

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ФИТОПАТОЛОГИИ»

На правах рукописи



Михалева Светлана Николаевна

Фитопатогенный состав и пути оптимизации защиты зерновых и кормовых
растений в условиях техногенного радиоактивного загрязнения
Брянской области

Специальность 06.01.07 - защита растений

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
А.П. Глинушкин

Большие Вязёмы -2022

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении "Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии"

Научный руководитель:

Доктор сельскохозяйственных наук,
Профессор РАН, член-корреспондент РАН Глинушкин Алексей Павлович

Официальные оппоненты:

Астарханова Тамара Саржановна,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры химия и защита растений ФГБОУ ВО
«Дагестанский государственный аграрный университет»

Зейрук Владимир Николаевич,
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный
сотрудник лаборатории защиты растений, Федеральный
исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет»

Защита состоится « ____ » _____ 2022 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 006.064.02 в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью и подписями) просим направлять по адресу: 143050, ул. Институт, владение 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н Московской области,
тел. +7 (498) 694-11-24, +7 (498) 694-09-02, e-mail: vniif@vniif.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ВНИИФ и на официальном сайте www.vniif.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 г.

И.о. учёного секретаря,
диссертационного совета
доктор технических наук

Г. Я. Ратушняк

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Техногенное загрязнение определяет основные экологические условия, сказывающиеся на существовании и эволюции всех живых организмов. В зависимости от природы факторов или их сочетаний, от силы воздействия, возникают изменения в функционировании экосистем. Агроэкосистемы специфически могут быть более пластичны под влиянием техногенного пресса (особенностей характеристик, продолжительности и интенсивности воздействия), они подвергаются временным или хроническим изменениям, что в первом случае зачастую компенсируется адаптационным потенциалом, во втором может привести к существенным нарушениям взаимосвязей между компонентами системы [Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др., 2000; Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю., 2016; Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптиев А.Б., 2021].

Авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. часть территорий сельскохозяйственного назначения Российской Федерации подвергла загрязнению радионуклидами. Например, в Брянской области отмечены одни из наиболее высоких уровней загрязнения по ^{137}Cs [Алексахин Р.М., 1993; Олейник В. К., Крышев И.И. 2004]. Последствия аварии носят долговременный характер, а наибольшую опасность для окружающей среды до сих пор представляют долгоживущие дозообразующие радионуклиды ^{90}Sr и ^{137}Cs , характеризующиеся высокой биологической подвижностью.

Основной задачей, стоящей перед учеными, считается обеспечение стабильности производственного потенциала и устойчивости агроэкосистем [Экологические последствия аварии на Чернобыльской, 2008; Жученко А.А., 2009; Методы оценки устойчивости агроэкосистем, 2009]. В условиях радиоактивного загрязнения производство и потребление сельскохозяйственной продукции рассматривалось как постоянно действующий фактор негативного воздействия на живые системы. Снятие ограничений с ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных территориях, возвращение временно выведенных из хозяйственного оборота земель, полная реабилитация ранее загрязненной территории актуальны на века направления исследований, которым посвящаются работы многих отечественных исследователей [Дутов А.И., Пузанова Л.А., 2021]. При этом, в условиях техногенного загрязнения территорий, роль вредных организмов в агроценозах сохраняется [Технологические приемы в растениеводстве 2008; Андросов Г.К., Симонов В.Ю., Холопова Е.В. 2010; Лой Н.Н., Шишко В.И., 2021], а организация и проведение мероприятий по защите сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней имеет свои особенности, обусловленные химико-токсикологической или радиологической ситуацией, с одной стороны, и состоянием компонентов агроценозов [Ульяненко Л.Н., Удалова А.А., 2015], с другой, а также особенностями хозяйственного использования угодий.

Наиболее уязвимым звеном организации защиты растений на территориях, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, является наличие и близость расположения к сельскохозяйственным полям земель, выведенных из хозяйственного оборота и длительное время находящихся в условиях отсутствия или недостаточного объема мер по предотвращению развития вредных организмов. В то же время, ведение растениеводства по специальным технологиям на техногенно загрязненных угодьях способно вносить коррективы в формирование комплекса вредных организмов, в частности фитопатогенов, влиять на структуру микоценозов, изменение доминантной роли и вредоносных, и токсических свойств отдельных видов грибов [Бойко А.Л., 1989; Радиоэкологические последствия аварии... 2018]. Кроме того, в условиях загрязнения окружающей среды радионуклидами особое внимание должно уделяться изучению восприимчивости фитопатогенных микроорганизмов, представителей разных систематических групп, к облучению, зависимости развития ответных реакций от стадии развития патогенов, физиологического состояния растений и др. [Егорова А.С., Гесслер

Н.Н., Рязанова Л.П. и др., 2015; Тугай А., Тугай Т., Лукашов Д., 2015]. Результаты этих исследований могут стать основой построения таких систем защиты растений [Рекомендации по организации земледелия, 2006], которые предполагали бы уменьшение дополнительной техногенной нагрузки на агроценозы и способствовали внедрению экологически безопасных приемов борьбы с вредными организмами.

Цели и задачи исследования:

Целью диссертационной работы явилось изучение видового состава грибных фитопатогенов зерновых и кормовых культур на загрязненных ^{137}Cs территориях Брянской области в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС для выявления особенностей формирования фитопатогенных комплексов и оптимизации технологий, элементов защиты растений.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить влияние специальных агротехнических приемов, используемых на радиоактивно загрязненных территориях Новозыбковского района Брянской области (для получения растениеводческой продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам), на формирование комплекса болезней в агроценозах зерновых и кормовых культур;
- определить структуру консорциумов фитопатогенов зерновых и кормовых культур, произрастающих на территориях, подвергшихся техногенному радиоактивному загрязнению, выведенных из хозяйственного оборота (Брянская область) и сопредельных с ними, а также на «условно чистых» полях (Московская, Тамбовская области);
- сравнить патогенные и токсические свойства грибов, собранных с растений, произрастающих на территориях с разной плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs , и с «чистых» территорий (Московская, Тамбовская, Калужская области);
- выявить влияние фунгицидов разных химических групп, а также грибов-антагонистов на распространение и развитие болезней зерновых культур;
- совершенствовать приемы оптимизации защиты зерновых культур от фитопатогенной инфекции на радиоактивно загрязненных территориях.

Научная новизна работы:

Установлен видовой состав и вариативность распространения патогенной микрофлоры на полях зерновых злаковых культур, возделываемых с использованием специальных агротехнических мероприятий. Определены особенности развития микроорганизмов (нарушение внутривидовых связей и модифицирующее влияние погодных условий) и характерного физиолого-биохимического состояния растений, совершенствованными факторами систем защиты и поддержания развития растений, в том числе направленными на снижение содержания ^{137}Cs в урожае.

Впервые на радиоактивно загрязненных отчужденных территориях Новозыбковского района Брянской области обнаружены неиндемичные представители грибной инфекции (определена динамика их проявления), часто коррелирующая с процессами формирования фитоценозов при отсутствии научно-обоснованного применения средств защиты растений от вредных организмов на бывших сельскохозяйственных угодьях.

Впервые выявлены отличия в формировании микоценозов на отчужденных и «чистых» территориях областей, относящихся к одной и той же почвенно-климатической зоне (Брянская и Московская области), посредством снижения активности грибов-сапрофитов и грибов-антагонистов.

Представлены методологические аспекты совершенствования и разработки элементов в системах защиты растений от вредных объектов на основе анализа агроэкологической и радиоэкологической ситуации.

Разработаны ряд программных продуктов (РИД) позволяющих ранжировать растения по резистентности к вредителям и болезням, включая лекарственные формы и тем самым содействовать формированию высокоэффективной защиты и агроэкологической безопасности производства зерновых, кормовых

сельскохозяйственных культур и произрастающих на выведенных территориях растений.

