

*На правах рукописи*

**Шутко Анна Петровна**

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ  
СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БОЛЕЗНЕЙ  
В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ**

Шифр и наименование специальности

06.01.07 – защита растений

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

доктора сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург – Пушкин – 2013

Работа выполнена на кафедре фитопатологии и энтомологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ставропольский государственный аграрный университет»

**Научный консультант:** **Новикова Ирина Игоревна,**  
доктор биологических наук,  
ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений Россельхозакадемии

**Официальные оппоненты:** **Афанасенко Ольга Сильвестровна,**  
доктор биологических наук, профессор,  
член-корреспондент Россельхозакадемии,  
заведующая лабораторией иммунитета растений к болезням,  
ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений Россельхозакадемии

**Радченко Евгений Евгеньевич,**  
доктор биологических наук,  
заведующий отделом генетики,  
ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова  
Россельхозакадемии

**Лысенко Николай Николаевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заведующий кафедрой защиты растений и экотоксикологии,  
ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет

**Ведущая организация:** **ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет**

Защита состоится 26 декабря 2013 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений по адресу: 196608, Санкт-Петербург – Пушкин-6, шоссе Подбельского, д. 3.

Факс: (812)470-51-10; E-mail: [vizrspb@mail333.com](mailto:vizrspb@mail333.com), <http://vizrspb.narod.ru>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений

Автореферат разослан 25 октября 2013 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук

**Наседкина Галина Анатольевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Производство зерна – традиционно ключевая задача сельского хозяйства России. Ставропольский край, расположенный в центре Предкавказья (между 43°45'–46°15' северной широты и 40°50'–45°40' восточной долготы), входит в тройку лидеров зерносеющих районов Российской Федерации. Ежегодные посевы озимой пшеницы и озимого ячменя достигают 1,6 млн га (Стамо и др., 2009), причем согласно сложившимся системам земледелия озимая пшеница представляет собой ведущую культуру в трех агроклиматических зонах Ставропольского края: крайне засушливой, засушливой и неустойчивого увлажнения (Жученко, Трухачев, 2011).

В 2012 году Россия вступила во Всемирную торговую организацию. По мнению ведущих отечественных экспертов, агропромышленный комплекс нашей страны – наименее подготовленная отрасль народного хозяйства для новых взаимоотношений с партнерами в рамках ВТО. В настоящее время в России не решены многие проблемы, ограничивающие развитие зерновой отрасли, – это продолжающийся износ материально-технической базы, падение естественного плодородия почвы и, как следствие, снижение устойчивости производства зерна по годам (Алабушев, Раева, 2013). Особенно остро стоит вопрос о снижении потерь урожая от многочисленных вредоносных болезней зерновых. За период 1993–2008 гг. суммарные потери зерна от фитопатогенов превысили 230,6 млн т (Соколова, Крылов, 2010). Комплексный анализ факторов, влияющих на развитие зернового хозяйства, позволяет оценить защиту растений как реальную возможность стабилизации производства зерна. Однако одним из условий вступления России в ВТО стало сокращение господдержки сельхозтоваропроизводителей, в том числе компенсации части затрат на приобретение минеральных удобрений и средств химической защиты растений. При этом предусматриваются фитосанитарные мероприятия и охрана окружающей среды (меры «зеленой корзины»), которые в дальнейшем должны стать приоритетными.

Монокультуры, севообороты с короткими ротациями, низкая насыщенность посевных площадей устойчивыми сортами, а также внедряемый в России в последние годы без объективной научной проработки такой прием ресурсосберегающего земледелия, как No-till (нулевая система обработки почвы), подняли огромный пласт фитосанитарных проблем: на посевах усилилось развитие корневых и прикорневых гнилей, септориоза листьев и колоса, пиренофороза, бурой ржавчины и мучнистой росы (Санин и др., 2012; Стамо, Кузнецова, 2012). В ряде регионов фитосанитарная дестабилизация, связанная с устойчивым нарушением биоценотического равновесия в агроценозах, приобрела глубокий затяжной многолетний характер с большими экономическими потерями и расширением состава доминантных вредоносных объектов (Павлюшин, 2008, 2010).

Системы земледелия, сложившиеся в Ставропольском крае, характеризуются севооборотами с короткими ротациями и ресурсосберегающими технологиями, подразумевающими, прежде всего, почвозащитную обработку почвы. В условиях ландшафтного земледелия в зоне неустойчивого увлажнения под озимую пшеницу после парозанимающих и пропашных культур широко используется ресурсосберегающая поверхностная обработка почвы на глубину 8–12 см, оказывающая положительное влияние на ее структуру и замедляющая эрозионные процессы. Однако поверхностная обработка сопровождается увеличением в почве запаса инфекции фитопатогенных видов, вредителей и семян сорных растений, также резервирующих инфекционное начало, что существенно ухудшает фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы.

Сокращение поголовья сельскохозяйственных животных (с 1059,3 тыс. голов КРС в 1990 г. до 366,4 тыс. в 2011 г.) привело к динамичному уменьшению площади кормовых культур, удельный вес которых в структуре посевов снизился с 20,5 до 7,7 %. При этом доля зерновых культур выросла до 73,9 %. За период 1990–2011 гг. в Ставропольском крае на фоне общего сокращения посевных площадей с 3433,9 до 2624,6 тыс. га площадь посевов озимой пшеницы увеличилась в 1,4 раза и составила 1725,7 тыс. га.

За годы реформирования сельского хозяйства в 13 раз сократилось применение органических удобрений и в 7 раз – минеральных. В 1996–2000 гг. этот показатель был минимальным за последние 50–60 лет. В 2006–2009 гг. их внесение увеличилось в 2,6 раза и составило 4,9 млн т органических удобрений (преимущественно соломы) и 118 тыс. т д.в. минеральных удобрений, что соответствует уровню 1970–1975 гг. Однако в засушливых агроэкологических условиях Ставропольского края возникает проблема своевременного разложения соломы, и она становится дополнительным источником почвенной инфекции.

Согласно «Региональному докладу...» 89,5 % пашни в Ставропольском крае имеет низкое содержание гумуса (менее 4,0 %), 10,4 % – среднее (4,0–8,0 %) и 0,1 % – высокое (более 8,0 %). Средневзвешенное содержание органического вещества составляет 2,7 %. В среднем за последние 20 лет площади с низким содержанием гумуса ежегодно увеличиваются на 1 %, фосфора – на 5 %, калия – на 3 %. Отчуждение из почвы питательных веществ превышало внесение: по фосфору на 15–20 кг/га, по калию – 30–40 кг/га, дефицит гумуса составлял от 400 до 700 кг/га. В настоящее время на 1 га пашни вносится не более 25–35 кг действующего вещества удобрений при необходимых 70–100 кг. Баланс питательных веществ на пашне вернулся на уровень 60-х гг. прошлого столетия и имеет отрицательное значение (Жученко, Трухачев, 2011).

В дореформенный период (1985–1990 гг.) на фоне соблюдения требований агротехники и высокого уровня органического и минерального удобрения интенсивная система защитных мероприятий посевов зерновых колосовых культур обеспечивала достаточно эффективный контроль вредных объектов. Вредоносность корневых гнилей ежегодно отмечалась на площади не более 150 тыс. га, а эпифитотии септориоза регистрировались с периодичностью 5 лет (1982, 1987, 1992 гг.). В 1990–2000 гг. вследствие практически полного отказа от химических средств защиты растений на посевах зерновых отмечалась резкая вспышка головневых заболеваний. Так, в 1999 г. площадь посевов, зараженных твердой головней, по сравнению с 1996 г. выросла в 33,8 раза. Сформировался большой запас септориозной инфекции – распространенность заболевания в 1995–1999 гг. ежегодно составляла от 53,4 до 72,4 %.

В настоящее время на Ставрополье на фоне существующей системы земледелия и рекомендованной системы интегрированной защиты, базирующейся, преимущественно, на химическом методе, отмечается усложнение фитосанитарной ситуации. Пестицидная нагрузка в 2011 г. составила 500 г/га пашни, в 2005–2006 гг. она колебалась от 530 до 650 г/га. Согласно публикациям Всероссийского НИИ защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в среднем по России данный показатель меньше: в 2006 г. – 308 г/га, в 2009 г. – 356 г/га, в 2012 г. – 452,8 г/га пашни.

Вследствие чрезмерного насыщения структуры посевных площадей зерновыми культурами и несбалансированного внесения минеральных и органических удобрений уменьшается плотность популяций всех эколого-трофических групп микроорганизмов, значительно меняется соотношение между ними, вследствие чего нарушаются функциональные связи в почвенных биоценозах, и снижается биологическая активность почв. Подавление аутохтонной полезной микрофлоры сопровождается увеличением численности фитопатогенных видов. По данным Филиала Россельхозцентра по Ставропольскому краю, распространенность корневой гнили приняла эпифитотийный характер не только на повторных посевах озимой пшеницы, но даже на полях, где культура возделывается по благоприятным в фитосанитарном отношении предшественникам (пар, рапс, горох) (Стамо, Кузнецова, 2012). Так, если в 2008 г. было заражено 10 % от посевной площади озимой пшеницы (в том числе 225 тыс. га – гельминтоспориозной гнилью, 48 – фузариозной и 43 – церкоспореллезной), в 2009 г. – 20 % (225, 206 и 125 тыс. га соответственно, а также 113 тыс. га, зараженных гибеллинозной гнилью), то 2010 г. – уже 40 % (249, 434, 427 и 215 тыс. га). В 2011 г. площадь заражения фузариозной корневой гнилью достигла 1545 тыс. га. В 2,8 раза по сравнению с 2010 г. увеличилась площадь пашни, зараженной церкоспореллезной гнилью, в 2,0 – гельминтоспориозной и в 4,9 раза – гибеллинозной (<http://rsc26.ru>).

Аэрогенные инфекции озимой пшеницы в Ставропольском крае представлены септориозом, бурой ржавчиной и мучнистой росой, причем наибольшей вредоносностью отличается септориоз. По данным Филиала Россельхозцентра, в 2005 г. септориозом (*Septoria tritici* Berk. & M.A. Curtis) были поражены 600 тыс. га, или 40 % посевной площади озимых зерновых культур (Стамо, Кузнецова, 2006); в 2007 г. заражение было выявлено уже на 75,6 % посевов озимых культур (Стамо, 2008). Септориоз колоса (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Berk.) ежегодно выявляется на площади свыше 200 тыс. га, или 20–25 % от обследованной площади.

Бурая ржавчина (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Erikss.) C. O. Johnston) также одно из наиболее встречаемых заболеваний, вспышки ее эпифитотийного развития в крае происходят, как правило, с четырехлетней цикличностью: 2004, 2008 гг. Однако в 2012 г. ржавчинные заболевания находились в депрессии (Стамо, 2013).

Согласно ежегодно издаваемым Филиалом Россельхозцентра рекомендациям для сельскохозяйственных товаропроизводителей «Прогноз фитосанитарного состояния Ставропольского края на ... год и системы защиты растений», пыльная (*Ustilago tritici* Jens.) и твердая (*Tilletia caries* (DC.) Tul.) головня пшеницы в 2012 г. были отмечены соответственно на 0,6 тыс. га (0,1 % от обследованной площади) и 0,3 тыс. га (0,03 %), по сравнению с 117,8 тыс. га (12,8 %) и 19,6 тыс. га (2,2 %) в 1999 г.

Начиная с 2011 г. после 5-летнего перерыва в крае вновь стали обнаруживаться партии семян, заспоренные карликовой головней (*Tilletia controversa* Kuehn.), она была обнаружена в семенах Александровского, Новоселицкого и Изобильненского районов (<http://rsc26.ru>).

Таким образом, несмотря на достаточно большой объем фунгицидных обработок озимых зерновых культур (от 1684 до 1886 тыс. га в 2008–2011 гг.), в связи с редукцией систем земледелия фитосанитарная ситуация ежегодно ухудшается. И только протравливание 99,8 % высеваемых в крае партий семян позволяет в течение последних 10 лет эффективно контролировать пыльную и твердую головню озимой пшеницы.

Рекомендуемая на сегодняшний день Филиалом Россельхозцентра по Ставропольскому краю система защиты зерновых колосовых культур (Стамо и др., 2013) ориентирована, преимущественно, на широкое использование химических средств защиты растений и характеризуется следующими особенностями:

- если в 2000 г. аналогичная система рекомендовала сельхозтоваропроизводителям полный комплекс организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий в борьбе с вредными организмами, то в современной редакции отсутствует информация о фитосанитарной роли севооборота, возделывания рекомендованных для соответствующих агроклиматических условий сортов, предпосевной подготовки семян, то есть доведения их до посевных кондиций (очистка, калибровка) и т. д. В условиях, когда 40 % сельхозпредприятий Ставропольского края не имеют специалистов по защите растений, 52 % содержат совместителей с исполнением обязанностей семеновода, агрохимика, заведующего складом, и лишь 8 % имеют в штате агронома по защите растений (Стамо, 2007), представляется целесообразной подробная детализация всех элементов системы интегрированной защиты растений от вредных организмов;

- порядок изложения рекомендуемых мероприятий по применению биопрепаратов против болезней зерновых не всегда соответствует регламентам, изложенным в «Государственном каталоге...» в плане обязательного сочетания предпосевной обработки семян с последующей обработкой вегетирующих растений с целью насыщения микробиоты полезными видами микроорганизмов в течение всего периода вегетации. В системе данные обработки представлены разрозненно, как отдельные мероприятия;

- отсутствуют мероприятия против такого опасного заболевания, имеющего природный очаг на территории Ставропольского края, как карликовая головня;

- не проведена дифференциация предлагаемых защитных мероприятий в зависимости от агроклиматических условий Ставропольского края.

Таким образом, предлагаемая «Система защиты зерновых колосовых культур» (Стамо и др., 2013) не может рассматриваться как система интегрированной защиты. Актуальным представляется описание элементов системы земледелия с точки зрения их влияния на фитосанитарное состояние агроценозов. В связи с разнообразием почвенно-климатических условий Ставропольского края необходимо уточнение принятой системы защитных мероприятий с учетом агроклиматического районирования.

Согласно разрабатываемой Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений Россельхозакадемии концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем, принципиальная особенность современного этапа развития защиты растений заключается в биоценотическом подходе к построению систем защитных мероприятий, основанном на использовании приемов и методов регулирования взаимодействия растений-продуцентов и консументов всех порядков в агробиоценозах.

С целью экологизации системы интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней целесообразно проведение предварительной экотоксикологической оценки рекомендуемых химических средств защиты растений, а также более широкое использование полифункциональных биопрепаратов, индукторов болезнеустойчивости и экологически малоопасных химических средств на основе изучения их биологической эффективности в условиях Ставропольского края.

**Цель работы** – совершенствование системы защиты озимой пшеницы от болезней применительно к агроклиматическим зонам Ставропольского края на основе анализа фитосанитарного состояния агроценозов путем оптимизации жизнедеятельности растений в условиях засушливого климата при одновременном снижении уровня токсической нагрузки на окружающую среду.

В рамках общей проблемы ставились следующие задачи:

- провести фитосанитарный мониторинг распространенности и вредоносности заболеваний озимой пшеницы, выявить комплексы основных возбудителей корневой гнили в различных агроклиматических зонах Ставропольского края, определить состав доминирующих вредоносных видов при усложнившемся фитосанитарном состоянии агроценозов;

- оценить влияние предшественников, системы основной обработки почвы и других агроэкологических факторов на распространенность и развитие болезней озимой пшеницы;

- изучить поражаемость сортов озимой пшеницы корневой гнилью и септориозом в различных агроэкологических условиях; подобрать устойчивые к болезням сорта для возделывания в аридных зонах и зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края; установить фитосанитарную эффективность возделывания сортосмешанных посевов в отношении корневой гнили и септориоза;

- оценить биологическую эффективность и рекомендовать для включения в системы интегрированной защиты растений полифункциональные биопрепараты, индукторы болезнеустойчивости и экологически малоопасные химические средства, обеспечивающие комплексную защиту посевов от наиболее вредоносных заболеваний в течение длительного периода при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду;

- разработать концептуальную схему совершенствования системы защиты растений и предложить оптимизированные экологически малоопасные элементы для включения в системы интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней применительно к зоне неустойчивого увлажнения и аридным агроклиматическим зонам Ставропольского края.

В основу диссертации положены материалы научных исследований, выполненных автором лично и совместно с другими исследователями в Ставропольском государственном аграрном университете в соответствии с Перспективным планом подготовки научных и научно-педагогических кадров и научно-исследовательской работы ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» на 1996–2015 гг., раздел «Методологические и социально-экономические проблемы развития аграрного сектора», тема «Экологическая оптимизация системы интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней».

**Научная новизна исследований.** На черноземе выщелоченном, южном и на светло-каштановой почве определены комплексы возбудителей корневой гнили: фузариозно-гельминтоспориозно-офиоблезный, гельминто-спориозно-фузариозный и фузариозно-гельминтоспориозный соответственно в зоне неустойчивого увлажнения, засушливой и крайне засушливой агроклиматических зонах. Выявлено их изменение во времени в связи с изменением системы земледелия в условиях зоны неустойчивого увлажнения, заключающееся в смене доминантных видов – в дореформенный период в комплексе возбудителей корневой гнили преобладали представители рр. *Cercospora* и *Gaeumannomyces*. Оценено влияние на фитосанитарное состояние агроценозов элементов системы земледелия и погодных факторов, показано увеличение распространенности корневой гнили за последние 10–15 лет, причем наиболее ярко это прослеживается по предшественнику кукуруза на силос и при поверхностной обработке почвы.

