И., Фирсов А. В. – М. : ВНИЦИОАСУ, 2010. – 55 с. – № ГР 01.200965475. – Инв. № 02.201153086.
27. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная оценка влияния физических, химических и биологических методов предпосевной обработки семян на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья. Ч.1 : отчет о НИР (промежуточ.) / ВНИЦентр. ОЦО2604И5В ; рук. Нижарадзе Т. С. ; исполн.: Меньшова Е. А., Соколова А. И. – М. : ВНИЦИОАСУ, 2011. – 48 с. – № ГР 01.200965475. – Инв. № 02.201252364.
- 28. Нижарадзе, Т. С. Влияние предпосевной обработки семян на параметры водного режима листьев пшеницы и ячменя / Т. С. Нижарадзе, Е. А. Меньшова, А. И. Соколова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012. – №7(93). – С. 13-16.**
29. Нижарадзе, Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян в защите зерновых колосовых от корневых гнилей / Т. С. Нижарадзе, Е. А. Меньшова, А. И. Соколова // Современная микология в России : мат. III съезда микологов России. – М. : Национальная академия микологии, 2012. – Т. 3. – С. 299.
- 30. Нижарадзе, Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян в защите яровой пшеницы от корневых гнилей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012. – №10(93). – С. 13-16.**
- 31. Нижарадзе, Т. С. Влияние предпосевной обработки семян ячменя на его устойчивость к болезням и урожайность / Т. С. Нижарадзе, Е. А. Меньшова // Известия Самарского научного центра РАН, 2012. – Т. 14. – №5. – С. 241-244.**
32. Нижарадзе, Т. С. Сравнительная оценка влияния физических, химических и биологических методов предпосевной обработки семян на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья. Ч. 1. : отчет о НИР (промежуточ.) / ВНИЦентр. ОЦО2604И5В ; рук. Нижарадзе Т. С. ; исполн.: Меньшова Е. А. – М. : ВНИЦИОАСУ, 2012. – 44 с. – № ГР 01.200965475. – Инв. № 02201352395.
- 33. Нижарадзе, Т. С. Экологизация защиты яровой пшеницы от болезней путем применения физических приемов предпосевной обработки. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности // Вестник РУДН, 2013. – №3. – С. 61-67.**
- 34. Нижарадзе, Т. С. Влияние экологических приемов предпосевных обработок семян ячменя на пораженность листостеблевыми болезнями // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2013. – №6(44). – С. 56-58.**
- 35. Нижарадзе, Т. С. Теоретическое обоснование применения экологических методов предпосевной обработки семян Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности // Вестник РУДН, 2015. – №2. – С. 41-46.**
36. Нижарадзе, Т. С. Выявление фунгицидного действия предпосевных обработок на фитопатогены семян яровой пшеницы / Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения: сб. научных трудов. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2016. – С. 143-147.