Практическая значимость работы:

Установлены существенные различия в численности и разного рода активности фитопатогенов на радиоактивно загрязненных территориях Новозыбковского района Брянской области по сравнению с «чистыми» территориями, что позволяет оценить адаптивные свойства агроэкосистем и снизить риски возникновения эпифитотийных ситуаций на отчужденных и сопредельных территориях регионов с подобными техногенными условиями.

Результаты исследования, применяются и могут послужить для научно-обоснованного совершенствования элементов, приемов в системах защиты растений, также как модельные элементы картирования рисков распространения фитопатогенов на территориях подобно подвергшихся техногенному радиоактивному загрязнению как результат аварии на Чернобыльской АЭС. Возможность синергитической мобилизации приемов, подходов и элементов агротехнического, химического методов защиты растений, для разработки адресных элементов защиты кормовых ценозов и угодий.

Положения, выносимы на защиту:

1. Эффективный уровень производства зернопродукции на радиоактивно загрязненных территориях, базируется на сбалансированных уровнях минерального питания растений, способах обработки почвы и поддержании оптимальной фитосанитарной обстановки.

2. Активность фитопатогенов на радиоактивно (^{137}Cs) загрязненных и выведенных из хозяйственного использования территориях Новозыбковского района Брянской области оказалась на 20-50% выше, чем на «чистых» территориях Московской, Тамбовской областях (соотношение «фитопатогены - сапрофиты» смещается в сторону патогенов).

3. Эффективность средств защиты от болезней на радиоактивно (^{137}Cs) загрязненных территориях Новозыбковского района Брянской области (как семян, так и вегетирующих растений, в том числе ряда биологических средств защиты растений) сохраняется, а их применение позволяет предотвратить риск развития эпифитотий, как на территориях с ведением растениеводства, на сопредельных с ними полях, так и на временно отчужденных после аварии на ЧАЭС угодьях.

Публикации и апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы представлены на международном семинаре «Проблемы смягчения последствий Чернобыльской катастрофы», Брянск, 1993; Всероссийском съезде по защите растений «Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность», Санкт Петербург, 1995; «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций», 2016; форумах с международным участием «Экобалтика», «Армия», статьях, опубликованных в журналах: Доклады РАСХН, 1996.; Химия в сельском хозяйстве, 1996.; Труды Новозыбковского филиала ВИУА, 1996 г.; Archives of Phytopathology and Plant Protection, 1997.; Агрохимия, 2021; Достижения науки и техники АПК, 2022.

Предложения по использованию результатов диссертации отражены в рекомендациях:

Производство экологически безопасной продукции растениеводства. Региональные рекомендации / Под ред. М. С. Соколова и Е. П. Угрюмова, Пушино, 1995. (Особенности технологии защиты ячменя от вредителей и болезней на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению);

Филипас А.С., Дьяченко И.В., Пименов Е.П., Хохлов Г.Н., Титова К.Д. Михалева С.Н. и др. Особенности технологии защиты ячменя от вредителей и болезней на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению Производство экологически безопасной продукции растениеводства: Региональные рекомендации / под ред. М. С. Соколова и Е. П. Угрюмова., Вып.1. Пушино, 1995. С. 149 -154;

Глинушкин А.П., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н. Рекомендации по защите зерновых и кормовых культур в условиях техногенного радиоактивного загрязнения на территории Новозыбковского района Брянской области . Б. Вяземы, 2022. 20 с. ISBN 978-5-6047472-6-1 .

Результаты изучения видового состава фитопатогенов, их агрессивных свойств, представленные в диссертационной работе, послужили основой и практическим руководством для оценки фитосанитарного состояния полей Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» (выбора фунгицидов с действующими веществами, эффективными для борьбы с наиболее вредоносными болезнями зерновых культур, подбора норм удобрений, ранжирования культур).

По материалам диссертации опубликованы 23 работы, из них 5 статей в журналах рекомендуемых ВАК, 7 тезисов и статей в системе РИНЦ, 2 рекомендации, 2 вида РИД.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературных данных и 5-х глав, в которых изложены материалы и методы, а также результаты исследований и их обсуждение, Заключение, Выводы, Рекомендации, Список цитируемой литературы и Приложения.

Диссертация изложена на 151 страницах машинописного текста, содержит 2 рисунка, 25 таблиц и 13 Приложений. Список цитируемой литературы отечественных авторов составляет 214 источника, иностранных – 27. Автор благодарен соавторам по открытым публикациям результатов совместных исследований, лаборантскому составу за существенную помощь в длительный период исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении приводится краткий анализ состояния проблемы, общий методологический подход к ее решению, обосновывается актуальность и практическая значимость диссертационной работы, ставятся цель и конкретные задачи исследований.

Глава 1. Состояние изучаемого вопроса (обзор литературы)

В главе приводится анализ публикаций, связанных с загрязнением сельскохозяйственных угодий радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, особенностями ведения растениеводства в этих условиях и роли вредных организмов в нарушенных агроценозах. Приводятся данные о формировании сообщества фитопатогенов в посевах зерновых и кормовых культур, возделываемых в различных экологических условиях, роли фитозомониторинга и возможности прогнозирования разнообразия видового состава фитопатогенов и сапрофитов, а также модифицирующие популяционно-генетические свойства грибов в агроэкосистемах и селектирование штаммов грибов, устойчивых к действию абиотических агентов. Особое внимание уделено вопросам защиты растений от болезней, проблемам выбора средств защиты, их эффективности и экологизации защитных мероприятий.

Глава 2. Условия, объекты и методы исследования

Характеристика мест наблюдения. Исследования проводились в 1991-1998 годах, на сельскохозяйственных землях юго-западной части Брянской области (Новозыбковский район), подвергшихся загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Часть исследований выполнена на отчужденных после радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. полях, а также лабораторно-аналитическую работу с 1998-2017 годах.

Для проведения исследований в зоне отчуждения (временно выведенные из сельскохозяйственного оборота поля) были выбраны стационары (постоянные участки для наблюдения) с различными типами агро- и фитоценозов на бывших сельскохозяйственных угодьях колхоза «Комсомолец» Новозыбковского района Брянской области (ныне СХПК «Комсомолец»). Для унификации обработки данных при анализе результатов обследований участки наблюдения были пронумерованы:

стационар 1 - естественный луг (пастбища), расположен на бывших торфяных разработках; стационар 2 - многолетние травы (смесь тимopheевки с овсяницей), озимая рожь (самосев), расположен на границе с посевами зерновых культур; стационар 3 - ячмень, овес, озимая рожь (самосев), люпин и картофель; стационар 4 - зерновые (самосев), картофель, люпин; стационар 5 - естественный луг с разнотравьем, выведенные из хозяйственного оборота поля озимой ржи; стационар 6 - озимая рожь, пырей.

Радиологическая характеристика стационаров на бывших сельскохозяйственных угодьях СХПК «Комсомолец» в 1991-1998 гг. свидетельствует о различной плотности загрязнения почвы. Гамма-фон в этот период составлял от 50 до 100 мкР/ч (измерения проведены дозиметром ДРГ-01Т на высоте 100 см от поверхности почвы), плотность загрязнения ^{137}Cs доходила до 1800 кБк/м² [Filipas A., Oulianenko L., Alexakhin R., et al., 1997]. По данным радиологического обследования сельскохозяйственных предприятий, расположенных на загрязненных территориях Новозыбковского района, средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs СХПК «Комсомолец» в 1998 г. на пашне составила 781 кБк/м², в 2004 г. - 696, в 2009 г. - 622, а в 2016 г. - 599 кБк/м² [Кречетников В.В., Титов И.Е., Шубина О.А., Прудников П.В., 2017.] На сенокосах и пастбищах средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs в 1998 г. составила 1262 кБк/м², в 2004 г. - 1173, в 2009 г. - 1043, а в 2016 г. - 879 кБк/м².