Впервые в условиях Ставропольского края выявлена вредоносность нового заболевания – гибеллинозной гнили стеблей озимой пшеницы (*Gibellina cerealis* Pass.)

Впервые в условиях Ставропольского края определено влияние агроэкологических факторов на микофлору и посевные качества семян озимой пшеницы; рассчитаны коэффициенты детерминации развития корневой гнили погодными факторами. Определено, что в условиях зоны неустойчивого увлажнения 54,1 % колебаний в степени развития корневой гнили приходится на среднегодовую температуру воздуха и 39,3 % на количество осадков.

Впервые в условиях различных агроклиматических зон Ставропольского края оценена поражаемость 20 сортов озимой пшеницы корневой гнилью и септориозом. Определена сортоспецифичность в проявлении корреляционной зависимости между поражаемостью корневой гнилью и септориозом и качеством формирующегося зерна; установлены сортовые особенности лигнификации растений озимой пшеницы, определяющие их устойчивость к корневой гнили. Разработана математическая модель прогноза развития корневой гнили озимой пшеницы в зависимости от погодных условий начала вегетации на черноземе выщелоченном для сортов Дея и Донская безостая как, соответственно, наименее и наиболее поражаемых корневой гнилью.

Исследованиями в полевых условиях биологической эффективности индукторов устойчивости, полифункциональных биопрепаратов и малоопасных химических средств защиты растений и их экотоксикологической оценкой выявлены наиболее перспективные препараты для включения в системы экологизированной интегрированной защиты озимой пшеницы применительно к различным агроклиматическим зонам.

**Практическая ценность работы.** Обоснована структура сортовых посевов озимой пшеницы в конкретных агроклиматических условиях на основе анализа данных по поражаемости в этих условиях разных сортов фитопатогенами.

Разработан экспресс-метод оценки конкурентоспособности сортов, возделываемых в смешанных посевах, с учетом особенностей аллелопатического взаимодействия компонентов сортосмесей – типа взаимоотношений растений в агробиоценозе, в период посев – всходы.

Усовершенствованная система защиты озимой пшеницы от болезней применительно к разным агроклиматическим зонам Ставропольского края отличается сниженным уровнем токсической нагрузки на окружающую среду.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации доложены на ежегодных научно-практических конференциях факультета защиты растений ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» (1997–2013 гг.); международных научно-практических конференциях «Биологизация защиты растений: состояние и перспективы» (Краснодар, 2000); «Проблемы борьбы с засухой» (Ставрополь, 2004); «Актуальные вопросы экологии и природопользования» (Ставрополь, 2005); «Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов» (Краснодар, 2007); «Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения» (Ставрополь, 2008); «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул, 2010); «Устойчивое

развитие сельского хозяйства и сельских территорий в связи с реализацией стратегических целей на территории бассейна реки Дунай – Сохранение природных ресурсов» (Белград, Сербия, 2012); II Международной виртуальной Интернет-конференции «Биотехнология. Взгляд в будущее» (Казань, 2013); всероссийских конференциях «Современные достижения биотехнологии – вклад в науку и практику XXI века» (Ставрополь, 1999); «Биотехнология 2003» (Сочи); «Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях антропогенного загрязнения» (Ульяновск, 2004); «Интегрированная защита сельскохозяйственных культур и фитосанитарный мониторинг в современном земледелии» (Ставрополь, 2004; 2008); межрегиональной научно-практической конференции «Земельные ресурсы: состояние и перспективы использования» (Ставрополь, 2006); региональных конференциях «Проблемы экологической безопасности Северо-Кавказского региона» (Ставрополь, 2000); «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа» (Ставрополь, 2007); научных конференциях «Университетская наука – региону» (Ставрополь, 1998); «Проблемы воспроизводства плодородия почв и повышение продуктивности агроэкосистем» (Мичуринск, 2004).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 68 научных работ, в том числе 12 – в рекомендованных ВАК РФ журналах.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 509 страницах машинописного текста и состоит из введения, 9 глав, выводов и предложений производству; содержит 103 таблицы, 93 рисунка. Список литературы включает 678 источников, из них 108 – зарубежных авторов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Тактика использования сортового разнообразия озимой пшеницы в конкретных агроклиматических условиях Ставропольского края, основанная на результатах оценки устойчивости и толерантности к основным болезням и обеспечивающая максимальную реализацию генетического потенциала сорта.

2. Системный подход к совершенствованию защиты озимой пшеницы от болезней, включающий фитосанитарный мониторинг, научно обоснованный подбор наименее поражаемых доминирующими фитопатогенами сортов, оптимальные в фитосанитарном отношении предшественники и системы основной обработки почвы, широкое использование полифункциональных биопрепаратов, индукторов болезнеустойчивости и малоопасных химических средств защиты растений, обеспечивает оптимизацию жизнедеятельности растений и повышение урожайности при недостаточной влагообеспеченности и усложнившемся фитосанитарном состоянии агроценозов, снижая уровень токсической нагрузки на окружающую среду.

Автор выражает глубокую благодарность научному консультанту доктору биологических наук И. И. Новиковой, учителю и наставнику кандидату сельскохозяйственных наук, профессору А. А. Гаврилову, коллегам, принимавшим участие в совместных исследованиях: кандидатам сельскохозяйственных наук В. М. Передериевой, Л. В. Тутуржанс, Т. В. Зимоглядовой, А. Г. Марюхиной.

## **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследование путей совершенствования системы защиты озимой пшеницы от болезней применительно к агроэкологическим и фитосанитарным условиям выращивания в Ставропольском крае, обеспечивающей получение урожая при снижении уровня токсической нагрузки на окружающую среду, проводили в 1995–2012 гг. на кафедре фитопатологии и энтомологии, опытной станции ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» (зона неустойчивого увлажнения), а также в колхозе «Родина» Новоселицкого района (засушливая агроклиматическая зона) и СПК

«Россия» Апанасенковского района Ставропольского края (крайне засушливая агроклиматическая зона) с использованием полевых и лабораторных методов.

Маршрутные обследования с целью выявления распространенности и степени развития корневой гнили осуществляли на посевах озимой пшеницы в сельскохозяйственных предприятиях указанных агроклиматических зон Ставропольского края.

Опытная станция Ставропольского ГАУ расположена в зоне неустойчивого увлажнения на участке, почва которого представляет собой чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках с содержанием гумуса 5,0–5,2 %. Это зона умеренно континентального климата. Территория колхоза «Родина» по агроклиматическому районированию Ставропольского края относится к умеренно засушливому району. Почвенный покров хозяйства представлен преимущественно черноземом южным, сочетающим в себе признаки предкавказских черноземов и темно-каштановых почв (содержание гумуса 3,53 %). Преобладающая почва хозяйства СПК «Россия», расположенного в крайне засушливой агроклиматической зоне, – светло-каштановая (1,51 % гумуса) с содержанием до 30 % солонцов и солончаков.

В засушливой зоне повышение среднегодовой температуры воздуха при избыточном (на 17,3–67,3 %) увлажнении наблюдалось в течение 4 лет. Осадки в феврале – марте, мае, июле и октябре благоприятствовали сохранению и приумножению возбудителей корневой гнили и способствовали развитию аэрогенных инфекций в периоды колошения и начала цветения озимой пшеницы.

В зоне неустойчивого увлажнения из 18 анализируемых лет (1995–2012 гг.) 14 отличались более высокой (на 0,46–2,23 °С) среднегодовой температурой, а 10 – дефицитом влаги от 7,5 до 89,4 %. За годы исследований в крайне засушливой агроклиматической зоне наблюдалась аналогичная тенденция.

Таксономическую принадлежность возбудителей болезней определяли по справочникам (Черепанова, 2005; Ainsworth J., Bisby H., 2001 и др.). Виды возбудителей корневой гнили в эндоризосфере озимой пшеницы определяли методом фрагментации пораженных корней и основания стеблей (Кольнобрицкий, Бондарь, 1989). Фитопатологическую экспертизу семян озимой пшеницы проводили по Н. А. Наумовой (1970) и согласно ГОСТ 12044–93. Для определения семенной инфекции септориоза использовали метод проращивания семян на агаровой среде (Hewett P., 1965).

Гельминтоспориозную корневую гниль на растительных остатках диагностировали упрощенным способом (Бенкен и др., 1988).

Почвенную инфекцию выявляли методом последовательных разведений, используя агаризованную среду Чапека с лактозой, галактозой и фруктозой, для определения заселенности микроорганизмами растительных остатков растений и семян – картофельно-глюкозный агар (Мишустин, 1963).

Количественный учет почвенной гельминтоспориозной инфекции осуществляли методом флотации (Ledingham, Chinn, 1955) с последующими усовершенствованиями и методом, разработанным Л. К. Хацкевич и С. Д. Гришечкиной (2006). Пересчет обнаруженных конидий гриба рода *Bipolaris* с помощью метода флотации на 1 г воздушно-сухой почвы осуществляли по В. И. Билай (1982). Количественный учет почвенной фузариозной инфекции проводили по методике М. Ю. Степановой и С. Ф. Сидоровой (1981).

Морфофизиологические параметры озимой пшеницы определяли по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) и по К. Ф. Никитенко (1982).

«Сырой» лигнин в корневой системе растений озимой пшеницы определяли по методике А. И. Ермакова и др. (1972). Физиологически активные вещества сорных растений экстрагировали по методике А. М. Гродзинского (1965). Экстракт из прорастающих семян для определения аллелопатического взаимодействия растений озимой пшеницы получали по методике Г. Ф. Наумова (1975).

Фитотоксическое действие метаболитов *Gaeumannomyces graminis* из мицелиального изолята, полученного фрагментацией корней и основания стеблей пораженных оофиоблезом

растений озимой пшеницы (Кольнобрицкий, Бондарь, 1989), определяли на 7-е сутки по степени угнетения проростков озимой пшеницы.

Повышение устойчивости озимой пшеницы к корневой гнили и септориозу изучали на естественном инфекционном фоне (предшественник – пар черный) по методике государственного сортоиспытания с учетной площадью 25 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности.

Отбор эффективных препаратов, обеспечивающих комплексную защиту озимой пшеницы от наиболее вредоносных заболеваний в течение длительного периода, проводили в 1995–2012 гг. в мелкоделяночных полевых опытах как на жестком (бессменный посев, а также искусственный инфекционный фон), так и на естественном (предшественники – занятый пар и озимая пшеница) инфекционном фоне.

Обработку почвы на опытных участках проводили с оборотом пласта по типу пара и полупара. Система удобрения включала припосевное внесение аммофоса (с рекомендуемой дозой по фосфору 15 кг д.в.) и ранневесеннюю подкормку аммиачной селитрой в дозе N<sub>30</sub>.

Посев в оптимальные для агроклиматической зоны сроки. Норма высева 4–5 млн всхожих зерен на 1 га. Глубина заделки семян – 4–5 см. Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см. Защитные мероприятия предусматривали ранневесеннюю обработку гербицидами и опрыскивание против личинок клопа вредной черепашки.

Фитосанитарное состояние озимой пшеницы оценивали по методикам ВИЗР (1979; 2009), А. Е. Чумакова и Т. И. Захаровой (1990), Г. Р. Дорожко (1992). Коэффициенты вредоносности корневой гнили и возможных потерь урожая рассчитывали по А. А. Сидорову (2001).

Целлюлозолитическую активность пахотного слоя определяли методом Е. Н. Мишустина, И. С. Вострова и А. Н. Петровой (по интенсивности разложения льняного полотна), изложенным в практикуме по земледелию (Васильев и др., 2005).

Экологическую опасность фунгицидов оценивали методом расчета токсической нагрузки по Ю. Н. Фадееву (1988) в соответствии со шкалой Л. Д. Гришечкиной, В. И. Долженко (2012).

Статистическую обработку результатов исследований проводили стандартными методами дисперсионного, корреляционного и факторного анализа (Доспехов, 1985; Пересыпкин и др., 1989; Иберла, 1980). Биоэнергетическую эффективность защитных мероприятий определяли в соответствии с рекомендациями ВИМ (1989).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1. Фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы в Ставропольском крае

1.1. *Состав комплексов возбудителей корневой гнили озимой пшеницы.* Результаты проведенных нами исследований показали, что в условиях трех основных агроклиматических зон Ставропольского края наиболее частые возбудители корневой гнили озимой пшеницы – грибы родов *Fusarium* и *Bipolaris* (табл. 1). На Северном Кавказе комплекс грибов рода *Fusarium*, встречающихся в корневой системе пшеницы, включает *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* (Иващенко, Шипилова, 2004). По данным М. М. Левитина и Н. П. Шипиловой (2000), из корневой системы пшеницы в условиях Ставропольского края были выделены и входят в состав Коллекции чистых культур грибов рода *Fusarium* Link Всероссийского института защиты растений *F. avenaceum* и *F. graminearum*.

В засушливой зоне офиоболезная корневая гниль выявлена только на сортах Старшина, Зерноградка 9 и Прикумская 115 в более увлажненные по сравнению со среднемноголетними показателями годы.

Сравнительный анализ результатов исследований, проведенных нами в течение в 2005–2008 гг., и данных литературы (Гаврилов, 1970; Хайсам Исбер, 1992) показывает, что в течение 20 лет (с 1988 г. по 2008 г.) вследствие изменения системы земледелия и повышения аридности видовой состав возбудителей корневой гнили в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края претерпел значительные изменения (рис. 1).

Таблица 1 – Состав комплексов возбудителей корневой гнили озимой пшеницы в зависимости от агроэкологических условий (2005–2008 гг.)

Родовая принадлежность	Частота встречаемости, %		
	Чернозем выщелоченный (зона неустойчивого увлажнения)	Чернозем южный (засушливая зона)	Светло-каштановые почвы (крайне засушливая зона)
<i>Fusarium</i>	47,5	25,4	11,3
<i>Bipolaris</i>	20,3	30,8	2,0
<i>Gaeumannomyces</i>	8,0	1,0	0
<i>Cercospora</i>	3,2	0	0
<i>Pythium</i>	6,7	13,1	0
<i>Alternaria</i>	3,6	2,2	2,0
<i>Pseudomonas</i>	3,4	23,0	0
Другие	10,3	7,7	18,6

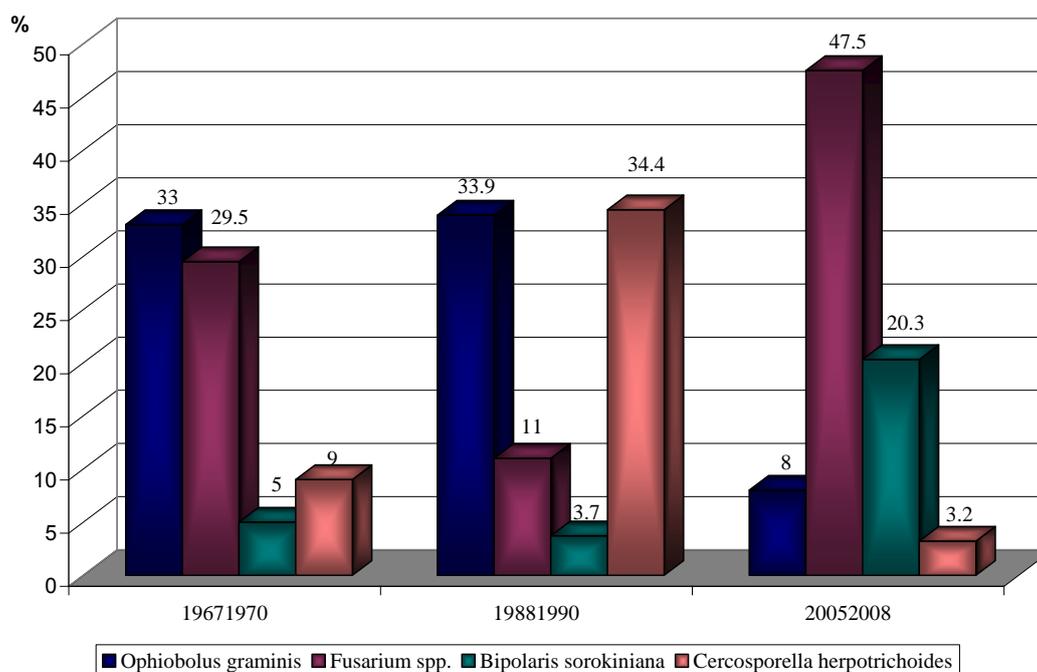


Рисунок 1 – Изменение видового состава возбудителей корневой гнили в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края в период с 1967–1970 по 2005–2008 гг.

Частота встречаемости возбудителей фузариозной и гельминтоспориозной корневой гнили существенно увеличилась. Напротив, заделка в почву большого количества пшеничной соломы с высоким соотношением С:N привела к существенному снижению частоты встречаемости возбудителя офиоблеза.

Изменение климата существенно повлияло и на видовой состав патогенного комплекса грибов рода *Fusarium*. Частота встречаемости *F. graminearum* и *F. culmorum* постепенно уменьшается, а на доминирующие позиции выходят грибы секции *Sporotrichiella*, развивающиеся в засушливых условиях (табл. 2). Более того, наблюдается тенденция к уменьшению количества видов возбудителей фузариоза.

Таблица 2 – Виды рода *Fusarium* (основные возбудители), выделенные из растений озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения

1987–1990 гг.	2005–2008 гг.
<i>F. graminearum</i> Schwabe	Не выделялся
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.:Fr.	<i>F. oxysporum</i> Schlecht.:Fr.
<i>F. culmorum</i> Sacc.	Не выделялся
<i>F. verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg	<i>F. verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg
<i>F. avenaceum</i> Sacc.	Не выделялся
<i>F. gibbosum</i> App.et wr.emend Bilai	Не выделялся
Не выделялся	<i>F. solani</i> (Mart.)

1.2. *Сортовые особенности озимой пшеницы как детерминанта фитосанитарного состояния эндоризосферы растений.* Сортовые особенности (морфологические, физиологические, иммунологические) озимой пшеницы влияют на формирование определенного комплекса микофлоры, в том числе возбудителей корневой гнили, в эндоризосфере озимой пшеницы. Доминирование микромицетов по родам в зависимости от сортовых особенностей озимой пшеницы представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Соотношение микромицетов в эндоризосфере в зависимости от сортовых особенностей озимой пшеницы (крайне засушливая агроклиматическая зона, 2006–2008 гг.)

Сорт	Доля в комплексе микромицетов, %				
	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>
Донская юбилейная	29,0	10,0	7,0	15,0	39,0
Степная 7	24,0	7,0	17,0	19,0	33,0
Дон 93	26,0	4,0	20,0	11,0	39,0
Станичная	30,0	4,0	17,0	12,0	37,0
Степнячка	31,0	3,0	7,0	16,0	43,0
Дон 95	19,0	6,0	10,0	17,0	48,0

Заселенность корневой системы грибами родов *Fusarium* и *Bipolaris* у наиболее поражаемого сорта Донская юбилейная в 1,5–1,7 раза выше, чем у наименее поражаемого сорта Дон 95. При этом доля грибов р. *Penicillium* в комплексе микромицетов эндоризосферы у сорта Дон 95 наиболее высока и достигает 48 %.

Известно, что фунгистазис почвы обусловлен уровнем биоразнообразия и высокой плотностью популяций аутохтонных антагонистов из разных таксономических и физиологических групп микроорганизмов (виды рр. *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Penicillium* и т. д.). Способность грибов р. *Bipolaris* к свободному существованию ограничена конкуренцией с почвенной микофлорой. Однако в засушливых условиях ослабление растения за счет осмотического и теплового стресса облегчает его колонизацию патогеном.

Проведенные исследования выявили среднюю обратную связь между частотой встречаемости грибов рр. *Bipolaris* и *Penicillium* ( $r = -0,475$ ). В зависимости от сорта озимой пшеницы коэффициенты корреляции колеблются от  $-0,313$  до  $-0,991$ . У высоко засухоустойчивых

сортов Донская юбилейная и Дон 95 изменения в заселении корневой системы растений грибами р. *Bipolaris* на 95,6–98,2 % зависят от интенсивности развития грибов р. *Penicillium*.

1.3. *Расширение видового состава доминантных вредоносных объектов.* На территории Северного Кавказа, наряду с широко распространенными и известными болезнями пшеницы, в последние годы повсеместно выявляются малоизвестные болезни, нуждающиеся в описании симптомов, идентификации возбудителей, изучении особенностей их развития. В Ставропольском крае, начиная с 2009 г., фитосанитарная обстановка усложнилась ввиду массового распространения белосоломенной гнили озимой пшеницы (*Gibellina cerealis* Pass.). Впервые данное заболевание в условиях Северного Кавказа описано на озимой пшенице И. И. Монастырной (1990) и сотрудниками ГНУ ВИЗР (Никитина, Полозова, 1990). Диагностика этой гнили затруднена, так как симптомы болезни похожи на поражение зерновых культур грибами родов *Cercospora* и *Rhizoctonia*. Маршрутными обследованиями посевов озимой пшеницы нами установлено, что наибольшую распространенность заболевание получило в крайне засушливой и засушливой агроклиматических зонах (до 17,2 %), в то время как в зоне неустойчивого увлажнения она составляет 0,1–2,5 %.

В последние годы на территории края стала распространяться желтая пятнистость озимой пшеницы или пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs.). В 2012 г. он был выявлен на 638,5 тыс. га, или 53 % от обследованной площади, что в 10 раз превышает показатели 2005 г., в 2013 г. по состоянию на 10 мая (<http://rsc26.ru>) площадь заражения достигла 991,2 тыс. га (59 %).

1.4. *Особенности проявления фузариозной корневой гнили в агроценозе озимой пшеницы.* Исследованиями выявлено, что степень развития корневой гнили в значительной мере обусловлена заражением растений озимой пшеницы грибами рода *Fusarium* ( $r=0,691$ ). Между интенсивностью заболевания и запасом фузариозной почвенной инфекции установлена средняя связь ( $r = 0,432$ ). При этом взаимосвязи между степенью развития заболевания, зараженностью растений и количеством колоний грибов рода *Fusarium* на 1 г почвы  $R_{yxz} = 0,831$  значимы на 1 %-ном уровне ( $F_{\phi} > F_{01}$ ). Коэффициент множественной детерминации свидетельствует о том, что вариации степени развития корневой гнили связаны с действием этих факторов на 69 %.

1.5. *Семенная инфекция озимой пшеницы.* В определении посевных качеств семян озимой пшеницы большое значение имеют показатели их зараженности патогенными микроорганизмами. Исследованиями в зоне неустойчивого увлажнения в 1998–1999 гг. выявлена высокая (11,3–18,7 %) зараженность зерна озимой пшеницы грибами рода *Fusarium*: *F. avenaceum*, *F. oxysporum* и др., как при возделывании озимой пшеницы в монокультуре, так и по благоприятному в фитосанитарном отношении предшественнику занятый пар (горохо-овсяная смесь), что объясняется складывающимся в более густом стеблестое озимой пшеницы микроклиматом.

Исследования 2006–2008 гг. показали, что зараженность зерна фитопатогенными грибами в крайне засушливой агроклиматической зоне зависит как от степени поражения материнских растений корневой гнилью, так и от сорта озимой пшеницы. Установлено, что в этой зоне семена озимой пшеницы не относятся к основным источникам инфекции грибов рр. *Fusarium* и *Bipolaris* (зараженность не более 3 %). Наиболее часто фузариозные грибы выделялись из семян озимой пшеницы сорта Степная 7, как в засушливых условиях, так и в зоне неустойчивого увлажнения. Зараженность гелиминтоспориозом выше у сорта Степнячка.

1.6. *Сорные растения семейства Poaceae как источники инфекции корневой гнили озимой пшеницы.* Возбудители корневой гнили, кроме пшеницы, поражают другие хлебные, сорные, дикие злаки и даже незлаковые растения. По данным Филиала Россельхозцентра по Ставропольскому краю, в последние годы отмечается тенденция увеличения площадей, засоренных злаковыми сорняками. Так, если в 2008 г. злаками было засорено только 36 тыс. га, то в 2011 г. – 217 тыс. га.

Нашими исследованиями в зоне неустойчивого увлажнения в структуре сорного компонента агроценоза выявлено семь видов мятликовых сорных растений: *Bromus*

*arvensis* L., *Avena fatua* L., *Lolium telulentum* L., *Echinochloa crusgalli* L., *Setaria glauca* L. Beauv, *Elytrigia répens* L. Nevski, *Bromus inermis* Leys. Общее количество однодольных сорняков в фазу кушения озимой пшеницы составляло от 14,4 до 52,9 шт/м<sup>2</sup>.

Наибольшее число изолятов грибов – возбудителей заболевания выделено из таких сорных растений, как пырей ползучий, куриное просо, костер полевой; наименьшее – из плевела опьяняющего. Установлено, что среди корневых гнилей сорных растений семейства *Poaceae* доминирует фузариозная (табл. 4).

Таблица 4 – Частота выделения микромицетов из эндоризосферы сорных растений в условиях зоны неустойчивого увлажнения, %

Виды сорных растений	Родовая принадлежность							
	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris</i>	<i>Cercospora</i>	<i>Ophiobolus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	Прочие
Пырей ползучий	87,5	5,0	47,5	10,0	15,0	20,0	5,0	5,0
Куриное просо	52,5	15,0	10,0	5,0	17,5	5,0	5,0	12,5
Костер полевой	65,0	20,0	5,0	–	22,5	5,0	12,5	10,0
Плевел опьяняющий	7,5	5,0	5,0	5,0	–	25,0	5,0	5,0
Кострец безостый	47,5	12,5	17,5	12,5	–	5,0	5,0	5,0
Овсяг обыкновенный	52,5	5,0	10,0	–	–	22,5	5,0	17,5
Мышей сизый	27,5	5,0	5,0	5,0	–	12,5	10,0	5,0

Таким образом, результаты исследований показывают, что условия произрастания растений в различных агроклиматических зонах Ставропольского края существенно влияют на состав комплексов возбудителей корневой гнили и мало влияют на состав комплексов возбудителей листостеблевых болезней озимой пшеницы. Основные источники корневой гнили – зараженные растительные остатки в почве и сорные растения семейства *Poaceae*. Зараженность зерна озимой пшеницы имеет фитосанитарное значение, преимущественно, в зоне неустойчивого увлажнения.

Анализ результатов наших исследований и данных Филиала Россельхозцентра по Ставропольскому краю выявил существенное ухудшение фитосанитарной ситуации в посевах озимой пшеницы на фоне существующей системы земледелия. Распространенность и развитие корневой гнили приняли эпифитотийный характер, что связано с постоянным накоплением запаса инфекции при поверхностной обработке почвы в виде зараженных растительных остатков, а также с 6-кратным увеличением площадей, засоренных злаковыми сорняками – резерваторами инфекции. Произошли существенные изменения в доминирующем составе возбудителей корневой гнили: за период 2008–2011 гг. площадь поражения посевов озимой пшеницы фузариозной корневой гнилью увеличилась в 32 раза и достигла 1545 тыс. га. Отмечено появление нового экономически значимого возбудителя стеблевой гнили *Gibellina cerealis* Pass., приуроченного, преимущественно, к засушливым агроклиматическим зонам края. Значительно увеличилась площадь поражения озимой пшеницы факультативными паразитами – возбудителями листовых пятнистостей, прежде всего септориоза и пиренофороза. Периодически отмечаются вспышки карликовой головни озимой пшеницы *Tilletia controversa* Kuehn., способной сохраняться в почве до 6–9 лет. Таким образом, очевидно, что существующая система защиты культуры от болезней не вполне отвечает требованиям предотвращения потерь урожая вследствие усложнения

фитосанитарной ситуации в агроценозах озимой пшеницы. Это приводит к необходимости ее оптимизации применительно к агроклиматическим зонам Ставропольского края.

## 2. Влияние агроэкологических факторов на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы

При разработке системы интегрированной защиты растений важная роль принадлежит всем элементам научно обоснованной системы земледелия (севооборот, система обработки почвы, система минерального питания, система семеноводства и др.) с учетом климатических условий. В системе защиты растений от болезней в условиях жаркого и засушливого климата Ставропольского края необходимо применение комплекса агротехнических мероприятий, устойчивых сортов, а также экологически малоопасных и эффективных биологических и химических средств защиты, обеспечивающих оптимизацию условий жизнедеятельности растений и повышение урожайности.

2.1. *Влияние способа обработки почвы и предшественника на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью.* Поверхностная обработка почвы по сравнению с традиционной вспашкой положительно влияет на структуру почвы, сохраняя почвенную влагу и замедляя эрозионные процессы. Однако глубокая вспашка после уборки урожая ускоряет минерализацию растительных остатков и тем самым уменьшает запас почвенной инфекции фитопатогенов, особенно в припосевном слое (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние способа основной обработки почвы на проявление корневой гнили озимой пшеницы (среднее за 2010–2012 гг.)

Вариант	Фазы колошения, цветения		Фаза молочно-восковой спелости	
	Распространенность, %	Развитие, %	Распространенность, %	Развитие, %
<b>Предшественник – горох + овес на зеленый корм</b>				
Поверхностная обработка	85,2	31,2	91,7	35,6
Отвальная обработка	67,4	22,5	73,9	24,2
<b>Предшественник – кукуруза на силос</b>				
Поверхностная обработка	86,7	36,8	94,7	41,2
Отвальная обработка	69,2	24,2	75,1	29,6

Полученные данные свидетельствуют также и о фитосанитарном значении предшественника. Так, горохо-овсяная смесь способствовала подавлению инфекции: развитие болезни при мелкой обработке составило 31,2 % в сравнении с 36,8 % при возделывании пшеницы по кукурузе на силос.

Сравнительная оценка пораженности озимой пшеницы корневой гнилью в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях многолетнего многофакторного стационарного опыта на опытной станции Ставропольского ГАУ в 1996–1997 гг. (Гаврилов и др., 1998) и 2010–2012 гг. (Шутко, Передериева, 2013) свидетельствует об увеличении распространенности заболевания за последние 10–15 лет, причем наиболее ярко это прослеживается по предшественнику кукуруза на силос и при поверхностной обработке почвы (рис. 2).

Преимущества отвальной обработки почвы обусловлены сохранением высокого уровня ее биологической активности, один из показателей которой – уровень целлюлозолитической активности пахотного слоя почвы, связан с эффективным разложением пожнивных остатков – важнейшего источника инфекции возбудителей корневой гнили (рис. 3).

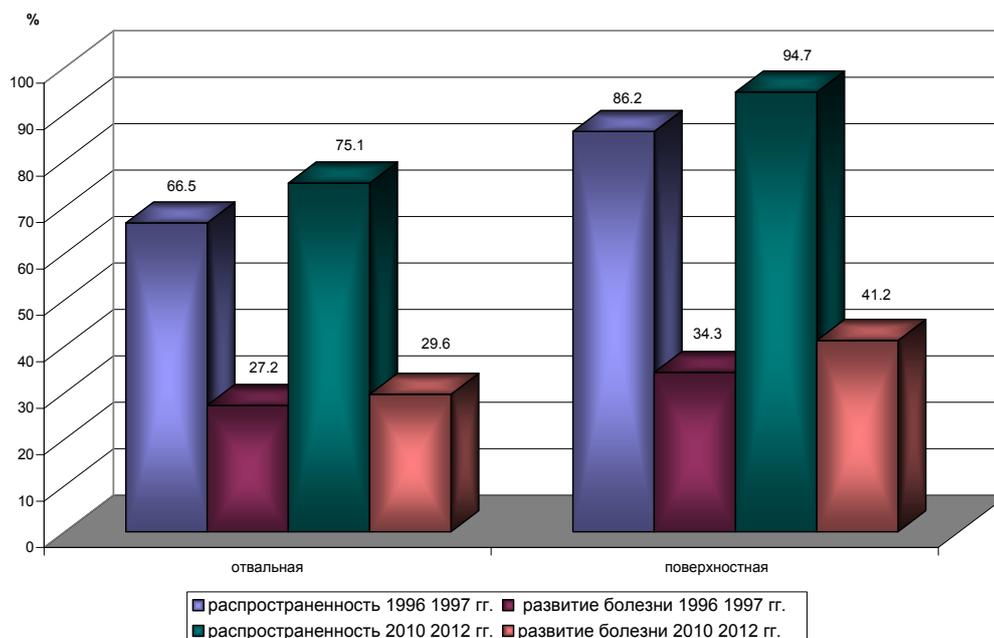


Рисунок 2 – Пораженность озимой пшеницы корневой гнилью в зависимости от способа основной обработки почвы (предшественник – кукуруза на силос, фаза молочно-восковой спелости)

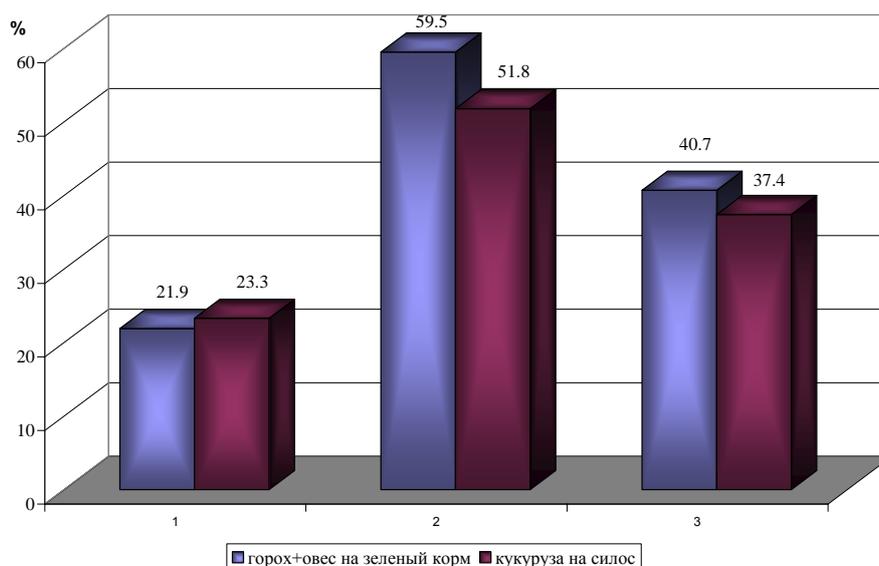


Рисунок 3 – Влияние предшественника на целлюлозолитическую активность почвы (эффективность разложения льняного полотна в пахотном слое за период от кущения по полной спелости озимой пшеницы), %: 1 – 2010 г. (НСР<sub>05</sub> 3,1 %); 2 – 2011 г. (НСР<sub>05</sub> 4,8 %); 3 – среднее

Нами установлено, что целлюлозолитическая активность почвы, особенно в годы, благоприятные по условиям увлажнения (например, 2011 г.), в значительной мере определяется предшественником.

В среднем за 2010–2012 гг. урожайность культуры при возделывании по горохо-овсяной смеси составила 4,29 т/га против 3,68 т/га при ее возделывании после кукурузы на силос, что в 1,4–1,7 раза больше по сравнению с 1996–1997 гг. Повышение урожайности объясняется изменением сортимента озимой пшеницы: если 10–15 лет назад возделывались преимущественно Безостая 1 и Степная 7, то в настоящее время – более урожайные Петровчанка, Зустрич и др.