Для оценки влияния зоны отчуждения на развитие фитосанитарной ситуации в агроценозах сельскохозяйственных культур на сопредельных территориях (с плотностью загрязнения по ^{137}Cs до 15 Ки/км²) были выбраны производственные посева овса, ячменя, озимой ржи в ОПХ "Волна Революции" и экспериментальные поля Новозыбковского филиала ВИУА (ныне Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»). На этих участках отрабатывались приемы получения сельскохозяйственной продукции, соответствующей существующим нормативам [СанПиН 2.3.2.1078-01]. Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs ОПХ "Волна Революции" на пашне в 1998 - 2009 гг. составила 463 - 433 кБк/м², а в 2016 г. - 316 кБк/м² [Кречетников В.В., Титов И.Е., Шубина О.А., Прудников П.В., 2017.]. Средневзвешенная плотность загрязнения на опытных полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции по ^{137}Cs (основного дозообразующего радионуклида) составляла 1,2 + 0,2 МБк/м² [Filipas A., Oulianenko L., Alexakhin R., et al., 1997].

Для сравнения активности фитопатогенных микроорганизмов, представителей разных систематических групп, имеющих распространение на радиоактивно загрязненных территориях Новозыбковского района Брянской области, параллельно часть исследований проводили в Московской, фрагментарно в Калужской и Тамбовской областях. Наблюдаемые изменения сравнивали с состоянием типичных для данной почвенно-климатической зоны популяций (*и микробных ценозов*). Брянская, Московская и Калужская области относятся к I зоне (подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области), Центральный регион возделывания сельскохозяйственных культур; Тамбовская область - ко II зоне (черноземов лесостепной и степной областей) Центрально-Черноземного региона возделывания сельскохозяйственных культур.

Объекты исследований. Объектами исследований являлись различные виды грибов, вызывающих болезни сельскохозяйственных культур, а также и однолетних и многолетних травянистых растений. Кроме этого, анализировали состояние культурных растений (зерновые и кормовые культуры) по показателям пораженности основными болезнями и общей

урожайности. В ряде случаев проводили анализ видового состава грибов ризосферы растений.

Методы исследований. Полевые исследования проводили маршрутным и стационарным методами. Для оценки фитосанитарного состояния на отчужденных после радиоактивного загрязнения полях и угодьях с возделыванием сельскохозяйственных культур по специальным технологиям, направленным на получение продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, осуществляли плановый мониторинг и изучение особенностей в развитии фитопатогенов (формирование консорциев) по общепринятым методикам. Проводили визуальный учет пораженности растений болезнями, развитие болезней растений рассчитывали по формуле: $R = \frac{\sum gb}{n \cdot c} \cdot 100$, где R – процент развития болезни; gb - сумма частот баллов, n - количество взятых под учет растений, листьев; c - высший балл шкалы, по которой проводилась оценка поражения. Отбирали растительные образцы с ризосферой, которые в лабораторных условиях микроскопировали для уточнения видовой принадлежности микроорганизмов. Определение возбудителей болезней сельскохозяйственных культур осуществляли методом прямого микроскопирования образцов с использованием микроскопов МБС-1 и МБИ. Идентификацию грибов проводили также на питательных средах по культурально-морфологическим признакам колоний и морфологии органов спороношения.

О токсигенной и паразитической активностях различных видов грибов судили по наличию фитотоксинов, присутствие которых определяли по снижению всхожести семян ржи и пшеницы, инокулированных суспензией спор гриба. Микотоксичные свойства проверяли методом воздействия водных экстрактов грибов на парамеции *Paramecium caudatum* по общепринятым методикам [Спесивцева Н.А., 1960; Билай В.И., Курбатская В.И., 1990]. Для микологического анализа на эндогенную инфекцию брали по 25 растений в 4 повторностях на каждом стационаре. Особенности в методических подходах при изучении грибов на разных видах растений приведены в соответствующих разделах.

При проведении микологических анализов образцов растений ризосферы, выделения патогенов в чистые культуры использовали соответствующие методические приемы [Билай В.И., 1982].

Влияние фунгицидов на микоценозы изучали методом сравнительного анализа видового состава грибов на растениях из вариантов агротехнических опытов, обработанных различными фунгицидами в период вегетации, и контрольных (без обработки) растений.

Изучение микотоксикозной активности грибов, выделенных с зерновых культур в разных эколого-географических регионах, выполнены на основе грибных изолятов. Для оценки экологического стресса, обусловленного радиоактивным загрязнением, проводились маршрутные обследования посевов, сбор образцов растений, микологический анализ, выделение грибов на питательные среды, идентификация таксономической принадлежности и экспериментальное изучение изолятов.

Данные лабораторных исследований верифицировались в Центр коллективного пользования «Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов и сортов-идентификаторов (дифференциаторов) патогенных штаммов микроорганизмов» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», в том числе по методикам закладки мелкоделяночных, лабораторных, иного уровня контролируемых исследований например в Центре коллективного пользования «Лаборатория искусственного климата» ФГБНУ ВНИИФ (по классическим методам Доспехова Б.А. (1985), Достоверность различий устанавливали разными методами: между вариантами устанавливали на основе парного двухвыборочного t-теста для средних. Статистическую обработку экспериментальных данных методом дисперсионного анализа проводили статистическими методами с использованием программных средств MS Excel, STATISTICA, и др.

Глава 3. Изучение видового состава фитопатогенных грибов на зерновых и кормовых культурах в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий

3.1. Влияние специальных агротехнических приемов, используемых на радиоактивно загрязненных территориях, для получения растениеводческой продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам, на формирование комплекса болезней в агроценозах зерновых и кормовых культур

На полях зерновых злаковых культур, возделываемых на радиоактивно загрязненных территориях Новозыбковского региона (1991-1998 гг.) с использованием специальных агротехнических методов, наиболее распространенными были *Drechslera avenae* Bilai, *Rhynchosporium graminicola* Heiny., *Bipolaris sorokiniana* Sass. Shoem., *Fusarium culmorum* Sass. (*Rhizoctonia cerealis* L., *Fusarium sporotrichiella* (*F. sporotrichioides*) Bilai, *Fusarium nivale* Fr.Ces. (sin. *Microdochium nivale*), *Drechslera teres*, *D. avenae*, *Rhynchosporium gramineum*, *Erysiphe graminis*, *Septoria avenae*, *Cladosporium herbarum* и другие виды. Исследуемые культуры имеют ряд общих патогенов. Этим объясняется широкое распространение патогенной микрофлоры и ее высокая активность. Из грибов, встречающихся в филлоплане зерновых культур (ячмень, овес, рожь), наиболее распространенными являются *Drechslera teres*, *D. avenae*, *Rhynchosporium gramineum*, *Erysiphe graminis*, *Septoria avenae*, *Cladosporium herbarum*. Развитие остальных типичных для региона возбудителей болезней: *Ustilago hordei*, *U. nuda*, *U. avenae*, *Claviceps purpurea*, *Puccinia graminis*, *P. coronifera*, *P. dispersa*) не носило стабильного и эпизодического характера. Использование загрязненных территорий дает возможность развитию и расширению посевов культур питомникового плана.

В мелкоделяночных опытах (1991-1993 гг.) на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции в посевах ячменя ярового (плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 1,2 \text{ МБк/м}^2$), выявлены изменения развития болезней в зависимости от уровней минерального питания и способа обработки почвы. В вариантах с внесением удобрений в разных дозах ($A_1 - \text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}\text{Mg}_{30}$; $A_2 - \text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}\text{Mg}_{40}$) динамика развития сетчатого гельминтоспориоза (*Helminthosporium teres* Sacc.) определялась фазой развития растений и проводимыми агротехническими приемами. В фазу выхода в трубку минимальное развитие болезни отмечено в варианте A_1 , вспашка (отличия с контролем A_0 - 7 раз, с вариантом A_2 - 3 раза). В фазу колошения различия несколько нивелировались: на фоне внесения удобрений развитие болезни при выращивании ячменя по вспашке было на 25 % ниже, чем в контроле (табл. 1). Различий по пораженности растений ячменя (вариант с обработкой почвы дискованием) в фазу колошения в зависимости от норм внесения удобрений не отмечено. Оливковая плесень (возб. *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link.) в фазу молочно-восковой спелости (срок максимального развития болезни) в наибольшей степени была распространена в вариантах с повышенными дозами удобрений на фоне разных обработок почвы. При этом, мелкая безотвальная обработка почвы дисками способствовала сохранению возбудителя оливковой плесени в верхнем слое почвы.