2.2. *Влияние погодных условий на фитосанитарную ситуацию в посевах разных сортов озимой пшеницы.* С. С. Санин и др. (2011), М.М. Левитин (2012) считают, что при изменении климата возможно расширение ареала теплолюбивых видов фитопатогенных грибов, изменение фитосанитарного состояния посевов растений-хозяев, а также эффективности защитных мероприятий. Это обуславливает необходимость исследований в области моделирования риска появления новых заболеваний, того или иного развития присущих данной зоне болезней путем изучения реакций фитопатогенов и растений-хозяев на основные факторы внешней среды. Нами установлено, что в условиях зоны неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном значительное влияние на интенсивность развития корневой гнили у восприимчивого к заболеванию сорта Донская безостая оказывают погодные условия начального периода вегетации (осадки и температура):

$$Рб, \% = 7,72 \cdot \exp(0,233 \cdot h/t), \text{ коэффициент корреляции } r = 0,994.$$

В отношении наименее поражаемого в данных агроэкологических условиях сорта Дея подобной зависимости не установлено ( $r = -0,196$ ):

$$Рб, \% = 13,07 \cdot \exp(-0,033 \cdot h/t).$$

2.3. *Разнокачественность семян озимой пшеницы в зависимости от агроэкологических факторов.* Среди параметров, определяющих качество семян озимой пшеницы, большое значение имеет зараженность их патогенными микроорганизмами. Применение системного фунгицида на основе действующих веществ пропиконазол (125 г/л) и фенпропиморф (300 г/л) с нормой расхода препарата 1,0 л/га в фазу начала колошения в целях защиты озимой пшеницы от листостебельных инфекций оказало воздействие не только на патогенный комплекс, но и на показатели лабораторной всхожести семян, что предполагает дифференцированный подход к выбору фунгицидов, предназначенных для обработки товарных и семенных посевов (табл. 6).

Таблица 6 – Посевные качества семян озимой пшеницы сорта Безостая 1 (зона неустойчивого увлажнения)

Вариант	Предшественник							
	Занятый пар				Озимая пшеница			
	Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, %		Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, %	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Контроль (без обработки)	80,5	52,0	95,5	95,5	93,0	91,5	97,0	98,5
Пропиконазол + фенпропиморф (1,0 л/га)	76,5	62,0	92,0	94,0	89,0	77,5	95,5	92,0
НСР <sub>05</sub>	–	8,2	2,1	–	–	8,2	–	2,7

Так, М. Ф. Халиуллин (2011) при разработке системы применения фунгицидов (Рекс Дуо, КС 0,5 л/га; Рекс С, КС 0,7 л/га; Фалькон, КЭ 0,6 л/га; Амистар Экстра, СК 0,6 л/га; Импакт, СК 0,5 л/га; Альто Супер, КЭ 0,4 л/га) в семеноводческих хозяйствах Предкамья Республики Татарстан установил, что применение триазольных фунгицидов повышало лабораторную всхожесть полученных семян на 2,2–4,1 %, за исключением Фалькона, КЭ (250 г/л спироксамина + 167 г/л тебуконазола + 43 г/л триадименола).

2.4. *Математическое моделирование влияния погодных условий (объема сезонных осадков (V, мм) и температуры (t, °C) на биологическую эффективность (ЭБ) дифенокназола в отношении корневой гнили озимой пшеницы.* Для улучшения морфофизиологического состояния всходов озимой пшеницы важен не только посев кондиционными семенами с высокими посевными качествами, но и обеззараживание семян для

защиты от почвенной и аэрогенной инфекции. Правильный выбор фунгицида, в том числе протравителя семян, зависит от видового состава фитопатогенов, спектра действия препарата, особенностей сорта, технологии возделывания культуры, а также почвенно-климатических условий. Установлено, что оптимальные условия применения протравителя семян на основе действующего вещества дифеноконазол (30 г/л) – погодные условия при  $V/t \geq 8$  (условия высокой влажности  $V$  и низких температур  $t$ ). Учитывая, что средняя температура практически постоянная и находится в интервале  $10 \pm 1$  °С, в качестве решающего фактора выступает суммарное выпадение осадков, особенно в сентябре (выборочный коэффициент корреляции  $r = 1,0$ ):  $B, \% = 15,1(V/t)^{0,446}$ .

Таким образом, при существующей системе земледелия и происходящих климатических изменениях результаты исследований актуализируют фитосанитарное значение биологических и агроэкологических факторов, таких как севооборот, приемы обработки почвы, адаптивное районирование возделываемых сортов, экологическая устойчивость агрофитоценоза. Это, в свою очередь, позволяет обосновать необходимость дифференциации системы защитных мероприятий с учетом агроклиматического районирования Ставропольского края, что на сегодняшний день не отражено в рекомендуемой «Системе защиты зерновых колосовых культур».

### **3. Оценка поражаемости сортов озимой пшеницы фитопатогенами в конкретных агроклиматических условиях как элемент научно обоснованной стратегии использования генетически защищенных сортов**

В современных экономических условиях в зерновом производстве повысился приоритетный статус сорта, способного даже при низких фонах минерального питания и минимальном количестве обработок почвы давать устойчивые урожаи зерна. В настоящее время средняя урожайность озимой пшеницы на Ставрополье составляет 3,87 т/га по сравнению с 2,34–2,46 т/га в 1995–2000 гг. Если в конце 90-х гг. XX века в районировании по почвенно-климатическим зонам Ставропольского края было 12 сортов из 38, внесенных в Государственный реестр по Северо-Кавказскому региону, то сегодня этот показатель составил 57 из 121. Более того, согласно заключительному агроотчету уборки озимой пшеницы в 2012 г. в Ставропольском крае возделывалось 132 сорта озимой пшеницы (Дубина и др., 2012), а по данным Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, в крае возделываются сорта, не прошедшие сортоиспытания, фитосанитарную оценку с учетом почвенно-климатических условий возделывания и не включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (Конхорн, Иридиум и др.)

3.1. *Поражаемость сортов озимой пшеницы корневой гнилью в зависимости от почвенно-климатических условий.* Развитие любого патологического процесса определяется, с одной стороны, биологическими особенностями и патогенностью возбудителя заболевания, с другой – степенью восприимчивости растения-хозяина, проявление которой в значительной мере обусловлено экологическими факторами. Исследования показали, что в условиях зоны неустойчивого увлажнения наименее поражаются корневой гнилью и септориозом и могут быть рекомендованы к возделыванию сорта Украинка одесская и Дея, в засушливой агроклиматической зоне – Дея и Батько, крайне засушливой – сорта Станичная и Степнячка (рис. 4). Следует отметить, что среднеустойчивые, согласно «Иммунологической характеристике устойчивых сортов озимой пшеницы, включенных в Госреестр и допущенных к использованию» (Ерохина, 1998; Сорта пшеницы и тритикале Краснодарского НИИСХ им. П. П. Лукьяненко, 2003–2008 гг.), сорта Батько и Старшина в условиях неустойчивого увлажнения проявляют себя как восприимчивые к септориозу. Аналогичные результаты были получены в крайне засушливых агроклиматических условиях у сорта Степнячка, который характеризуется авторами как устойчивый к заболеванию. В засушливой агроклиматической зоне результаты исследований согласуются с авторской иммунологической характеристикой сортов озимой пшеницы.

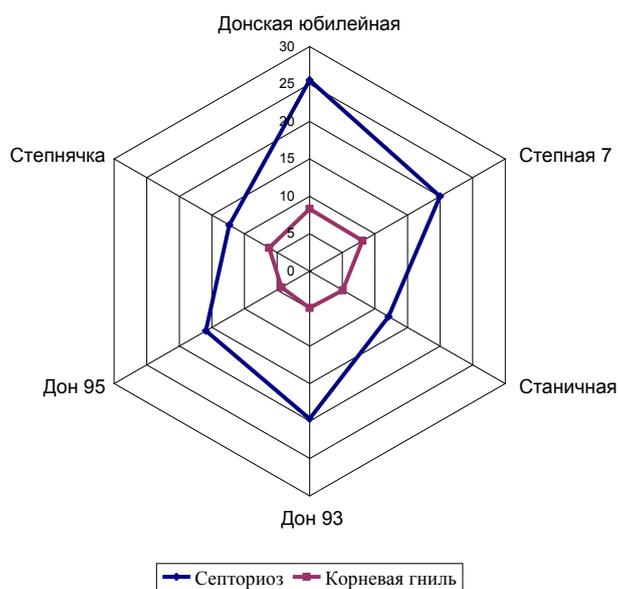
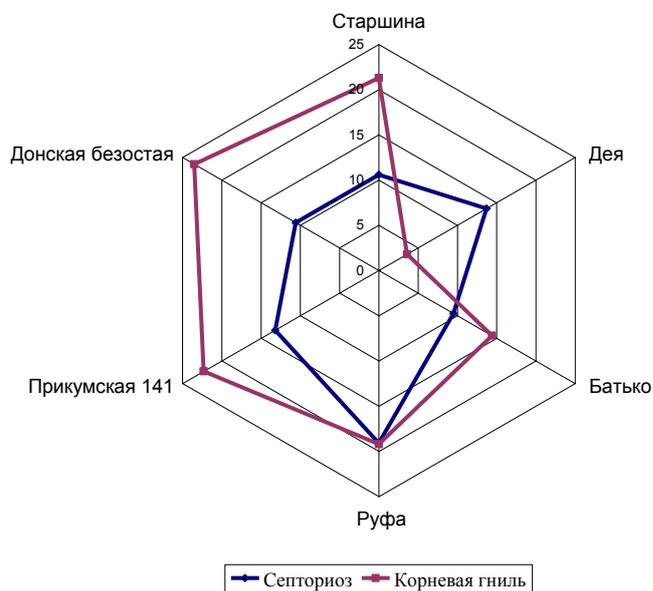
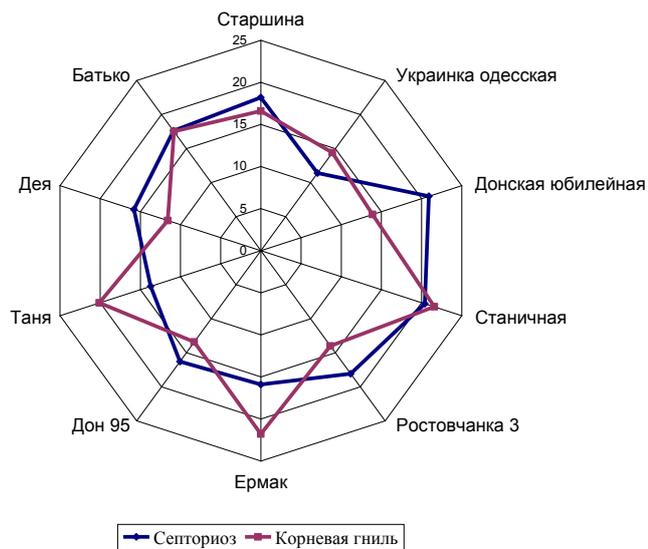


Рисунок 4 – Развитие корневой гнили и септориоза (%) в зависимости от сорта озимой пшеницы и агроклиматических условий

3.2. *Особенности взаимосвязи между поражаемостью озимой пшеницы корневой гнилью и септориозом и характеристикой сорта.* Г.В. Пыжикова (1984) отмечает, что на растениях озимой пшеницы, зараженных корневой гнилью, происходит более интенсивное развитие *Stagonospora nodorum*. В то же время отмирание пораженных септориозом листьев усиливает развитие корневой гнили и вызывает разрушение корневой системы (Голубинцева, Деревянкин, 1970). Коэффициенты корреляции указывают, что в засушливых агроклиматических условиях у сортов Дея и Батько наблюдается тесная зависимость между поражением растений озимой пшеницы корневой гнилью и септориозом (соответственно,  $r = 0,843$  и  $0,911$ ), то есть в агробиоценозе более низкорослых сортов наблюдается изменение микроклимата, создающее более благоприятные условия для развития септориоза. Кроме того, растения с короткой соломиной более доступны для инфекции, основной источник которой – растительные остатки в почве. Помимо морфологических особенностей, как фактора благоприятствования развитию септориозной инфекции, большое значение имеет засухоустойчивость сорта, в значительной мере определяющая устойчивость к корневой гнили. Сочетание короткостебельности (усиление инфекционного фона септориоза) с засухоустойчивостью на уровне стандарта (усиление стрессорного воздействия засухи и возрастание вредоносности корневой гнили) объясняет высокий коэффициент корреляции у сортов Дея и Батько.

Более высокий уровень засухоустойчивости на фоне короткостебельности (сорта Прикумская 141 и Старшина) обеспечивает ослабление степени связи между изучаемыми явлениями, что позволяет рассматривать проблему селекции на устойчивость к засухе сопряженно с проблемой повышения устойчивости к корневой гнили. Обратный характер взаимосвязи отмечается у сорта Донская безостая: среднеустойчивые к засухе растения в засушливых условиях испытывают дополнительное стрессовое воздействие из-за недостатка влаги и, соответственно, сильно поражаются корневой гнилью, однако агрофитоценоз среднерослых растений является более устойчивым к септориозной инфекции. Отсюда и отрицательное значение коэффициента корреляции  $r = -0,724$ .

В условиях крайне засушливой агроклиматической зоны у всех изучаемых сортов, кроме Степнячки, установлена тесная связь между поражаемостью корневой системы и надземных органов озимой пшеницы (коэффициент корреляции  $r = 0,818-0,989$ ), то есть при недостатке влаги усиливается положительная корреляционная связь между поражаемостью озимой пшеницы септориозом и корневой гнилью, которая в значительной степени определяется особенностями сорта.

Таким образом, согласно результатам оценки поражаемости сортов озимой пшеницы основными болезнями, с целью оптимального использования сортового разнообразия озимой пшеницы в конкретных агроклиматических условиях Ставропольского края и обеспечения максимальной реализации генетического потенциала сортов в зоне неустойчивого увлажнения следует возделывать сорта озимой пшеницы Украинка одесская и Дея, характеризующиеся лучшими фитосанитарными показателями по поражаемости корневой гнилью и септориозом; в засушливой агроклиматической зоне – Дея и Батько; в крайне засушливой – Станичная и Степнячка.

#### **4. Сортосмешанные посевы как метод управления популяциями вредных организмов**

4.1. *Поражаемость сортосмесей озимой пшеницы корневой гнилью на черноземе выщелоченном.* Важным приемом, снижающим развитие болезней в результате «продления жизни генов расоспецифической устойчивости» (Кривченко, 1989; Гусарь, 2007; Афанасенко, 2010), стало создание смесей сортов (табл. 7, 8).

Таблица 7 – Пораженность сортов озимой пшеницы разновидности эритроспермум и их смесей корневой гнилью (зона неустойчивого увлажнения, 2005–2006 гг.)

Вариант	Распространенность, %		Развитие, %	
	Р	Ф	Р	Ф
Степная 7	100,0		21,9	
Украинка одесская	97,7		8,6	
Ермак	91,7		18,7	
Стрижамент	100,0		22,6	
Станичная	100,0		23,2	
Старшина	100,0		18,6	
Донская юбилейная	99,0		16,8	
	Р	Ф	Р	Ф
Степная 7 + Украинка одесская + Ермак	96,5	100,0	16,4	9,8
Степная 7 + Станичная + Стрижамент	100,0	96,5	22,6	16,9
Старшина + Ермак + Ростовчанка 3	93,4	99,1	16,8	20,0
Старшина + Донская юбилейная + Ростовчанка 3	95,8	94,8	16,2	16,2
Старшина + Донская юбилейная + Степная 7	99,7	100,0	19,1	22,0
НСР <sub>05</sub>		1,8		3,7

Примечание: Р – математически рассчитанная средняя теоретическая; Ф – фактическое значение.

Таблица 8 – Пораженность сортов озимой пшеницы разновидности лютеценс и их смесей корневой гнилью (зона неустойчивого увлажнения, 2005–2006 гг.)

Вариант	Распространенность, %		Развитие, %	
	Р	Ф	Р	Ф
Краснодарская 99	97,0		20,3	
Дон 95	97,3		14,4	
Батько	100,0		17,9	
Победа 50	97,1		23,6	
Таня	98,0		16,7	
	Р	Ф	Р	Ф
Краснодарская 99 + Дон 95 + Батько	98,1	100,0	17,5	22,2
Краснодарская 99 + Дон 95 + Победа 50	97,1	94,3	19,4	18,7
Краснодарская 99 + Дон 95 + Таня	97,4	97,4	17,1	25,4
НСР <sub>05</sub>		1,8		3,7

Примечание: Р – математически рассчитанная средняя теоретическая; Ф – фактическое значение.

Исследованиями установлено, что наилучший эффект снижения развития корневой гнили наблюдается у сортосмеси Степная 7 + Украинка одесская + Ермак (биологическая эффективность 60 %). Развитие заболевания в данном варианте соответствует уровню поражаемости наиболее устойчивого ее компонента – Украинки одесской (9,8 % против математически рассчитанного среднего теоретического значения 16,4 %). Поражаемость сортосмеси Краснодарская 99 + Дон 95 + Батько в условиях опыта оказалась значительно выше, чем расчетная средняя, и развитие болезни превысило ЭПВ. Вероятно, причиной этого

стала конкурентоспособность сорта Батько по отношению к компонентам смеси. Аналогичная ситуация отмечена и в варианте Краснодарская 99 + Дон 95 + Таня.