Таблица 1. - Влияние агротехнических приемов возделывания ячменя на развитие болезней (средние данные за 1991-1993 гг.)

Нормы внесения удобрений (варианты опыта)	Способ обработки почвы	Поражение растений болезнями, %			
		сетчатый гельминтоспориоз			оливковая плесень
		выход в	колошение	молочная	молочно-

		трубку		спелость	восковая спелость
Контроль (A ₀)	Вспашка	3,5	17,0	1,0	7,0
	Дискование	2,5	15,0	1,0	15,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ Mg ₃₀ (A ₁)	Вспашка	0,5	12,5	5,0	15,0
	Дискование	2,0	15,0	3,0	22,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Mg ₄₀ (A ₂)	Вспашка	1,5	12,5	5,0	35,0
	Дискование	1,5	15,0	5,0	40,0

Несбалансированное внесение удобрений в посевах овса, как и их полное отсутствие, а также внесение извести, навоза или сапропеля в разных дозах способствовало развитию *Puccinia coronifera* Kleb., особенно в фазу молочно-восковой спелости. Внесение N₆₀P₉₀ и N₆₀K₁₂₀ как и N₆₀P₉₀K₁₂₀ (Фон), напротив, не способствуют развитию корончатой ржавчины. Следует отметить, что сочетание внесения удобрений (Фон) и навоза, извести или их совместное внесение обеспечивало благоприятную фитосанитарную обстановку в отношении корончатой ржавчины овса.

В мелкоделяночном опыте показано, что развитие патогенов, вызывающих прикорневые гнили стеблей озимой ржи, в варианте без внесения удобрений развитие болезней было существенно выше, чем в вариантах с внесением элементов минерального питания при нормах расхода N₆₀P₉₀K₁₂₀: в первом случае встречаемость грибов из рода *Fusarium* составило суммарно 50%, во втором – 20 %, т. е., в случае внесения удобрений в почву под посев, развитие болезней было в 2,5 раз ниже, чем на «обедненной» почве (табл.2). Частота встречаемости фитотоксичных сапрофитов (совокупно по всем видам, представленным в табл.) на «неудобренных» вариантах была в 1,3 раза выше, чем в вариантах с внесением удобрений.

Таблица 2. - Анализ и прогнозируемость фитосанитарной и биологической эффективности применения удобрений и триазолов на двухсезонных культурах (1992-1993)

Виды микроорганизмов	Частота встречаемости грибов (%) в различных вариантах опыта			
	без удобрений		N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	
	-*	фунгицид	-*	фунгицид
Фитопатогены:				
<i>Fusarium nivale</i>	45	35	20	45
<i>F. avenaceum</i>	5	0	0	0
<i>F. culmorum</i>		10	0	0
<i>Microdochium bolleyi</i>	5	25	15	20
Фитотоксичные сапрофиты:				
<i>Alternaria alternata</i>	10	10	0	0
<i>Cladosporium herbarum</i>	50	50	45	45
<i>Rhizopus nigricans</i>	10	0	10	5
<i>Ulocladium consortiale</i>	0	5	0	3
<i>И др</i>				

-* - без фунгицидной обработки, фунгицид - обработка триадимефоном (фунгицид Байлетон, СП - д.в. триадимефон, химический класс триазолов) в фазу флаг-лист – начало колошения в норме расхода 0,5 кг/га (расход рабочей жидкости 300 л/га)

Развитие возбудителей прикорневой гнили стеблей ячменя ярового, выращиваемого на разном фоне минерального питания, свидетельствует о той же тенденции: частота встречаемости грибов была выше в вариантах без внесения удобрений почти в 2 раза.

3.2. Особенности формирования консорциума грибов на выведенных из хозяйственного оборота радиоактивно загрязненных территориях в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС

Структура микоценозов на бывших полях зерновых, многолетних трав, а также картофеля и люпина (плотность загрязнения ^{137}Cs 1,5 МБк/м² и выше) хотя и была типичной для этих культур в средней полосе РФ, однако имела свои особенности.

Анализ проб злаковых трав (фаза развития - начало выхода в трубку), собранных в 1991 г. на стационарах 1, 2 и 5, позволил выделить более 300 изолятов микромицетов относящихся к 15 видам 6 родов: *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Sepedonium*. На злаковых и бобовых культурах отмечен повышенный уровень активности патогенов *Rhynchosporium graminicola* Heiny., видов *Septoria*, а также возбудителей антракноза (*Colletotrichum coccodes* Wallr.), ризоктониоза (*Rhizoctonia solani* Kühn.), фузариозов (*Fusarium nivale* Fr.Ces. и *Fusarium sporotrichiella* Bilai.), резиновой гнили (*Geotrichum candidum* Link.)

По частоте встречаемости виды грибов из рода *Fusarium* на стеблях злаковых трав, растущих на временно выведенных из хозяйственного использования полях (по данным 1991 г., стационары 1 - естественный луг и 2 - многолетние травы), занимали до 70-80%, что может служить некоторым показателем нарушения экологического равновесия в микробной среде. Устойчиво доминировал микотоксичный гриб *F. sporotrichiella* (частота встречаемости в фазу «начало выхода в трубку» составила 40%). Для других грибов *Fusarium* – 5-6 на естественном лугу и до 12 – *F. nivale* – на многолетних травах.

Видовой состав грибов на озимой ржи (стационар 2, самосев озимой ржи) также был представлен в основном грибами из рода *Fusarium*, однако на ржи отсутствовали *F. avenaceum*, *F. moniliforme*, *F. sporotrichiella* и *F. oxysporum*, но обнаружены *F. sambucinum*. Кроме того, на ржи выявлен не присутствующий на травах гриб *Rhizoctonia solani*.

В последующие годы тенденция к превалированию на злаковых травах грибов из рода *Fusarium* сохранялась (табл. 3).

Таблица 3. - Микобиота тканей злаковых трав в разные годы после аварии на Чернобыльской АЭС (Новозыбковский район, 1994, 1998 гг.)

Виды микроорганизмов	Частота встречаемости гриба в тканях разных частей стебля злаковых растений, %					
	1994 г.			1998 г.		
	нижней	средней	верхней	нижней	средней	верхней
<i>Fusarium</i> , в том числе: <i>F. oxysporum</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. sporotrichiella</i>	55	18	12	50	12,5	10
<i>Alternaria alternata</i>	0	0	62	10	25	20
<i>Chaetomium globosum</i>	0	22	0	0	12,5	0
<i>Sclerotinia graminearum</i>	0	0	0	0	12,5	0
<i>Trichoderma lignorum</i>	7	0	0	0	0	0
<i>Mycelia sterilia</i>	0	0	12	40	50	80
<i>Cladosporium herbarum</i>	7	33	25	0	0	0
<i>Mucoraceae</i>	43	12	0	0	0	0

При этом частота встречаемости фузариев на растениях злаковых трав в 1998 г. составила 66% по сравнению с 1994 г. Обращает на себя внимание повышенный (на 16 %) уровень инфекции в нижней части стебля, что еще больше увеличивает риск развития корневых гнилей и сохранение инфекции в почве. То есть, злаковые травы сохраняют

эпифитотийную опасность как накопители фузариозной инфекции много лет после прекращения сельскохозяйственной деятельности и не играют роль в борьбе с фузариозами.