Подобранные варианты сортосмесей значительно снизили степень развития септориоза (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние состава сортосмеси озимой пшеницы на пораженность растений септориозом (зона неустойчивого увлажнения, 2005–2006 гг.)

Сорт, состав сортосмеси	Распространенность, %		Развитие, %	
	Р	Ф	Р	Ф
Степная 7	50,0		11,8	
Украинка одесская	27,9		6,6	
Ермак	54,5		13,0	
Стрижамент	58,7		18,0	
Станичная	85,1		26,3	
Старшина	62,5		26,0	
Донская юбилейная	82,7		27,5	
Ростовчанка 3	81,8		19,4	
	Р	Ф	Р	Ф
Степная 7+Украинка одесская+Ермак	44,1	27,5	12,8	4,2
Степная 7+Станичная+Стрижамент	64,6	27,5	21,0	5,4
Старшина+Ермак+Ростовчанка 3	66,3	65,1	19,5	15,5
Старшина+Донская юбилейная +Ростовчанка 3	75,7	66,7	24,3	17,6
Старшина+Донская юбилейная+Степная 7	65,0	27,5	24,1	4,8
Краснодарская 99	29,2		5,9	
Дон 95	86,7		24,1	
Батько	42,5		13,9	
Победа 50	75,0		21,7	
Таня	92,1		27,5	
	Р	Ф	Р	Ф
Краснодарская 99+Дон 95+Батько	52,8	32,5	14,6	7,2
Краснодарская 99+Дон 95+Победа 50	63,6	72,5	17,2	16,2
Краснодарская 99+Дон 95+Таня	69,3	73,5	19,2	12,7
НСР <sub>05</sub>		16,9		4,4

Примечание: Р – математически рассчитанная средняя теоретическая; Ф – фактическое значение.

Так, у сортосмеси Степная 7 + Станичная + Стрижамент суммарное фактическое развитие болезни не превысило 5,4 %, что в 4,9 раза меньше по сравнению с сортом Станичная. Сочетание сортов также позволяет в 5 раз сократить пораженность посева септориозом в сравнении с чистосортными посевами Старшины и Донской юбилейной.

Высокоурожайный сорт Краснодарская 99 положительно влияет на фитосанитарное состояние его смесей с восприимчивыми к септориозу сортами Дон 95, Батько, Победа 50 и Таня. Развитие болезни у данных сортосмесей значительно уменьшается и не превышает экономического порога вредоносности.

4.2. Аллелопатическое взаимодействие растений озимой пшеницы при возделывании сортосмешанных посевов в связи с устойчивостью к фитопатогенам. При подборе смеси серьезного изучения заслуживает конкурентоспособность разных сортов. Относительная конкурентоспособность определяется трудоемким путем вычисления коэффициента корреляции между урожаем каждого компонента и его представленностью в смеси. Наличие линейной связи указывает на отсутствие конкуренции. Нелинейная связь свидетельствует о межсортной конкуренции (Alexander et al., 1986).

Лабораторными исследованиями установлены особенности аллелопатического взаимодействия компонентов сортосмесей Краснодарская 99 + Дон 95 + Батько и Краснодарская 99 + Дон 95 + Таня, которые обуславливают аллелопатическую напряженность в данных сортосмешанных агроценозах (табл. 10). В свою очередь, дополнительное стрессовое воздействие биотических факторов окружающей среды снижает сопротивляемость растений озимой пшеницы и приводит к более интенсивному развитию корневой гнили по сравнению с чистосортными посевами.

Таблица 10 – Взаимное аллелопатическое влияние компонентов сортосмеси Краснодарская 99 + Дон 95 + Таня

Экстракт из прорастающих семян сорта	Лабораторная всхожесть семян, %		
	Таня	Краснодарская 99	Дон 95
Контроль (дистиллированная вода)	92,3	93,0	91,0
Таня	х	36,7	48,7
Краснодарская 99	83,3	х	62,0
Дон 95	70,7	77,7	х
Краснодарская 99 + Таня	х	х	35,3
Краснодарская 99 + Дон 95	51,3	х	х
Дон 95 + Таня	х	77,0	х
НСР <sub>05</sub>	26,0	28,8	33,4

Оценка результатов исследования позволяет рассматривать и использовать аллелопатические взаимодействия растений как предварительный экспресс-метод оценки конкурентоспособности сортов, растущих в смешанных посевах, в период посев – всходы.

В агробиоценозе физиологически активные вещества в окружающую среду выделяют как культурные, так и сорные растения. Изучением аллелопатической активности вытяжек сорных растений установлено, что мятликовые сорняки плевел опьяняющий и овсюг обыкновенный не только выступают в качестве резерваторов возбудителей корневой гнили, но и оказывают фитотоксический эффект на растения озимой пшеницы.

Таким образом, результаты исследований позволяют рассматривать возделывание смешанных посевов как фактор повышения устойчивости агроценоза озимой пшеницы к фитопатогенам и ввести его в систему интегрированной защиты культуры в условиях Ставропольского края.

## 5. Вредоносность корневой гнили озимой пшеницы

Основные элементы, определяющие развитие патогенеза в растениях озимой пшеницы под влиянием биотических и абиотических факторов окружающей среды, в том числе и антропогенного характера, – это патогенность возбудителя и механизмы защиты растения-хозяина. Одним из факторов патогенности микроорганизмов служит образование токсинов.

5.1. *Влияние метаболитов гриба *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) van Ark. et Oliver на посевные качества семян озимой пшеницы.* Важную роль в патогенезе болезней растений играют метаболиты возбудителей болезней, некоторые из которых обладают фитотоксичным действием и снижают посевные качества семян, а также представляют опасность для здоровья человека и животных (Караджова, 1989; Сидоров, 2001; Михайлова и др., 2008; Ганнибал и др., 2010; Гагкаева и др., 2012).

В результате изучения реакции проростков семян озимой пшеницы на метаболиты возбудителя офиоболезной корневой гнили были рассчитаны коэффициенты корреляции между величинами представленных в таблице 11 показателей, возрастом и концентрацией нативного раствора, полученного после фильтрации культуральной жидкости. Полученная корреляционная матрица была исследована методами факторного анализа, в основе которого лежит представление о том, что большое число наблюдаемых признаков определяется ограниченным набором недоступных непосредственному измерению общих факторов (Иберла, 1980). Полученные результаты выявили как фитотоксическое, так и стимулирующее действие экзометаболитов патогена, при этом взаимосвязь между изучаемыми показателями на 71,2 % удалось объяснить действием трех факторов (табл. 11).

Таблица 11 – Факторная структура совокупности изучаемых признаков

Показатель	Факторные нагрузки на признаки		
	1-й фактор	2-й фактор	3-й фактор
Лабораторная всхожесть	0,0346	0,0000	0,3177
Количество зародышевых корешков	0,5342	0,5102	-0,1483
Длина зародышевого корешка	0,9706	-0,1276	-0,2329
Длина coleoptile	0,9597	-0,2551	0,0635
Масса корешков 100 проростков	0,8025	0,2551	0,1483
Масса ростков 100 проростков	0,9218	0,0000	0,1271
% информации	60,7	6,8	3,7
Накопленный % информации	60,7	67,5	71,2

Первый фактор, имеющий максимальную информационную нагрузку 60,7 %, отражает стимулирующие свойства культурального фильтрата. Его воздействие проявляется в увеличении силы начального роста семян. Связь лабораторной всхожести с первым фактором практически отсутствует. Второй и третий выявленные в результате анализа факторы связаны, в основном, с угнетением роста первичных корешков и coleoptile. На долю этих признаков приходится, соответственно, 20,0 и 34,6 % информации, содержащейся в данных факторах. Кроме того, отмечена некоторая положительная корреляция третьего фактора с лабораторной всхожестью семян. Таким образом, в результате исследований выявлена токсиногенность изолята возбудителя офиоболезной корневой гнили озимой пшеницы в условиях зоны неустойчивого увлажнения. По данным E. Schaffnitt (1932), токсины возбудителя неспецифичны, термостабильны и относятся к аминам.

Согласно Ю. Н. Фадееву и др. (1980), чувствительность проростков к токсинам патогенов – одна из существенных причин изменения устойчивости пшеницы к корневой гнили на ранних этапах онтогенеза.

5.2. Особенности лигнификации в корневой системе озимой пшеницы в связи с устойчивостью к корневой гнили. К важнейшим защитным биохимическим процессам, проявляющимся как при механическом повреждении растительных тканей, так и в ходе ответных реакций на внедрение патогенов, относится лигнификация (Тютерева, 2002; Kamal A. M. Abo-Elyousr et al., 2009). Исследованиями установлено, что у сортов озимой пшеницы Старшина, Украинка одесская, Дон 95, Таня, Дея, наименее поражаемых корневой гнилью (на уровне минимального значения ЭПВ = 10–15 %), в клетках корневой системы на каждый процент развития болезни образуется 29–54 мг/г сухой массы лигнина. У более поражаемых сортов (Станичная, Ростовчанка 3, Ермак) этот показатель не превышает 27 мг/г, что, по-видимому, недостаточно для эффективной локализации патогенного мицелия.

5.3. Вредоносность гибеллинозной гнили стеблей озимой пшеницы. Гриб *Gibellina cerealis* Pass. в ризосфере злаковых растений встречается достаточно широко, не вызывая при этом экономических проблем. Однако ошибки хозяйствования (чрезмерное насыщение севооборотов зерновыми – до 70 %, оставление стерни со спороношением гриба на поверхности почвы) привели к повышению инфекционного запаса гриба до хозяйственно ощутимого уровня.

Исследования показали, что в 2011 г. в засушливой агроклиматической зоне наиболее поражаемым гибеллинозной гнилью стеблей оказался сорт Петровчанка. Другие сорта озимой пшеницы успешно противостояли распространению возбудителя *G. cerealis* от больных растений к здоровым, что привело к снижению распространенности заболевания к концу вегетационного периода. Исключение составил сорт Юбилейная 100. Следует отметить, что у сортов Батько и Память увеличилась интенсивность проявления заболевания: если в начале вегетации на больных растениях диагностировалось одно характерное пятно, в фазе молочно-восковой спелости – 3 и более пятен. В 2012 г. с момента уборки урожая 2011 г. по апрель 2012 г. на фоне более низких по сравнению со среднемноголетними температур наблюдался сильный дефицит влаги, максимальные значения которого отмечены в августе (79 %), декабре (61 %), марте (46 %) и апреле (73 %). Это неблагоприятно повлияло на сохранность инфекции в почве на растительных остатках и на условия заражения посевов весной, поэтому проявление заболевания в условиях засушливой агроклиматической зоны носило единичный характер. Установлено, что в течение 2011–2012 гг. в конце фазы кущения и начале фазы трубкования из изучаемой коллекции наиболее сильно поражались гибеллинозом сорта Петровчанка и Краснодарская 99.

Анализ вредоносности гибеллинозной стеблевой гнили показывает, что у сорта Москвич наблюдается активная реакция в ответ на слабое развитие болезни (1 пятно на стебле): в результате увеличиваются количество зерновок в колосе (на 11,4 шт., или 29,8 %) и масса зерна с колоса (на 550 мг, или 33,3 %). У растений сортов Юбилейная 100 и Ростовчанка в ответ даже на слабое поражение ухудшаются показатели структуры урожая. Так, масса зерна с колоса уменьшается на 11,7 и 43,9 % соответственно.

На растениях озимой пшеницы сортов Память, Батько и Петровчанка отмечалось более интенсивное развитие болезни (2, 3 и более пятен), что привело к нарушению процессов налива формирующегося зерна, ухудшению его выполненности и, как следствие, уменьшению массы зерна с колоса. Более того, растения сортов Память и Петровчанка при более сильном поражении формируют меньшее количество зерен в колосе.

5.4. Оценка вредоносности корневой гнили на различных сортах озимой пшеницы. Анализ структуры урожая здоровых и больных растений изучаемых сортов показал, что возможные потери зерна при заболеваемости корневой гнилью на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения у сортов Дея, Батько и Донская юбилейная составляют 5,9, 13,5 и 15,3 %; на черноземе южном в засушливой зоне у сортов Дея, Батько и Донская безостая они равны, соответственно, 8,0, 1,6 и 4,3 %. В крайне засушливой

агроклиматической зоне при поражении в 0,1 балла у сорта Степнячка возможные потери зерна отсутствуют в силу активной реакции растений на внедрение паразитов; наибольшие потери зерна возможны у сортов Донская юбилейная и Степная 7 (5,0 и 6,7 % соответственно); наименьшие – у сортов Дон 95 и Станичная (0,6–1,6 %).

Таким образом, при существующем уровне культуры земледелия в условиях повышенного инфекционного фона, вызванного высокой плотностью популяций фитопатогенных грибов – возбудителей корневой гнили, предпочтение следует отдавать сортам озимой пшеницы, характеризующимся активной реакцией на внедрение фитопатогенов, сопровождающейся сохранением показателей структуры урожая (масса зерна с колоса, масса 1000 зерен). В зоне неустойчивого увлажнения – Дея; в засушливой агроклиматической зоне – Батько; в крайне засушливой – Степнячка, Дон 95, Станичная; в случае выявления гнибелиозной гнили – Москвич.

Результаты исследований показали, что в аридной зоне Ставропольского края на светло-каштановой почве наиболее качественное зерно формирует озимая пшеница сорта Степная 7 (массовая доля клейковины 27,8 % при первой группе качества), включенная в Госреестр и рекомендованная к возделыванию на солонцеватых почвах.

Расчет коэффициентов детерминации показывает, что в условиях крайне засушливой зоны 55,5 % изменчивости качества формирующегося зерна приходится на степень развития корневой гнили и 32,1 % – на интенсивность септориоза.

Высокий уровень вредоносности корневой гнили озимой пшеницы, выявленный во всех агроклиматических зонах Ставропольского края, обуславливает необходимость использования, наряду с проведением профилактических организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий, полифункциональных биопрепаратов, индукторов болезнеустойчивости и экологически малоопасных химических средств защиты растений. Экологически обоснованное включение комплекса средств защиты растений в систему защитных мероприятий возможно только на основе анализа их биологической эффективности в условиях Ставрополья.

## **6. Биологическая эффективность средств защиты растений различной природы в отношении комплекса фитопатогенов озимой пшеницы**

С. С. Санин (2003) отметил практическую значимость обоснования выбора средств защиты растений для разных фитосанитарных ситуаций (региона с определенным составом возбудителей, агроландшафта, конкретного поля с теми или иными агроэкологическими условиями).

6.1. *Эффективность препаратов иммунизирующего действия в повышении устойчивости озимой пшеницы к комплексу фитопатогенов.* В последнее время в практику защиты растений внедряются приемы и методы, способствующие формированию индуцированного иммунитета, использующего, по определению Дж. Куч (1984), «природные защитные механизмы растения».

Бендикар, бензо(1, 2, 3)тиадиазол-7-тиокарбоновая кислота S-метилэстер, при попадании на растение активизирует природные защитные механизмы, значительно повышая его устойчивость к ряду патогенов, особенно к мучнистой росе (Beber et al., 2000; Sauerborn et al., 2002). Этот биологический феномен называется Системная Активированная Резистентность (САР). Oostendorp et al. (2001) отмечают, что в качестве индукторов САР, наряду с бендикаром, известны салициловая кислота, 2,6-дихлороизоникотиновая кислота, соли калия и другие.

Обработка растений бендикаром (500 г/кг), функциональным аналогом природного активатора резистентности – салициловой кислоты, при норме расхода препарата 60 г/га на ранних стадиях развития озимой пшеницы (25–30 по Цадоксу) оказала положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов: к концу вегетации развитие мучнистой росы при возделывании по занятому пару составило 6,5 %, что в 1,9 раза меньше, чем в контроле. На пшенице, возделываемой в монокультуре, болезнь проявилась раньше и быстрее достигла существенного развития. Однако и в этих условиях бендикар снизил развитие болезни в 1,4 раза.

Обработка растений бендикаром обеспечивает достаточно эффективную защиту посевов от бурой ржавчины до фазы колошения, снижая развитие болезни в 1,7–1,9 раза. К концу вегетации наблюдалось резкое нарастание развития болезни во всех вариантах опыта. Защитное действие активатора ослаблялось (разница в пораженности растений в варианте с обработкой бендикаром и контроле составила 1,2–1,3 раза).

Изучение развития септориоза на опытных делянках показало неуклонное нарастание болезни в течение вегетации. К моменту созревания развитие заболевания в контроле достигло 31,2 %. В вариантах с бендикаром прогрессирование болезни сдерживалось лишь до стадии 47 – 21,0–32,0 % эффективности. Дополнительная обработка фунгицидом (125 г/л пропиконазола + 300 г/л фенпропиморфа) при норме расхода препарата 1,0 л/га в фазу колошения снизила развитие болезни по сравнению с контролем в 2,5 раза. Таким образом, результаты исследований показали, что активаторы растений следует применять как отдельно, так и в сочетании с фунгицидами. В последнем случае расширяется спектр и увеличивается продолжительность действия защитных мероприятий.

Иммунизация растений создает благоприятные условия для формирования урожая. Анализ его структуры показывает, что количество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> увеличилось по сравнению с контролем на 2,5–11,9 %. Увеличилась также масса зерен в колосе. Прибавка урожая при обработке растений бендикаром составила 0,39–0,42 т/га.

Одним из наиболее эффективных индукторов иммунитета является хитозан (поли-(1-4)-2-амино-2 дезокси-β-D-глюкозан) – частично дезацетилированное производное хитина. Исследования показали, что сукцинат хитозаний глютаминия (979 г/кг), как индуктор хитиновой природы, при обработке семян (80,0 г/т) обеспечивает эффективную, а главное стабильную на протяжении всего периода вегетации защиту озимой пшеницы от корневой гнили, снижая в фазу колошения распространенность и развитие болезни в 1,7 раза.