Следует отметить, что отличительной особенностью микофлоры ржи (стационар 3, самосев) было интенсивное развитие возбудителя стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis* Pers.) (40-60 % поражения растений ржи против 1-5% на производственных посевах) и повышенный уровень спорыньи (*Claviceps purpurea* Tul.). А на заросшем сорняками и оставленном без ухода посеве люпина обнаружен новый для данной зоны патоген *Gloeosporium lupine* Bon. - возбудитель антракноза люпина. На овсе листовая поверхность встречающихся растений была сильно поражена (до 80%) патогеном *Drechslera avenae*. (Eidam) Scharif. В 1994 году на озимой ржи (стационар 4) обнаружен гриб *Septoria secalis* Prill. et Del., вызывающий пятнистость листьев.

Листья зерновых культур (овес, ячмень и рожь), собранные в 1993-1994 гг. на стационарах 3 и 4, расположенных на отчужденных территориях Новозыбковского региона, также в большинстве случаев были инфицированы патогенами *Rhynchosporium graminicola* и *Septoria sp.*, что прежде всего было обусловлено снижением объема мероприятий по защите растений от вредных организмов и, вследствие этого, накоплением патогенов на растительных остатках и в почве. Кроме того, обнаружен гриб *Cladosporium herbarum*. В целом, в патогенных популяциях в Нечерноземной зоне РФ повышается агрессивность видов грибов *Fusarium nivale*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichiella*, *F. culmorum*, *Rhizoctonia cerealis*. Следует отметить, что активность фитопатогенов с 1993 по 1994 годы имела общую тенденцию к увеличению, однако для ржи этот процесс был более выражен: появились патогены, не встречающиеся в 1993 г.: *Fusarium nivale*, *Ascochyta graminicola*, *Alternaria alternata*, а суммарная активность возросла на 33%.

В 1994 и 1998 годах была проанализирована почва, взятая с корней злаковых трав (стационары 1, 2) и озимой ржи (стационар 4). В почве выведенных из хозяйственного оборота земель Новозыбковского региона было обнаружено 5 видов возбудителей фузариозов: *Fusarium nivale* Fr. Ces., *F. culmorum* Sacc., *F. avenaceum* Sacc., *F. sporotrichiella* Bilai, *F. oxysporum* Schl. Микологический анализ ризосферы спустя 4 года (1998 г.) после первого анализа (1994 г.) показал, что частота встречаемости видов грибов из рода *Fusarium* возросла на 42% на ржи и на 33% на многолетних травах. Обращает на себя внимание также увеличение частоты встречаемости *Trichoderma lignorum* в этих биотопах. Антагонистическая микофлора на стационарах, расположенных на выведенных из хозяйственного использования угодьях СХПК «Комсомолец», более бедная; нам удалось выявить здесь только один вид - *Trichoderma lignorum*.

Таким образом, на отчужденных территориях, где прекращено ведение растениеводства, создается необычная экологическая обстановка, обусловленная процессами стабилизации новой структуры естественных ценозов. Этот процесс развивается неравномерно, на него оказывают влияние множество абиотических (прежде всего, погодных) и биотических (изменения в структуре микробного консорциума в отсутствие мер борьбы с ними), поэтому наблюдаются резкие колебания в активизации отдельных фитопатогенов при сохранении риска возникновения эпифитотийной ситуации.

Изучение микотоксикозных свойств грибов микофлоры зерновых культур показало, что во внутренних тканях злаковых трав, произрастающих на выведенных из хозяйственного оборота полях в зоне радиоактивного загрязнения, интенсивно размножается токсинообразующий гриб *F. sporotrichiella* при одновременном уменьшении распространения других видов грибов. Выделенные штаммы *F. sporotrichiella* T₂-4 и T₂-5 обладали высокой спорулирующей способностью. Отмечена гибель инокулированных проростков озимой пшеницы и озимой ржи на 48-69% (табл. 4). Реакция простейших (парамеций) на токсические свойства штаммов *F. sporotrichiella* были более выражены для штамма T₂-4 (табл. 4).

Таблица 4. - Фитотоксичность штаммов *Fusarium sporotrichiella*, выделенных из разных частей злаковых трав (2003-2008 гг.)

Инокуляция семян штаммами	Гибель проростков (7 суток), %		Реакция простейших
	озимой ржи	озимой пшеницы	
T ₂ - 4	69	66	R ⁺)
T ₂ - 5	49	48	RS
Контроль (без инокуляции)	3	1	

Примечание: R⁺) - гибель парameций наступает через 2-3 мин, RS - через .4-8 мин

Метаболиты грибов из рода *Penicillium*, выделенные из стеблей ячменя, произрастающего на отчужденных территориях, обладали способностью тормозить процессы всхожести и роста растений: отмечено подавление лабораторной всхожести семян ячменя почти вдвое, значимое (на 65 и 69%) торможение высоты проростков. При замачивании семян в суспензии спор *P. viridicatum* торможение высоты составило 16%, *P. cyaneo-fulvum* – 33% (табл. 5).

Таблица 5. - Влияние метаболитов грибов из рода *Penicillium*, выделенных из стеблей ячменя, на лабораторную всхожесть семян и длину семисуточных проростков (2001-2003 гг.), %

Варианты опыта	Лабораторная всхожесть семян		Длина проростков	
	%	% к контролю	см	% к контролю
Контроль (семена замочены в воде)	82		12,7	
Семена замочены в суспензии спор грибов:				
<i>Penicillium cyclopium</i>	42	51,2	4,4	34,6
<i>P. viridicatum</i>	82	100,0	10,6	83,5
<i>P. cyaneo-fulvum</i>	76	92,7	8,5	66,9
<i>P. exprosum</i>	40	48,8	4,0	31,5

Анализ микотоксикозных свойств грибов зерновых культур, оцениваемый по критерию выживаемости парameций, свидетельствует о высокой токсичности *Fusarium graminearum*, *Gliocladium penicilloides*, *Acroconidiella tropaeola* и *Fusarium oxysporum* (наступление гибели в течение 4-6 мин)). Существенно ниже были проявления микотоксикозных свойств грибов *Bipolaris specifera*, *Rhizoctonia solani*, *Epicoccum purpurascens*, *Mycelia sterilia* и *Pyrenophora teres* (наступление гибели в течение 20-30 мин); *Sclerotinia sclerotiorum* наступление гибели в течение 60 мин. При воздействии изолятов других видов грибов парameции оставались живы в течение периода наблюдений (1 ч).

Следовательно, фитотоксичные виды грибов обладают высокими потенциальными возможностями по освоению экологической ниши в сравнении с другими видами и способны нанести вред культурным растениям особенно на ранних фазах роста. Это требует особого подхода к организации защитных мероприятий в условиях техногенного радиоактивного загрязнения почв.

Глава 4. Оценка патогенных и токсических свойств грибов, собранных с территорий с разной плотностью радиоактивного загрязнения и с «чистых» территорий

4.1. Изменение патогенных свойства грибов в зависимости от эколого-радиологических условий

Проведенная в рамках диссертационного исследования сравнительная оценка видового состава микофлоры стеблей озимых зерновых культур (на примере озимой ржи, отчужденные территории, плотность загрязнения ¹³⁷Cs >1480 кБк/м², т. е. >40 Ки/км²) с развитием патогенов на растениях с сопредельных территорий (¹³⁷Cs <37 и 37-185 кБк/м²,

т. е. 1-5 Ки/км²) показала отсутствие существенных различий в структуре микофлоры при разной частоте встречаемости отдельных видов грибов. На долю грибов из рода *Fusarium* приходилось 40-43%, однако на отчужденных территориях по частоте встречаемости доминировал *F. culmorum*, тогда как на сопредельных - *F. oxysporum*. На сопредельных территориях полностью отсутствовали грибы *Helminthosporium sp.*, а на отчужденных - *Aspergillus sp.* Видовая структура микофлоры ризосферы злаковых растений (озимой ржи и многолетних злаковых трав) была представлена в основном грибами из рода *Fusarium* и не зависела от радиологических характеристик (на их долю приходилось 70 и 71 %). На отчужденных территориях отсутствовали грибы *Mucoraceae* и *Trichothecium roseum*; на сопредельных - *Gliocladium roseum*, *Oospora sp.* и *Penicillium chrysogenum*.

Сравнительный анализ видового состава фитопатогенов зерновых и кормовых культур в разных почвенно-климатических зонах имеет свои особенности и потенциально должен быть достаточно близок в местах, относящихся к одной почвенно-климатической зоне. Оценка видового состава грибов на семенах *зерновых культур* (яровые ячмень и овес, озимые - рожь) в Брянской (Новозыбковский район) и Московской областях (I почвенно-климатическая зона, Центральный регион возделывания сельскохозяйственных культур) показала несущественные отличия по группе патогенов, вызывающих пятнистости, корневые гнили и трахеомикозы. Отмечено более высокое распространение гриба *Fusarium sporotrichiella* на яровых зерновых культурах и существенно ниже - на озимой ржи независимо от радиологической характеристики территорий. По общей зараженности семян зерновых культур патогенами отличия между радиоактивно загрязненной и «чистой» зонами колеблются в пределах 28-38% на яровых и 50% на озимой ржи (табл. 6).

Таблица 6. - Активность (вредоносная*) колонизирующей микробиоты семян зерновых культур в условиях Брянской и Московской областей (1991*-1994 гг.), %

Виды грибов	Брянская			Московская		
	ячмень	овес	рожь	ячмень	овес	рожь
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	+++	+	+	+++	+	+
<i>Drechslera avenae</i>		+++			+++	
<i>Drechslera teres</i>	+			+++		
<i>Fusarium culmorum</i>	++		++	+++		++
<i>Fusarium nivale</i>	+++	++	+++	+		+++
<i>Fusarium moniliforme</i>	+	+		+		
<i>Fusarium oxysporum</i>		+			++	
<i>Fusarium sambucinum</i>				+		
<i>Fusarium semitectum</i>					+	
<i>Fusarium sporotrichiella</i>	+++	+++	+	+++	+++	+
<i>Microdochium bolleyi</i>	++	+	+++	+	+	+
<i>Nigrospora oryzae</i>	++	++	++			
<i>Rhizoctonia cerealis</i>	+	+	+	++	++	++
<i>Ulocladium consortiale</i>	+++	++	++			
Суммарная активность, балл	23 (128 %)	18 (138 %)	15 (150 %)	18 (100 %)	13 (100 %)	10 (100 %)

*: +++ - высокая (или 3 балла), ++ - средняя (или 2 балла), + - слабая (или 1 балл), - отсутствуют

Наиболее распространенной группой видов фитопатогенов во всех местах обследований корней и стеблей ячменя в 1993 году (7 лет после аварии на ЧАЭС) были грибы из рода *Fusarium* (табл. 7) и *Bipolaris sorokiniana Shoem.*

В Брянской области обнаружены *Nigrospora oryzae*, *Ulocladium consortiale*, способные снижать всхожесть семян. В обеих областях выделяются потенциально опасные патогены, вызывающие прикорневые гнили злаковых: *Microdochium bolleyi*, *Rhizoctonia cerealis*.

По числу видов грибов лидировала Брянская область (22 вида, из них 9 – фитопатогены/41 %), в Московской области насчитывался 21 вид грибов (7 – фитопатогены/33 %), тогда как в Тамбовской (отличающейся типом почв, II зона) - 17 видов (7 – фитопатогены/41%).

Изучая общебиологические закономерности развития фитопатогенного комплекса и агрессивные свойства популяций фитопатогенов злаковых культур (в целом, яровые, озимые, многолетние травы) Новозыбковского района (^{137}Cs 555· -1480 кБк/м² или 15-40 Ки/км²), установлено, что патогенная микофлора на загрязненной радионуклидами и “чистой” территориях отличаются по активности грибов на 22%.

Таблица 7. - Заселенность грибами корней и стеблей ячменя в различных регионах РФ в 1993 -1994 годах (7 лет после аварии на ЧАЭС)

Вид гриба	*Активность грибов на территории областей:		
	Брянская I почвенно- климатическая зона	Московская I почвенно- климатическая зона	Тамбовская II почвенно- климатическая зона
Фитопатогены:			
<i>Bipolaris sorokiniana</i> Shoem.	+++	+++	+++
<i>Fusarium culmorum</i> (Sm.) Sacc.	++	+++	++
<i>Fusarium nivale</i> Ces.	+++	++	+++
<i>Fusarium sporotrichiella</i> Bilai	+++	++	+++
<i>Fusarium oxysporum</i> (Schl.) Shyd.et Hans.	+		+
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. & Broome) Petch.	++		++
<i>Microdochium bolleyi</i> (Sprag.)	++	+	
<i>Rhizoctonia cerealis</i> van der Hoven	+	+	+
<i>Pythium</i> spp. Hesse		+	
<i>Borytis cinerea</i> Fr.	+		
Расчет суммарной активности (по баллам)	18	13	15
Сапрофиты:			
<i>Alternaria alternata</i>	+++	+++	+++
<i>Aspergillus mulpurena</i>		+	+
<i>Aureobasidium pullans</i>	+	++	
<i>Bricoccus purpurances</i>	+		++
<i>Cladosporium herbarum</i>	+++	+++	+++
<i>Penicillium</i> spp.	++	+++	+
<i>Rhizopus nigricans</i>	+++	++	+++
<i>Mucor</i> sp.	++	++	+++
<i>Ulocladium consortiale</i>	++		
Расчет суммарной активности (по баллам)	17	16	16
Антагонисты:			
<i>Acremontium alternatum</i>	+	+	+
<i>Penicillium chrysogenum</i>	+	+	+++
<i>Gliocladium roseum</i>	+	++	
<i>G. virens</i>	++	+	
<i>G. album</i>		+	
<i>Oospora hyalynula</i>		+	
<i>Trichoderma lignorum</i>	++	+++	+
Расчет суммарной активности (по баллам)	7	11	5
Общее число видов (фитопатогенов)	22 (9)	21 (7)	17 (7)
Расчет суммарной активности (по баллам)	42	40	36

*: +++ - высокая (или 3 балла), ++ - средняя (или 2 балла), + - слабая (или 1 балл), - отсутствуют

При изучении антагонистических свойств микромицетов была отмечена повышенная биологическая активность изолятов ко многим патогенным видам. Таким образом, во внутрь тканей растения проникают не только патогены, но и следующие за ними антагонисты и токсинообразующие сапрофиты. Из этого следует, что массовое проявление многих болезней происходит в результате активизации агрессивных свойств эндогенно сохраняющихся грибов (возбудители фузариозных и гельминтоспориозных заболеваний, ризоктониоза, глеоспороза).

4.2. Соотношение видов фитопатогенов и сапрофитов как характеристика экологических условий

Ответные реакции микробных сообществ на действие ксенобиотиков, поллютантов и стресс-факторов различной природы позволяют оперативно оценить их негативное воздействие на экосистему в целом. Нами установлено (табл. 7), что суммарная активность фитопатогенов на радиоактивно загрязненной территории Брянской области почти на 40 % выше, чем на «чистых» полях Московской области, а активность грибов-антагонистов, напротив, снижена практически на столько же (36,4%). При этом величины общей активности грибов (фитопатогены, сапрофиты и антагонисты) очень близки (42 и 40 балла) в Брянской и Московской областях.

Таблица 8. - Активность грибов (суммарно, в баллах) на территориях областей с разной радиоэкологической обстановкой (по данным табл. 7) и соотношение между разными группами грибов

Группы грибов	Активность грибов (суммарно, в баллах) на территории областей		
	Брянская	Московская	Тамбовская
Фитопатогены	18	13	15
Сапрофиты	17	16	16
Антагонисты	7	11	5
«Фитопатогены /Сапрофиты»	1,1	0,8	0,9
«Фитопатогены /Антагонисты»	2,6	1,2	3,0

Обращает на себя внимание, что соотношение «Фитопатогены / Сапрофиты» и «Фитопатогены / Антагонисты», рассчитанные по величине активности этих групп грибов, в Брянской области были на 37,5% выше, чем в Московской области (табл. 8), а по соотношению «Фитопатогены / Антагонисты» – в 2,2 раз выше, что свидетельствует о высокой патогенной нагрузке на техногенно загрязненных территориях и риске возникновения эпифитотий.