Улучшение фитосанитарного состояния посевов сказалось на их продуктивности: прибавка урожая достигла 0,84 т/га зерна. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы баковой смесью сукцинат хитозаний глютаминия (80,0 г/т) и протравителя на основе дифеноконазола (1,5 л/т) позволила получить дополнительно с 1 га до 0,39 т зерна.

Исследования показали, что обработка вегетирующих растений в конце фазы кущения и начала трубкования 0,1 %-ным раствором сукцинат хитозаний глютаминия достаточно эффективно защищает озимую пшеницу от септориоза, вплоть до периода образования флагового листа, снижая развитие болезни в 1,5 раза. Развитие септориоза колоса составило в среднем за 2 года 1,9 % при распространенности 18,6 %, что соответственно в 1,4 и 1,5 раза меньше, чем на контрольных делянках. В условиях жаркой и сухой погоды второй половины июня – июля 2000 г. заболевание находилось в депрессии. В целом обработка озимой пшеницы препаратом хитиновой природы способствовала оздоровлению посевов, позволила получить существенную прибавку урожая – 0,42 т/га зерна.

6.2. Оценка биологической эффективности протравителей семян зерновых культур на основе дифеноконазола. В. И. Абеленцев (2011) отмечает, что протравливание на 60–100 % снижает проявление семенной и на 30–80 % – первичной аэрогенной и содержащейся в почве и пожнивных остатках инфекции. Проведенные с учетом наличия на территории Ставропольского края природного очага карликовой головни исследования показали, что препарат на основе дифеноконазола (30 г/л) – единственного зарегистрированного эффективного против *Tilletia controversa* Kuehn. действующего вещества – также защищает растения озимой пшеницы от корневой гнили, сдерживая к моменту колошения культуры распространенность и развитие заболевания по сравнению с контролем в 1,5 и 1,4 раза соответственно. К концу вегетации наблюдалось неуклонное нарастание пораженности растений. Однако дифеноконазол обеспечивал стабильную защиту растений на протяжении всего вегетационного периода: к периоду молочно-восковой спелости зерна развитие болезни в варианте с дифеноконазолом составило 19,1 %, что в 1,5 раза меньше, чем в контроле, и в 1,3 раза меньше, чем при протравливании семян препаратом на основе карбоксина (50 г/кг) и тирама (30 г/кг) из расчета 3,0 кг/т (стандарт).

Исследования показали, что при искусственном заспорении семян (2000 спор на 1 зерно) препараты на основе дифеноконазола надежно защищают культуру от карликовой головни. При распространенности заболевания в контроле 58,3 %, в опытных вариантах больные растения отсутствовали.

Анализ структуры урожая показал, что при обработке семян дифеноконазолом по сравнению с контролем в 1,3 раза увеличилось количество и масса зерен в колосе; наблюдалось также улучшение их выполненности. Это позволило получить существенную прибавку урожая – 0,57 т/га зерна, превысившую показатель стандарта в 1,3 раза.

6.3. *Малоопасные химические средства защиты растений.* Оптимальные современные протравители нетриазольного ряда, сочетающие высокую биологическую активность и низкую токсичность – это фенилпирролы, представляющие собой аналог естественного антимикотического вещества пирронитрина, выделенного из бактерии *Pseudomonas pyrocina*. Согласно терминологии М. С. Соколова (1994), они, как продукты тонкого органического синтеза, относятся к группе биорациональных химических средств защиты растений, то есть к средствам экологизированной защиты.

Проведенные нами исследования показали, что при обработке семян препаратом из группы фенилпирролов (25,0 г/л флудиоксонил + 10,0 г/л эпоксиконазол) с нормой расхода 1,5 л/т развитие корневой гнили в фазы колошения и цветения в среднем за 3 года не превысило 26,8 %, что в 1,3 раза меньше по сравнению с контролем. Разница с химическим стандартом (препаратом на основе дифеноконазола, 30 г/л) составила 5,0–6,5 %.

Обработка семян обеспечила также снижение развития септориоза листьев озимой пшеницы до уровня 10,2 % по сравнению с 16,0 % на контрольных делянках. Развитие септориоза колоса снизилось в 1,6 раза и не превысило 3,0 %. Таким образом, биологическая эффективность достигла в фазы колошения и цветения 30–36,3 % по сравнению с 46,3 % при обработке семян протравителем на основе дифеноконазола. Максимальную биологическую эффективность препарат проявил в отношении мучнистой росы озимой пшеницы.

Показано, что обработка семян препаратом на основе 25,0 г/л флудиоксонил и 10,0 г/л эпоксиконазола, независимо от нормы расхода (1,5 л/т, 2,0 л/т), позволила получить по сравнению с контролем более густой (в среднем за 3 года на 9,0 %) колосоносный стеблестой и увеличить массу зерен с одного растения до 1,2 г, что, в свою очередь, привело к значительному (0,41–0,5 т/га) приросту урожайности.

Сравнительная оценка экологической опасности фунгицидов, проведенная методом расчета токсической нагрузки по Ю. Н. Фадееву (1988), показала (табл. 12), что оба препарата, согласно шкале Л. Д. Гришечкиной, В. И. Долженко (2012), относятся к первому классу опасности – малоопасные соединения (токсическая нагрузка до 100 полулетальных доз на га), однако применение фенилпирролов оказывает на окружающую среду токсическое воздействие, меньшее по сравнению с дифеноконазолом в 3,5 раза.

Таблица 12 – Сравнительная оценка экологической опасности химических средств защиты растений

Норма расхода препарата	Действующее вещество и его содержание, г/кг	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	Токсическая нагрузка (число полулетальных доз на 1 га)	Класс опасности
2,0 л/т	Дифеноконазол (30)	1453	8,3	I
1,5 л/т	Флудиоксонил (25) + эпоксиконазол (10)	5000 3160	2,4 (1,5+0,9)	I
2,0 л/т	Флудиоксонил (25) + эпоксиконазол (10)	5000 3160	3,3 (2+1,3)	I
1,5 л/т	Флудиоксонил (18,7) + ципроконазол (6,25)	5000 350	6,4 (1,1+5,3)	I

6.4. *Биопрепараты на основе антагонистов возбудителей болезней растений в защите озимой пшеницы.* В настоящее время существует достаточный ассортимент биологических препаратов («Государственный каталог...») из 19 наименований на основе 10 штаммов-продуцентов. По данным Д. Н. Говорова и др. (2012), в филиалах ФГБУ «Россельхозцентр» в 2011 г. производство биопрепаратов (Планриз, Псевдобактерин, Алирин-Б, Гамаир, Глиокладин и др.) составило 576,6 т, причем основным производителем биопрепаратов стал Ставропольский край (270,7 т).

Микробы-антагонисты возбудителей болезней растений в подавляющем большинстве – это свободно живущие виды, принадлежащие к разнообразным систематическим и эколого-физиологическим группам и широко представленные во всех экологических нишах: почве, ризо- и филлосфере растений. При условии высокой плотности популяций микробы-антагонисты обеспечивают устойчивость экологических связей в микробиоте растения и способны эффективно защищать его от заражения возбудителями болезней разной этиологии. И. И. Новикова (2005) отмечает, что в наибольшей степени отвечают требованиям, предъявляемым к штаммам-продуцентам биопрепаратов для интродукции в агробиоценоз с целью снижения плотности популяций фитопатогенов в течение длительного времени, такие пластичные в экологическом отношении виды, как бациллы и актиномицеты. При этом наиболее успешные конкуренты фитопатогенных видов – микроорганизмы, способные к синтезу широкого спектра вторичных метаболитов, обладающих вследствие этого не только прямым антагонистическим действием на возбудителей болезней за счет комплекса антибиотиков и гидролитических ферментов, но и опосредованно защищающих растение за счет фиторегуляторной активности штаммов-продуцентов или повышающих его болезнеустойчивость. Именно такие виды и штаммы микроорганизмов легли в основу создания полифункциональных биопрепаратов (Алирин-Б, Гамаир, Алирин-С и др.).

В результате проведенных нами исследований установлено, что обработка семян Алирином-Б и Алирином-С, Бактофитом, Псевдобактерином-2 не только не снижает потенциал их всхожести и не оказывает ретардантного действия на проростки озимой пшеницы, но и несколько стимулирует их развитие, в том числе и по сравнению с химическим стандартом: препарат на основе дифеноконазола (30 г/л) при норме расхода по действующему веществу 60 г/т. Масса 100 проростков после обработки семян биопрепаратами увеличивалась в сравнении с контролем и дифеноконазолом на 22,9–29,2 % и 5,4–10,7 % соответственно. Таким образом, существенное ускорение развития корневой системы озимой пшеницы после предпосевной обработки биопрепаратами позволяет в полной мере использовать запас почвенной влаги и снизить влияние аридности на рост и развитие растений в процессе вегетации.

Предпосевная обработка семян средствами защиты растений различной природы позволяет в 1,8–5 раз снизить по сравнению с контролем их зараженность патогенной микрофлорой рода *Fusarium* (преимущественно *F. oxysporum*, *F. avenaceum* *F. sporotrichioides*). Лидирующие позиции при этом принадлежат биопрепаратам Бактофит и Псевдобактерин-2.

Биологическая эффективность защиты от корневой гнили озимой пшеницы путем предпосевной обработки препаратом на основе дифеноконазола составила 45,7 %, а биологическими препаратами – от 20,5 до 32,4 %, при этом лучшие результаты показала смесь Алирин-Б (1,0 л/т) + Алирин-С (1,0 л/т).

Применение Алирина (Алирин-Б 1,0 л/т + Алирин-С 1,0 л/т) и Бактофита (2,0 л/т) обеспечивает наибольшее увеличение урожая (0,54–0,73 т/га, или 12,4–16,8 %). В то же время применение системных фунгицидов (протравитель на основе дифеноконазола при содержании действующего вещества 30 г/л и норме расхода препарата 2,0 л/т) обеспечило прирост урожайности 13,3 %.

Установлено, что биологическая эффективность биопрепаратов в отношении корневой гнили озимой пшеницы после их применения в конце фазы кущения – начале фазы

тубкования в 1,5 раза выше по сравнению с химическими средствами защиты растений: пропиконазол 250 г/л + ципроконазол 80 г/л при норме расхода препарата 0,5 л/га и карбендазим 500 г/л при норме расхода препарата 0,5 л/га.

6.5. Биологическая эффективность фунгицидов в отношении листовых болезней озимой пшеницы. С. С. Санин и др. (2011) отмечают, что на долю опрыскивания вегетирующих растений приходится 77,4 % сохраненного урожая озимой пшеницы, причем максимальный эффект от опрыскиваний – 32,1 % – получен при их проведении в начале фазы колошения (фаза 49), 27,9 % сохраненного урожая обеспечивала защита от инфекций колоса, 17,6 % – от болезней зимней гибели. В Ставропольском крае общий объем фунгицидных обработок на озимых колосовых в 2006 г. составил 868 тыс. га, или 54 % от общей посевной площади, в 2007 г. – 1031 тыс. га (59 %), в 2008 г. он вырос до 1875 тыс. га, или 98 % от общей посевной площади. В 2011 г. посеы озимых зерновых были обработаны на площади в 1666,2 тыс. га, что составляет 90 % посевных площадей.

Показатели биологической эффективности изученных нами фунгицидов по показателю «развитие болезни» в отношении септориоза и пиренофороза в среднем за 2011–2012 гг. представлены на рисунках 5, 6.

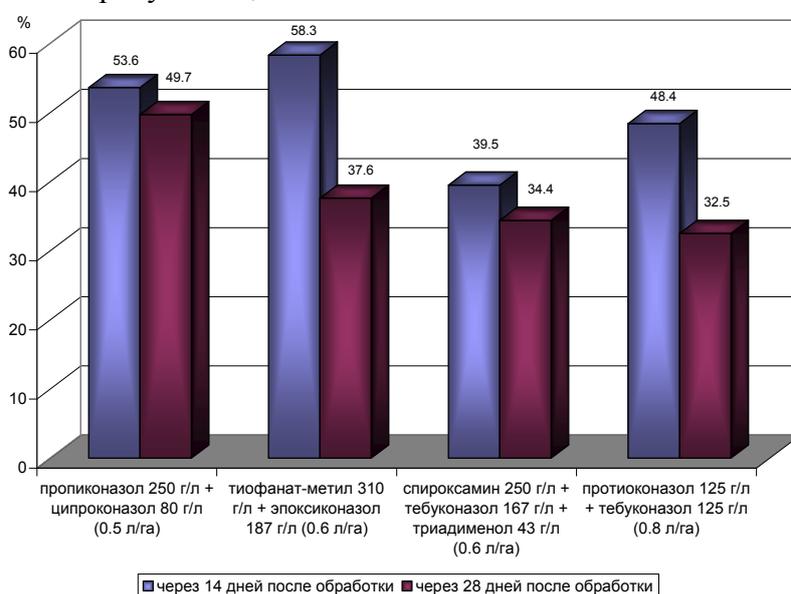


Рисунок 5 – Биологическая эффективность фунгицидов (по показателю «развитие болезни») в отношении септориоза пшеницы (2011–2012 гг.)

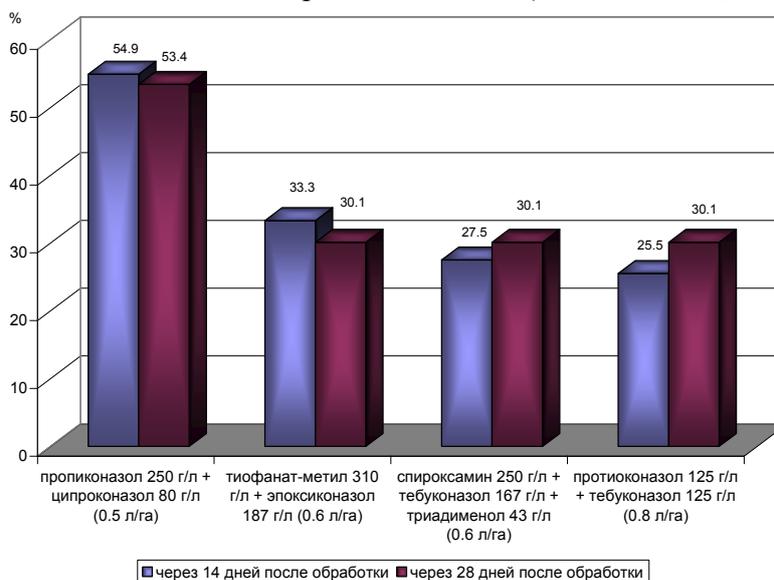


Рисунок 6 – Биологическая эффективность фунгицидов (по показателю «развитие болезни») в отношении пиренофороза пшеницы (2011–2012 гг.)

Снижение пораженности озимой пшеницы заболеваниями привело к увеличению массы зерна в колосе: при показателе 1,53 г в контроле фунгициды в составе тиофанат-метил 310 г/л + эпоксиконазол 157 г/л при норме расхода препарата 0,6 л/га и протиоконазол 125 г/л + тебуконазол 125 г/л при норме расхода 0,8 л/га достоверно увеличивают массу зерна с колоса на 170–250 мг, а также его выполненность.

Сравнительная оценка экологической опасности фунгицидов показала, что препараты различаются по токсической нагрузке на 1 га: Рекс Дуо, КС и Прозаро, КЭ относятся к первому классу опасности – малоопасные соединения (токсическая нагрузка до 100 полулетальных доз на 1 га); Альто Супер, КЭ и Фалькон, КЭ – ко второму классу опасности – среднеопасные соединения (токсическая нагрузка от 100 до 1000 полулетальных доз на 1 га), что позволяет внести коррективы в ассортимент применяемых фунгицидов по принципу экологической целесообразности.

## **7. Экономическая эффективность методов защиты озимой пшеницы от болезней**

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ставропольскому краю (<http://stavstat.gks.ru>), в течение последних пяти лет уровень рентабельности производства озимой пшеницы в Ставропольском крае не превышает 40 %. Показательно, что в 1990 г. уровень рентабельности производства зерновых в Ставропольском крае составлял 292 %, а в 1995 г. – 120,8 %.

Значительное влияние на экономическую эффективность производства озимой пшеницы оказывает подбор сортов с различным уровнем болезнеустойчивости, потенциальной и фактической урожайности. Например, в условиях засушливой зоны Ставропольского края возделывание менее поражаемых корневой гнилью и, соответственно, более урожайных сортов Дея и Батько позволяет в 1,6–1,8 раза увеличить уровень рентабельности производства культуры и получить дополнительно с каждого гектара 10269,0–13445,8 рублей чистого дохода. Более того, сравнительный анализ уровня рентабельности возделывания изучаемых сортов показывает, что в условиях хозяйства экономически более выгодно возделывать сорта с урожайностью не менее 5,6 т/га (Дея, Донская безостая), так как уже при 5,5 т/га (Батько) уровень рентабельности снижается на 6,2 %, а при 3,89 т/га – в 1,6 раза.

Применение биопрепаратов Алирин-Б и Бактофит для предпосевной обработки семян в сочетании с ранневесенним опрыскиванием биопрепаратами против корневой гнили и последующей обработкой растений малоопасными химическими фунгицидами против комплекса листостеблевых болезней обеспечивает, при соблюдении требований технологии возделываемой культуры, в том числе при условии полного обеспечения минерального питания и защиты растений от сорняков и вредных членистоногих, увеличение уровня рентабельности до 108–110 % (табл. 13).

## **8. Принципы совершенствования системы защиты озимой пшеницы от болезней применительно к агроклиматическим условиям возделывания**

Рекомендуемая в настоящее время Филиалом Россельхозцентра по Ставропольскому краю «Система защиты зерновых колосовых культур» (Стамо и др., 2013) ориентирована, преимущественно, на широкое использование химического метода защиты растений и характеризуется отсутствием полного комплекса необходимых организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий для защиты озимой пшеницы от болезней. Отсутствуют рекомендации по возделыванию устойчивых сортов, методам предпосевной подготовки семян. Существенный недостаток рекомендованной системы защиты – отсутствие дифференциации предлагаемых защитных мероприятий для различных агроклиматических условий Ставропольского края.

Таблица 13 – Экономическая эффективность систем интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней (2012 г.)

Показатель	Варианты опыта			
	Зона неустойчивого увлажнения (предшественник – озимая пшеница)		Засушливая зона (предшественник – пар)	
	Дивиденд Стар (1,0 л/т); Альто Супер (0,5 л/га)	Алирин-Б (2,0 л/т), Алирин-Б (2,0 л/га), Прозаро (0,8 л/га)	Дивиденд Стар (1,0 л/т), Альто Супер (0,5 л/га)	Бактофит (2,0 л/т), Псевдобактерин-2 (1,0 л/га), Рекс С (0,6 л/га)
Урожайность с 1 га, т	3,45	4,13	3,33	3,82
на сумму, руб.	31050,0	37170,0	29970,0	34380,0
Прибавка урожая с 1 га, т	х	0,68	х	0,49
на сумму, руб.	х	6120,0	х	4410,0
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	9,2	10,0	9,4	9,5
в т.ч. дополнительные		0,8	х	0,1
Производственные затраты на 1 га, руб.	16249,3	17697,9	16326,4	16496,7
в т.ч. дополнительные	х	1448,61	х	247,37
Себестоимость 1 т продукции, руб.	4709,9	4285,2	4902,8	4318,5
Прибыль на 1 га, руб.	14800,7	19472,1	13643,6	17883,3
Уровень рентабельности, %	91,1	110,0	83,6	108,4

Таким образом, концептуальная схема совершенствования системы защиты озимой пшеницы от комплекса возбудителей болезней должна базироваться на следующих методологических принципах:

- объективный контроль болезней озимой пшеницы при интеграции всех методов фитосанитарного мониторинга в единую систему;
- составление структуры сортовых посевов на основании данных по поражаемости сортов болезнями в конкретных агроклиматических условиях и возделывание сортосмесей;
- создание оптимальных условий для роста, развития и высокой продуктивности культуры.

Важнейший фактор, определяющий жизнеспособность и адаптациогенез всех компонентов агробиоценоза, основа экологизированной системы интегрированной защиты растений – устойчивые к болезням сорта озимой пшеницы. Согласно результатам оценки поражаемости сортов озимой пшеницы болезнями в конкретных агроклиматических условиях Ставропольского края, в зоне неустойчивого увлажнения лучшие фитосанитарные показатели, как наименее поражаемые корневой гнилью и септориозом, имеют сорта озимой пшеницы Украинка одесская и Дея; в засушливой агроклиматической зоне – Дея и Батько; в крайне засушливой – Станичная и Степнячка.

Существующая опасность формирования у фитопатогенных видов резистентных физиологических рас вызывает необходимость постоянного поиска новых приемов и средств воздействия на их популяции. Особую роль при этом играют такие приемы, как повышение сопротивляемости культуры и ее иммунного статуса путем применения индукторов иммунитета, полифункциональных микробиологических и малоопасных химических средств защиты растений. В засушливых агроклиматических условиях боковые побеги, как правило, отличаются очень низкой продуктивностью или совсем не формируют зерна. Таким образом, при выборе биопрепарата необходимо отдать предпочтение Бактофиту, который оказывает влияние на формирование колоса и процессы налива зерна. В зоне неустойчивого увлажнения предпочтителен биопрепарат Алирин-Б, который, наряду с наливанием зерна, способствует лучшему кущению культуры.

## Зона неустойчивого увлажнения

В зоне неустойчивого увлажнения (рис. 7) экологически малоопасная система интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней строится на возделывании наименее поражаемых сортов и сортосмесей при строгом соблюдении фитосанитарной технологии возделывания культуры, а также интегрированном применении полифункциональных биопрепаратов, индукторов болезнеустойчивости и малоопасных химических средств защиты растений (Алирин-Б, Ж (2,0 л/т) для предпосевной обработки семян, Алирин-Б, Ж (2,0 л/га) для ранневесеннего опрыскивания против корневой гнили и Прозаро, КЭ (0,8 л/га) для эффективной защиты ассимиляционного аппарата от комплекса листостеблевых болезней, начиная с периода появления флагового листа).

## Аридные зоны

В засушливых агроэкологических условиях (рис. 8), где применение и эффективность биопрепаратов лимитируется недостатком влаги, основу системы защиты растений должны составлять агротехнический и иммунологический методы повышения устойчивости агроценоза озимой пшеницы при обязательной предпосевной обработке семян фунгицидами, в том числе малоопасными химическими средствами защиты растений. В засушливых агроклиматических условиях, где пшеница, в основном, выращивается в звене севооборота «пар – озимая пшеница – озимая пшеница», применение препарата Рекс Дуо экономически более выгодно.

Результаты исследований биологической эффективности позволяют сделать вывод о фитосанитарной и экологической целесообразности применения для предпосевной обработки семян индуктора иммунитета Нарцисс, П (1,0 кг/т), а также малоопасного химического средства защиты растений Максим, КС (1,5 л/т).

В случае выявления головневых заболеваний с учетом наличия на территории природного очага карликовой головни для обработки семян рекомендуются препараты на основе дифеноконазола (Дивиденд Экстрим, КС, 0,75 л/т). С целью уменьшения ретардантного действия дифеноконазола на проростки озимой пшеницы целесообразно применение баковой смеси фунгицида и сукцинат хитозаний глютаминия.

## ВЫВОДЫ

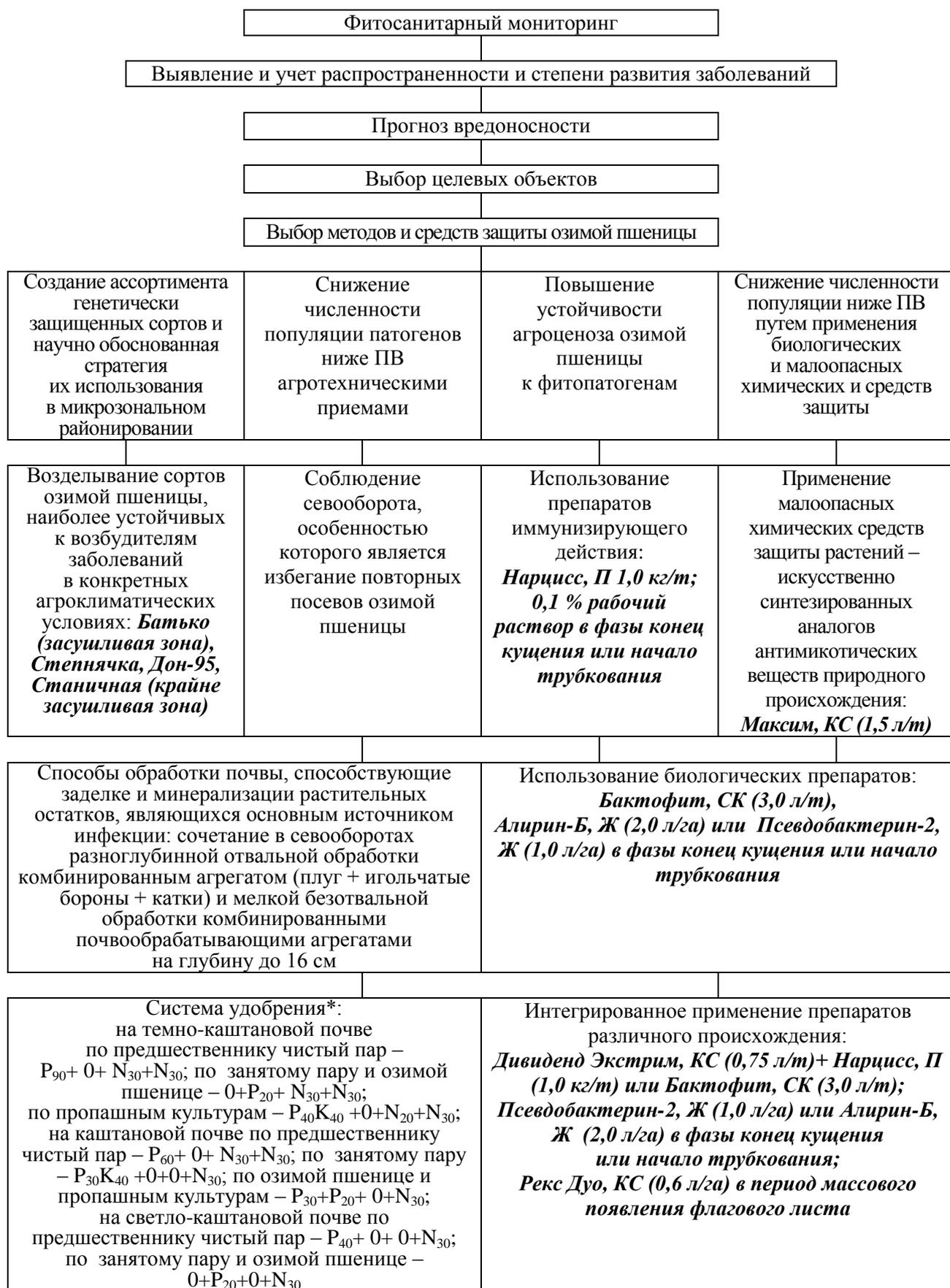
1. Усложнение фитосанитарной обстановки агроценозов озимой пшеницы и существенное расширение состава доминантных вредоносных фитопатогенных видов в условиях Ставропольского края обусловлены изменением систем земледелия, характеризующимся увеличением доли зерновых культур в структуре посевов до 73,9 %, возделыванием более 50 % полей по ресурсосберегающим технологиям, почвозащитный эффект которых сопровождается постоянным увеличением плотности популяций почвообитающих фитопатогенных микромицетов и накоплением резервирующих инфекционное начало семян сорных растений, сокращением объема применения минеральных и органических удобрений в 7–13 раз.

2. В агроклиматической зоне неустойчивого увлажнения состав комплекса возбудителей корневой гнили претерпел значительные изменения: если в 1988–1990 гг. преобладали представители рр. *Cercospora* и *Gaeumannomyces*, то в настоящее время в комплексе возбудителей корневой гнили доминируют грибы рода *Fusarium*. В засушливых агроклиматических зонах комплекс фитопатогенных микромицетов представлен фузариозно-гельминтоспориозной инфекцией.



\* Основное + припосевное + ранневесенняя подкормка + поздняя подкормка, кг/га д. в.

Рисунок 7 – Система экологически малоопасной интегрированной защиты озимой пшеницы от фитопатогенов (зона неустойчивого увлажнения Ставропольского края)



\* Основное + припосевное + ранневесенняя подкормка + поздняя подкормка, кг/га д. в.

Рисунок 8 – Система экологически малоопасной интегрированной защиты озимой пшеницы от фитопатогенов (крайне засушливая и засушливая агроклиматические зоны Ставропольского края)

3. Длительные периоды засухи вызвали существенные изменения в видовом комплексе рода *Fusarium*. Частота встречаемости *F. graminearum* и *F. culmorum* снизилась, а в состав доминирующих видов вошли представители секции *Sporotrichiella*, способные развиваться в засушливых условиях.

4. В условиях Ставропольского края увеличивается число вредоносных видов. Так, с 2009 г. началось массовое распространение и усилилась вредоносность белосоломенной гнили озимой пшеницы (*Gibellina cerealis* Pass.), распространенность заболевания в крайне засушливой и засушливой агроклиматических зонах достигла 17,2 %, в зоне неустойчивого увлажнения она не превышает 0,1–2,5 %. Отмечается распространение желтой пятнистости озимой пшеницы или пиренофороза (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs.), а также карликовой головни (*Tilletia controversa* Kuehn).

5. Основные источники инфекции корневой гнили озимой пшеницы – зараженные семена, растительные остатки и сорные растения семейства *Poaceae*. В состав семенной инфекции входит комплекс полупаразитных грибов – возбудителей корневой гнили и плесневения семян. Наиболее существенное значение семенная инфекция имеет в зоне неустойчивого увлажнения, где отмечен высокий уровень зараженности семян, в том числе грибами рода *Fusarium*. Микромицеты, вызывающие плесневение семян, доминируют в условиях дефицита влаги в аридных зонах.

6. Согласно результатам оценки поражаемости сортов озимой пшеницы основными болезнями, с целью оптимального использования сортового разнообразия озимой пшеницы в конкретных агроклиматических условиях Ставропольского края в зоне неустойчивого увлажнения лучшие фитосанитарные показатели по поражаемости корневой гнилью и септориозом имеют сорта озимой пшеницы Украинка одесская и Дея; в засушливой агроклиматической зоне – Дея и Батько; в крайне засушливой – Станичная и Степнячка. Повышение аридности усиливает положительную корреляционную связь между поражаемостью пшеницы септориозом и корневой гнилью, в значительной степени определяемую особенностями сорта.

7. Лигнификация в корневой системе озимой пшеницы, как ответная реакция на внедрение фитопатогенов, у сортов Старшина, Украинка одесская, Дон 95, Таня и Дея, наименее поражаемых корневой гнилью (на уровне минимального значения ЭПВ = 10–15 %), характеризуется образованием 29–54 мг/г сухой массы лигнина на каждый процент развития болезни. У сильнее поражаемых сортов (Станичная, Ростовчанка 3, Ермак) этот показатель не превышает 27 мг/г, что недостаточно для эффективной локализации мицелия фитопатогенных микромицетов.

8. Фактическая степень развития болезни у сортосмесей достоверно отличается от среднеарифметической по составляющим компонентам: к примеру, эффективность данного агротехнического приема в отношении корневой гнили у сортосмеси Степная 7 + Украинка одесская + Ермак достигает 60 % (степень развития болезни составила 9,8 % по сравнению с среднеарифметической 16,4 %).

9. Особенности аллелопатического взаимодействия компонентов таких сортосмесей, как Краснодарская 99 + Дон 95 + Батько и Краснодарская 99 + Дон 95 + Таня, положенные в основу разработанного экспресс-метода оценки конкурентоспособности сортов, растущих в смешанных посевах, в период посев – всходы обуславливают аллелопатическую напряженность в данных сортосмешанных фитоценозах, снижают сопротивляемость растений озимой пшеницы и приводят к более интенсивному развитию корневой гнили по сравнению с чистосортными посевами.

10. Сорта озимой пшеницы различаются по реакции на поражение возбудителями болезней. В крайне засушливой агроклиматической зоне у сорта Степнячка отсутствуют потери зерна (поражение 0,1 балла) в силу активной реакции растений на внедрение паразитов; наименьшие потери зерна отмечены у сортов Дон 95 и Станичная (0,6–1,6 %). Влияют на потери зерна из-за корневой гнили также и агроклиматические условия: на черноземе выщелоченном в зоне неустойчивого увлажнения у сортов Дея, Батько и Донская

юбилейная они составляют 5,9, 13,5 и 15,3 %, на черноземе южном в засушливой зоне у сортов Дея, Батько и Донская безостая они равны соответственно 8,0, 1,6 и 4,3 %. У сорта Москвич активная реакция в ответ на слабое развитие гниллиозной гнили стеблей выражена в увеличении количества и массы зерен.

11. Интенсивность развития заболеваний в высокой степени определяет качество зерна. В засушливых агроклиматических условиях наиболее качественное зерно дает озимая пшеница сорта Степная 7 (массовая доля клейковины 27,8 % при I группе качества). По мере развития корневой гнили за счет ухудшения выполненности зерна массовая доля клейковины увеличивается ( $r = 0,878$ ), но качество ее падает и соответствует лишь III группе. В условиях крайне засушливой зоны 55,5 % изменчивости качества зерна приходится на степень развития корневой гнили и 32,1 % – септориоза.

12. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы индуктором болезнеустойчивости на основе хитозана, биопрепаратами Алирин-Б, Алирин-С, Бактофит, протравителями семян на основе дифеноконазола и флудиоксонила из группы фенилпирролов снижает интенсивность развития заболеваний в агроценозе озимой пшеницы в 1,8–5 раз. При этом применение биопрепаратов Алирин-Б 1,0 л/т + Алирин-С 1,0 л/т и Бактофита обеспечивает наибольшее увеличение урожая (0,54–0,73 т/га, или 12,4–16,8 %).

13. Биологическая и хозяйственная эффективность комплексного использования полифункциональных биопрепаратов на основе штаммов микробов-антагонистов (Алирин-Б, Бактофит, Псевдобактерин-2) при предпосевной обработке семян и опрыскивании в фазы конец кущения или начало трубкования для защиты озимой пшеницы от корневой гнили превышает эффективность химических фунгицидов на основе карбендазима (500 г/л) и пропиконазола (250 г/л) в сочетании с ципроконазолом (80 г/л) в 1,5 раза и достигает 40–60 %, обеспечивая прибавку урожая в 0,31–0,73 т/га.