Глава 5. Особенности организации мероприятий по защите растений от болезней на пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС территориях

5.1 Влияние средств защиты растений на активность грибов на территориях, загрязненных радионуклидами

В 1992 - 1994 гг. в мелкоделяночном опыте была проведена сравнительная оценка фитосанитарного состояния в посевах ячменя на радиоактивно загрязненных территориях в условиях проведения и отсутствия мероприятий по защите растений от болезней. Семена ячменя сорта Гонар обрабатывали протравителем Байтан-универсал, СП (15% байтана (триадименол), 7,5% имазолила и 2% фуберидазола) в норме применения 2,0 кг/т. Обработка фунгицидом снижала развитие корневых гнилей более чем в два раза, тормозила проникновение микофлоры в узел кущения растений и обуславливала снижение развития сетчатой пятнистости листьев в 3-6 раз (табл. 9).

Обращают на себя внимание большие различия по распространенности пыльной головни на ячмене в фазу цветения: на контроле распространенность составляла 2%, в вариантах с

Таблица 9. Влияние предпосевной обработки семян на развитие болезней ячменя сорта Гонар (2008-2012гг.)

Варианты опыта	Развитие болезней, % (виды фитопатогенов)		
	Корневые гнили (<i>Fusarium spp.</i> , <i>Bipolaris sorokiniana</i>)	Трахеомикозы (<i>Fusarium spp.</i>)	Сетчатая пятнистость (<i>Drechslera teres</i>)
Контроль	80	70	14
Байтан -универсал, СП, 2 кг/т	27	16	3
Раксил, КС, 0,5 л/т	22	11	5
НСР _{0,05}	3,1	4,9	1,2

обработкой фунгицидным протравителем пораженных растений не обнаружено; развитие ринхоспориоза на контроле 10%, в опыте – 1%. Эффективность протравителя Раксил, КС (60 г/л тебуконазола) - 0,5 л/т, также была высокой и практически не отличалась от эффективности Байтан-универсала. Следует отметить, что применение протравителя Байтан-универсал, СП способствовало увеличению урожая зерна ячменя (до 26%), при этом не отмечено повышение накопления ¹³⁷Cs в урожае (КН – коэффициент накопления, Бк/кг/Бк/кг - в контроле $10,2 \times 10^{-3}$, в опыте $9,8 \times 10^{-3}$).

Изучение развития фузариозов в опыте на яровой пшенице в зависимости от обработок фунгицидами (протравливание семян перед посевом или опрыскивание растений в фазу флаг-лист Альто супер, КЭ - действующие вещества пропиконазол и ципроконазол, 250 + 80 г/л; 0,5 л/га) показало, что наиболее интенсивно стебли и зерно в период полной спелости были заселены фузариозной инфекцией в контроле, менее всего - в вариантах с протравливанием семян Байтан-универсалом: различия почти в 3 раза.

Одним из критериев оценки экологического неблагополучия, формирующегося в результате техногенного загрязнения почв, может считаться изменение чувствительности патогенов к фунгицидам. В проведенных нами лабораторных исследованиях чувствительность различных видов грибов, выделенных из семян и растений пшеницы, ячменя, овса и ржи, к фунгицидам оценивали на примере Альто Супер, КЭ. Многие виды грибов проявляли чувствительность к Альто Супер, начиная с концентрации 5 - 10 мг/100 мл среды (*Bipolaris sorokiniana*, *Nigrospora oryzae*, *Microdochium bolleyi*, *Pyrenophora tritici-repentis*, *Septoria nodorum*, *Rhizoctonia cerealis* и др.). Из антагонистов наиболее подавлялся штамм *Gloeotinia tenulenta*, *Sepedonium macrosporium* и *Trichoderma lignorum*, а из сапрофитов - *Chaetium globosum*.

Фузарии оказались не чувствительны к данному фунгициду. На питательных средах изоляты *Fusarium nivale* расщеплялись на два основных клона - белые и розовые. Анализы на токсигенную активность показали, что у белых изолятов гриба наблюдается повышенная фитотоксичность. С учетом широкого распространения грибов из рода *Fusarium*, высокой токсигенной активности, резистентности к большинству фунгицидных действующих веществ и часто бессимптомному развитию фузариозов, их инфекции носят эпифитотийный характер. В опытах на посевах озимой ржи и ярового ячменя, возделываемых на различных фонах минерального питания (1993 г.), для проверки эффективности химических средств защиты растений против комплекса фитопатогенов применяли фунгицид из класса триазолов - триадимефон (250 г/кг, Байлетон, СП) - 0,5 кг/га. Было показано, что независимо от уровня минерального питания растений, его эффективность против возбудителей прикорневой гнили сохраняется. Поэтому при выборе фунгицидов необходимо обращать внимание на свойства и спектр их активности, чтобы достичь желаемого результата и избежать накопление ксенобиотиков в почве, что особенно негативно может сказаться на ее состоянии в условиях техногенного загрязнения. Кроме того, можно предположить, что побочным эффектом от применения пестицидов (особенно нецелевых) является увеличение плотности популяций возбудителей фузариозов, так как многие виды фузариев на растениях развиваются без видимых проявлений болезни и проведение мероприятий по борьбе с болезнями.

5.2. Изучение эффективности применения грибов-антагонистов для протравливания семян зерновых культур против корневых и прикорневых гнилей зерновых культур

Известно, что присутствие различных видов патогенных грибов в тканях и органах растений способно усиливать супрессивные свойства агрофитоценоза. Изучение структуры фитопатогенного комплекса в мелкоделяночном опыте на пшенице яровой Саратовская 29 проводили с применением для обработки семян суспензией спор грибов-антагонистов *Trichoderma lignorum*, *Nematogonium auratiacum*, *Drechslera biseptata*, *Dactylella anisomeres*, *Virgariella atra*, *Rhinocephalum chochrjakovii*. В опыте на ячмене яровом Гонар семена обрабатывали *Trichoderma lignorum*, *Nematogonium auratiacum*, а также фунгицидом Байтан-универсал, СП. Применение Байтан-универсал, СП или *Nematogonium aurantiacum* сдерживало развитие пыльной головки ячменя. Наилучшие показатели продуктивности (масса зерна в пересчете на 1 га и масса 1000 зерен) отмечены при обработке семян ячменя *Nematogonium aurantiacum* (табл. 10).

Таблица 10. - Влияние предпосевной обработки семян суспензией спор-грибов-антагонистов на урожайность ячменя сорта Гонар, Новозыбковский район, 1993 -1995 гг.)

Варианты опыта	Поражение посевов пыльной головней	Хозяйственная эффективность (в % к контролю)	
		по массе 1000 зерен	по урожайности
<i>Nematogonium aurantiacum</i>	-	+4,3	+17,7
<i>Trichoderma lignorum</i>	+	-2,4	-6,1
Байтан-универсал	-	-3,5	15,8

- нет поражения, + растения поражены

Испытания грибов-антагонистов на пшенице также свидетельствуют о том, что взятые в опыт виды грибов сдерживали развитие корневых гнилей (на 18-42%). Урожай зерна (в пересчете на 1 га) был выше в вариантах, где семена обрабатывали суспензией видов грибов: *Dactylella anisomeres* (+14,6%), *Drechslera biseptata* (+13,0%), *Virgariella atra* (+11,9%) (табл. 11). Причем повышение урожайности происходило как за счет увеличения массы 1000 зерен на 1-2%, так и за счет озерненности колоса и количества продуктивных стеблей (табл. 11).