14. Биологическая эффективность малоопасных химических фунгицидов Рекс Дуо, КС при норме расхода препарата 0,6 л/га и Прозаро, КЭ при норме расхода 0,8 л/га в отношении комплекса листостеблевых болезней озимой пшеницы (септориоз, мучнистая роса, пиренофороз) при опрыскивании в фазу разворачивания флагового листа достигает 30–60 %. Масса зерна в колосе увеличивается на 170–250 мг (11,1–16,3 %), улучшается его выполненность, что позволяет рекомендовать эти препараты к широкому применению.

15. Сравнительная оценка экологической опасности фунгицидов, рекомендуемых для применения в системах интегрированной защиты озимой пшеницы, показала, что препараты на основе дифеноконазола, флудиоксонила, тиофанат-метила в сочетании с эпоксиконазолом и протионазола с тебуконазолом относятся к первому классу опасности – малоопасные соединения (токсическая нагрузка от 2,4 до 72,6 полулетальных доз на 1 га); фунгициды в составе пропиконазол + ципроконазол, а также карбендазим – ко второму классу, то есть среднеопасные соединения (токсическая нагрузка 244,8–420,5 полулетальных доз на 1 га), что позволяет внести коррективы в ассортимент применяемых фунгицидов по принципу экологической целесообразности.

16. Усовершенствованные системы интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней для аридных зон и зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края оптимизируют фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы, обеспечивают высокую биологическую и экономическую эффективность, а также экологическую безопасность защитных мероприятий. В условиях аридных агроклиматических зон уровень рентабельности оптимизированной системы интегрированной защиты озимой пшеницы достигает 108 %, в зоне неустойчивого увлажнения – 110 % по сравнению с 83,6 и 91,1 % при использовании принятой системы защиты соответственно.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

Согласно разработанному «Технологическому регламенту мероприятий по защите посевов озимой пшеницы от болезней в условиях Ставропольского края», утвержденному

Ученым советом Ставропольского государственного аграрного университета и рекомендованному для внедрения Научно-техническим советом при министерстве сельского хозяйства Ставропольского края в целях совершенствования системы ее защиты от болезней рекомендуется:

1. В условиях повышенного инфекционного фона, вызванного большой плотностью популяций фитопатогенных грибов – возбудителей корневой гнили, возделывать сорта озимой пшеницы с активной реакцией на внедрение фитопатогенов: в зоне неустойчивого увлажнения – Дея; в засушливой агроклиматической зоне – Батько, в крайне засушливой – Степнячка, Дон 95, Станичная.

2. В условиях зоны неустойчивого увлажнения возделывать смесь сортов озимой пшеницы Степная 7, Украинка одесская, Ермак (в соотношении 1:1:1).

3. С учетом наличия на территории Ставропольского края природного очага карликовой головни для предпосевной обработки семян озимой пшеницы использовать препараты на основе дифеноконазола (Дивиденд Экстрим, КС, 0,75 л/т). С целью уменьшения ретардантного действия дифеноконазола на проростки озимой пшеницы применять его в баковой смеси с препаратом Нарцисс, П (1,0 кг/т). Если фитосанитарной экспертизой семян установлено отсутствие головни, для предпосевной обработки использовать малоопасное химическое средство защиты растений Максим, КС (1,5 л/т), индуктор иммунитета Нарцисс (1,0 кг/т), биопрепараты Алирин-Б, Ж (2,0 л/т), Бактофит, СК (3,0 л/т).

В период вегетации проводить ранневесеннее опрыскивание растений биопрепаратами Алирин-Б, Ж (2,0 л/га) или Псевдобактерин-2, Ж (1,0 л/га) для подавления развития корневой гнили, а также обработку в фазу разворачивания флагового листа фунгицидами Прозаро, КЭ (0,8 л/га) и Рекс Дуо, КС (0,6 л/га) против комплекса листостеблевых болезней.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### В изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Марюхина, А. Г. Бион повышает устойчивость пшеницы к фитопатогенам / А. Г. Марюхина, **А. П. Бойко (Шутко)**, Ал. А. Гаврилов // Земледелие. – 1999. – № 2. – С. 48.

2. Гаврилов, А. А. Биопрепараты для защиты озимой пшеницы от болезней / А. А. Гаврилов, **А. П. Бойко (Шутко)** // Защита и карантин растений. – 2001. – № 1. – С. 29.

3. Гаврилов, А. А. Высокая культура земледелия – лучшее «лекарство» от болезней / А. А. Гаврилов, **А. П. Шутко**, С. Ю. Гребенник // Защита и карантин растений. – 2006. – № 11. – С. 25–26.

4. **Шутко, А. П.** Устойчивости сортов – постоянное внимание / А. П. Шутко, С. В. Шматко, В. А. Пчелинцева // Защита и карантин растений. – 2007. – № 8. – С. 52.

5. Луговенко, Е. В. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и пораженности корневыми гнилями / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко**, Ю. Н. Ляхов // Защита и карантин растений. – 2009. – № 9. – С. 47.

6. Передериева, В. М. Аллелопатические свойства сорных растений и их растительных остатков в процессе минерализации / В. М. Передериева, О. И. Власова, **А. П. Шутко** // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 73. (URL: <http://ej.kubagro.ru>)

7. **Шутко, А. П.** Вредоносность гибеллинозной гнили стеблей озимой пшеницы / А. П. Шутко, Т. В. Зимоглядова, Л. В. Тутуржанс, А. М. Мищерин // Защита и карантин растений. – 2012. – № 5. – С. 38–40.

8. Самойленко, М. В. Влияние предшественников озимой пшеницы на целлюлозолитическую и ферментативную активность черноземов выщелоченных / М. В. Самойленко, В. М. Передериева, **А. П. Шутко** // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. (URL: [www.science-education.ru](http://www.science-education.ru))

9. **Шутко, А. П.** Влияние метаболитов гриба *Ophiobolus graminis* Sacc. на посевные качества семян озимой пшеницы / А. П. Шутко, В. М. Передериева // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 11 (ч. 6). – С. 1432–1436.

10. **Shutko, A.** Phytosanitary monitoring of winter wheat root rot as a factor of plant protection / A. Shutko, L. Tuturzhans // *Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the danube region – preservation of rural values: Thematic Proceedings*. – Serbia, 2012. – P. 122–137.

11. **Шутко, А. П.** Сорные растения семейства Poaceae как источники инфекции корневых гнилей озимой пшеницы / А. П. Шутко, В. М. Передериева // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 85. (URL: <http://ej.kubagro.ru>)

12. **Shutko, A. P.** An assessment of types of winter wheat according to affection by root rot in specific agroclimatic conditions as element of scientific and reasonable strategy of their use / A. P. Shutko // *Vestnik OrelGAU*. – 2013. – № 2 (41). – P. 23–28.

### Монографии, учебные пособия

13. Гаврилов, А. А. Карликовая головня озимой пшеницы и меры борьбы с ней / А. А. Гаврилов, Н. В. Репухова, **А. П. Шутко**. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – 72 с.

14. Гаврилов, А. А. Фитосанитарная диагностика болезней растений / А. А. Гаврилов, **А. П. Шутко**, А. Г. Марюхина (*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для студентов агрономических специальностей*). – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – 76 с.

### Другие издания

15. Гаврилов, А. А. Влияние средств химизации и биопрепарата ризоплан на проявление корневой гнили озимой пшеницы / А. А. Гаврилов, **А. П. Бойко (Шутко)**, Ал. А. Гаврилов // *Химизация растениеводства и вопросы экологии* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1997. – С. 3–6.

16. Гаврилов, А. А. Методологические проблемы экологизации защиты растений от болезней / А. А. Гаврилов, **А. П. Бойко (Шутко)**, Ал. А. Гаврилов // *Защита и карантин растений* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1998. – С. 3–8.

17. Марюхина, А. Г. Бион – индуктор устойчивости озимой пшеницы к фитопатогенам / А. Г. Марюхина, **А. П. Бойко (Шутко)**, Ал. А. Гаврилов // *Информ. Листок № 78–99 ЦНТИ*. – Ставрополь, 1999. – 5 с.

18. **Бойко (Шутко), А. П.** Протравитель семян Дивиденд в борьбе с комплексом болезней озимой пшеницы / А. П. Бойко (Шутко), Ал. А. Гаврилов // *Информ. Листок № 77–99 ЦНТИ*. – Ставрополь, 1999. – 3 с.

19. Гаврилов, А. А. Активатор Бион в защите озимой пшеницы от болезней / А. А. Гаврилов, А. Г. Марюхина, **А. П. Бойко (Шутко)**, Ал. А. Гаврилов // *Химизация растениеводства и вопросы экологии* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1999. – С. 3–12.

20. **Бойко (Шутко), А. П.** Дивиденд – эффективный протравитель семян озимой пшеницы / А. П. Бойко (Шутко), Ал. А. Гаврилов // *Химизация растениеводства и вопросы экологии* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1999. – С. 19–23.

21. **Бойко (Шутко), А. П.** Экологизация интенсификационных процессов в растениеводстве / А. П. Бойко (Шутко), А. А. Гаврилов, // *Химизация растениеводства и вопросы экологии* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1999. – С. 72–75.

22. **Бойко (Шутко), А. П.** Эффективная система защиты озимой пшеницы от болезней / А. П. Шутко // *Информ. листок № 63–153–00 ЦНТИ*. – Ставрополь, 2000. – 4 с.

23. **Бойко (Шутко), А. П.** Биопрепараты на основе антагонистов возбудителей болезней в защите озимой пшеницы / А. П. Бойко (Шутко) // *Защита и карантин растений* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 2000. – С. 28–33.

24. **Бойко (Шутко), А. П.** Иммунорегулирующая роль хитозана и его биологическая эффективность в отношении комплекса болезней озимой пшеницы / А. П. Бойко (Шутко) // *Защита и карантин растений* : сб. науч. тр. / Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 2000. – С. 48–53.

25. Гаврилов, А. А. Экологизация системы защиты озимой пшеницы от болезней / А. А. Гаврилов, **А. П. Бойко (Шутко)** // Биологизация защиты растений: состояние и перспективы : материалы докладов Международной науч.-практ. конф. – Краснодар, 2000. – С. 72–73.
26. **Шутко, А. П.** Пути экологизации системы защиты зерновых культур от фитопатогенов / А. П. Шутко // Защита и карантин растений : сб. науч. тр. / Ставроп. ГАУ – Ставрополь, 2003. – С. 88–93.
27. **Шутко, А. П.** Системно-экологический подход к оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем / А. П. Шутко // Проблемы воспроизводства плодородия почв и повышение продуктивности агроэкосистем : материалы науч.-практ. конф. – Мичуринск, 2004. – С. 309–312.
28. **Шутко, А. П.** Микофлора и посевные качества семян озимой пшеницы в зависимости от агроэкологических факторов / А. П. Шутко, А. Г. Марюхина // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 68-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – С. 240–245.
29. **Шутко, А. П.** Агроэкологические проблемы возделывания зерновых культур и пути их решения / А. П. Шутко // Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях антропогенного загрязнения : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2004. – С. 88–93.
30. **Шутко, А. П.** Биологизация защиты озимой пшеницы от болезней в условиях неустойчивого увлажнения / А. П. Шутко // Проблемы борьбы с засухой : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – С. 278–281.
31. **Шутко, А. П.** Влияние предпосевной обработки семян биологически активными веществами на проявление болезней озимой пшеницы / А. П. Шутко, А. Г. Марюхина, Л. И. Цапко, С. В. Бесаева // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 69-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 84–87.
32. **Шутко, А. П.** Математическое моделирование влияния климатических условий (объема сезонных осадков (V, мм) и температуры (T, °C)) на биологическую эффективность (Э<sub>б</sub>) протравителя семян Дивиденд в отношении корневых гнилей озимой пшеницы / А. П. Шутко, Н. И. Корнилов, Л. И. Цапко, Е. В. Мигненко // Актуальные вопросы экологии и природопользования : материалы Междунар. науч. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 295–301.
33. Бобрышев, Ф. И. Сравнительная оценка различных сортов и сортосмесей озимой пшеницы по устойчивости к аэрогенным заболеваниям в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Ф. И. Бобрышев, **А. П. Шутко**, В. В. Дубина, С. В. Шматко // Актуальные вопросы экологии и природопользования : материалы Междунар. науч. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2005. – С. 84–88.
34. Гаврилов, А. А. Совершенствование защиты озимой пшеницы от болезней в Ставропольском крае / А. А. Гаврилов, **А. П. Шутко**, С. Ю. Гребенник // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 70-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 94–99.
35. Бобрышев, Ф. И. Изучение устойчивости сортов и сортосмесей озимой пшеницы к корневым гнилям в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Ф. И. Бобрышев, **А. П. Шутко**, В. В. Дубина, С. В. Шматко // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 70-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 103–107.
36. **Шутко, А. П.** Ризосферная микрофлора озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян биологически активными веществами / А. П. Шутко, А. Г. Марюхина, Л. И. Цапко // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 70-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2006. – С. 99–103.
37. **Шутко, А. П.** Биометод как фактор экологической оптимизации системы защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов / А. П. Шутко, Л. В. Тутуржанс // Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства : сб. ст. Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза, 2006. – С. 135–138.
38. **Шутко, А. П.** Сравнительная оценка различных сортов озимой пшеницы по устойчивости к корневым гнилям в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края / А. П. Шутко, Е. В. Луговенко // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 71-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2007. – С. 147–150.
39. **Шутко, А. П.** Сравнительная оценка сортов озимой пшеницы по устойчивости к корневым гнилям в различных агроклиматических зонах Ставропольского края / А. П. Шутко, С. В. Шматко // Агротехнический метод защиты растений : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2007. – С. 375–377.

40. **Шутко, А. П.** Сортовые особенности лигнификации в растениях озимой пшеницы в связи с устойчивостью к корневым гнилям / А. П. Шутко, С. В. Шматко // Интегрированная защита сельскохозяйственных культур и фитосанитарный мониторинг в современном земледелии : сб. науч. тр. / СГАУ. – Ставрополь, 2007. – С. 361–363.
41. Луговенко, Е. В. Количественный учет возбудителя гельминтоспориозной корневой гнили в ризосфере озимой пшеницы / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко** // Инновации аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2008. – С. 116–119.
42. Шматко, С. В. Сортовые особенности корреляции между поражаемостью озимой пшеницы корневыми гнилями и септориозом / С. В. Шматко, **А. П. Шутко** // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 72-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2008. – С. 130–132.
43. Луговенко, Е. В. Этиология корневых гнилей озимой пшеницы на светло-каштановых почвах в аридной зоне Ставропольского края / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко** // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа : материалы 73-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 183–186.
44. Алешечкина, О. С. Патогенные микромицеты эндоризосферы озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольского плато / О. С. Алешечкина, **А. П. Шутко**, С. В. Шматко, А. С. Груздов // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 73-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 6–8.
45. Луговенко, Е. В. Количественный учет возбудителя почвенной фузариозной инфекции на плотных питательных средах с различными источниками углерода / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко** // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 73-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 124–127.
46. **Шутко, А. П.** Карликовая головня озимой пшеницы в условиях колхоза «Родина» Новоселицкого района Ставропольского края / А. П. Шутко, В. А. Пчелинцева // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 73-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Параграф, 2009. – С. 184–187.
47. Луговенко, Е. В. Оценка фитосанитарного состояния светло-каштановых почв в агроэкосистеме различных сортов озимой пшеницы / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко** // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. Кн. 2. – Барнаул, 2010. – С. 318–320.
48. Луговенко, Е. В. Сортовые особенности детерминации качества зерна озимой пшеницы степенью развития корневых гнилей и септориоза / Е. В. Луговенко, **А. П. Шутко** // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве : материалы 74-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : Параграф, 2010. – С. 60–63.
49. **Шутко, А. П.** Новый фунгицид Дивиденд Экстрим против карликовой головни и корневых гнилей озимой пшеницы / А. П. Шутко, Л. В. Тутуржанс, А. М. Мищерин, Д. Р. Батчаева, Р. Б. Бекмурзаев // Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу : материалы 75-й науч.-практ. конф. – Ставрополь : АГРУС, 2011. – С. 102–108.
50. **Шутко, А. П.** Управление патологическим процессом корневых гнилей на Ставрополье / А. П. Шутко, А. А. Гаврилов, В. М. Передериева // Вестник АПК Ставрополья. – 2011. – № 3. – С. 16–21.
51. **Шутко, А. П.** Иммуногенетические и иммунорегулирующие методы повышения сопротивляемости агроценоза озимой пшеницы к корневым гнилям как фактор экологизации системы защитных мероприятий / А. П. Шутко, В. М. Передериева // Известия Государственного аграрного университета Армении. – 2012. – № 1. – С. 74–77.
52. Передериева, В. М. Экологическая и фитосанитарная роль севооборота в современном земледелии / В. М. Передериева, О. И. Власова, **А. П. Шутко** // Экология и устойчивое развитие сельской местности : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2012. – С. 96–99.
53. Передериева, В. М. Влияние основной обработки почвы на агроценоз озимой пшеницы / В. М. Передериева, **А. П. Шутко**, О. В. Бочина // Экология и устойчивое развитие сельской местности : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2012. – С. 104–107.
54. **Шутко, А. П.** Влияние погодных условий на формирование фитосанитарной ситуации в посевах озимой пшеницы разных сортов / А. П. Шутко, А. М. Мищерин, В. М. Передериева // Аграрная наука, творчество, рост : матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2013. – С. 287–296.
55. **Шутко, А. П.** Препараты на основе микробов-антагонистов возбудителей болезней растений как фактор биологизации защиты озимой пшеницы / А. П. Шутко, А. М. Мищерин, Т. В. Караченцева // Биотехнология. Взгляд в будущее : матер. II Междунар. научной Интернет-конф. – Казань, 2013. – С. 409–414.