Результаты изучения предпосевной обработки семян пшеницы суспензией грибов-антагонистов подтвердили стимулирующую активность грибов *Nematogonium aurantiacum*, *Trichoderma lignorum*, *Dactylella anisomeres*. Установлено, что всхожесть яровой пшеницы сорта Саратовская 29 увеличилась на 16 %, а длина семисуточных

Таблица 11. - Защитные свойства грибов-антагонистов против почвенной инфекции (пшеница яровая, сорт Саратовская 29)

Варианты опыта	Пораженность корневыми гнилями, %	Хозяйственная эффективность (в % к контролю)	
		По массе 1000 зерен	По урожайности
<i>Dactylella anisomeres</i>	28	+1,8	+14,6
<i>Drechslera biseptata</i>	26	+1,8	+13,0
<i>Virgariella atra</i>	30	34,5	+11,9
<i>Rhinocephalum chochrjakovii</i>	26	+1,2	+8,4
<i>Trichoderma lignorum</i>	20	+1,5	+7,6
<i>Nematogonium aurantiacum</i>	20	+0,9	+5,7

проростков на 22 % при использовании для обработки семян суспензии *Nematogonium aurantiacum* и на 24 и 33 %, соответственно, при использовании суспензии *Trichoderma lignorum*. Отмечено опережение прохождения фаз (ускорение появления всходов на 2 сут, 2-го листа по сравнению с контролем), более интенсивного накопления биомассы на 25 сутки роста (в 1,5 и 2 раза) и на 40-е сутки (в 1,4 и 1,2 раза, соответственно, для *Nematogonium auratiacum* и *Trichoderma lignorum*). При искусственном заражении почвы

возбудителем корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* обработка семян суспензией грибов-антагонистов способствовало более интенсивному накоплению биомассы 25- и 40-суточных проростков.

Таким образом, на примере использования некоторых видов грибов-антагонистов на яровых зерновых культурах (пшеница, ячмень) в условиях полевого мелкоделяночного и вегетационного опытов доказана их положительная роль в снижении пораженности растений патогенной инфекцией, усилении процессов роста и развития растений, формировании продуктивности, то есть, более полной реализации генетического потенциала сорта. Это имеет важное значение при ведении растениеводства на техногенно (загрязнение радионуклидами) загрязненных территориях, поскольку повышение биомассы растений (как и увеличение выхода зерна) приводит к снижению накопления ^{137}Cs за счет так называемых процессов «разбавления» [Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В., 1991].

5.3. Оптимизация системы защиты растений на территориях, подвергшихся радиоактивному техногенному загрязнению, и имеющих разный статус хозяйственного использования

Защита растений от вредных организмов является неотъемлемым элементом технологий производства растениеводческой продукции. В условиях техногенного радиоактивного загрязнения использование традиционного химического метода защиты растений от болезней может быть недостаточно, поскольку необходимо учитывать случившиеся изменения в технологических цепочках, обусловленные необходимостью: 1) получения растениеводческой продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, 2) внедрения экологически ориентированных средств и методов защиты растений от вредных организмов; 3) снижения техногенной нагрузки на почвенный микробный ценоз; 4) создания наиболее благоприятных условий труда для работников, связанных с проведением защитных мероприятий [Филипас А. С., Ульяненко Л.Н., 2012]. Базой для отработки мероприятий по защите растений при ведении растениеводства по специальным технологиям являются результаты постоянных наблюдений за состоянием фитосанитарной обстановки в агроценозах на сельскохозяйственных угодьях юго-западных районов Брянской области (Новозыбковский район, плотность загрязнения ^{137}Cs 5 - 40 Ки/км²). Для формирования и/или поддержания благополучной фитосанитарной обстановки должны внедряться приемы защиты растений от вредных организмов, основным требованием к которым является встраиваемость в существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, которые направлены на снижение общей антропогенной нагрузки на агроэкосистемы. К ним, безусловно, относится предпосевная обработка семян против комплекса фитопатогенной инфекции. Преимущество использования этого приема на территориях с разной плотностью радиоактивного загрязнения заключается в том, что обработка семян может проводиться вне зоны техногенного загрязнения, что приводит к сокращению пребывания работников производства в условиях повышенного радиационного фона. Проведенный в рамках наших исследований микофлористический анализ на посевах злаковых зерновых культур, произрастающих на радиоактивно загрязненных территориях как с ведением растениеводства по специальным технологиям, так и временно выведенных из хозяйственного использования, позволил выявить и идентифицировать виды патогенов, которые в большинстве своем (более 60 % видов) передаются с семенами (*Ustilago spp.*, *Tilletia caries spp.*, *Cochliobolus sativus*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium spp.*, *Septoria spp.*, *Pyrenophora* и др.). Это актуализирует проблему предпосевной обработки семян особенно с появлением на рынке пестицидов препаратов, содержащих несколько действующих веществ с фунгицидной активностью, позволяющих бороться как с поверхностной инфекцией, так и с патогенами, находящимися внутри семени. Добавление в состав

протравителя препарата с инсектицидной активностью даёт возможность уничтожить вредителей, обитающих в ризосферной зоне, а также за счет системного действия – вредителей всходов. Кроме этого, обработка семян биопрепаратами с фунгицидной активностью и регуляторами роста растений позволяют повысить иммунитет растений и снизить их поражаемость фитопатогенами. Тем более, что экологические последствия применения пестицидов в регионах, характеризующихся слабой супрессивной активностью почвенной микробиоты (к каким относятся почвы Новозыбковского района Брянской области, в котором были проведены исследования), может быть более глубокими, чем в богатых биоразнообразием агробиоценозах.

Ряд фитопатогенов специализированы к определенному растению-хозяину, для борьбы с ними необходимо проводить чередование культур в рамках научно-обоснованного севооборота, принятого в данной природно-климатической зоне. Материалы микологических анализов растений показывают, что используемые в полевых опытах фунгициды (в основном из класса триазолов) проявляют селективный эффект на патогенные консорции и популяции, подавляя часть видов, но способствуя распространению других, иногда не менее вредоносных, что, в частности, отмечалось для грибов рода *Fusarium*, имеющих широкое распространение, особенно в отчужденной зоне. Таким образом, реализация алгоритма защиты растений невозможна без корректного прогноза развития вредных организмов, основанных на данных фитозоомониторинга.

Анализ результатов исследований за период 1992-2021 годов (табл. 12) дает основание представить усредненные показатели фитосанитарного состояния с целью проектирования и формирования участков на отчужденных территориях Новозыбковского района Брянской области для разнопланового хозяйственного использования (в том числе, стационарного многолетнего питомниководства кормовых культур).

Таблица 12. - Усредненные данные распространения болезней растений на отчужденных территориях Новозыбковского района Брянской области (%) (1991 -2021 гг.)

Болезни	0,6*	0,6**	1,4***
Ржавчина	40	10	10
Мучнистая роса	15	15	50
Пятнистости	25	25	30
Смешанное поражение	20	25	50

Примечание: * ГТК-I – средний показатель за 1992-1994 гг.; ** ГТК-II – средний показатель за 2000 -2002 гг.; ***ГТК-III – средний показатель за 2019-2021 гг.

Принципы разработки систем защиты растений на радиоактивно загрязненных территориях с ведением растениеводства отражены на рис. 1. Схема разработки систем защиты растений от болезней на отчужденных территориях представлена на рис. 2.

Критически звеном системы защиты от болезней, поддающимся контролю человеком, являются технологии возделывания и основной компонент агроценоза - сельскохозяйственные растения. Поэтому, основное внимание должно уделяться «здоровью» семенного материала и четкой организации его фитоэкспертизы, которая определяет стратегию защитных мероприятий. С учетом полученных нами ограниченных данных, можно заключить, что предпосевная обработка посевного материала позволяет в большей степени приблизиться к достижению реализации генетического потенциала сорта.

Не поддающимся контролю человеком (или в меньшей степени контролируемыими) остаются абиотические условия. Однако при поддержании иммунного статуса растений за счет проведения комплексных защитных мероприятий (борьба с болезнями, вредителями и сорной растительностью в агробиоценозах) риск от негативного влияния погодных условий нивелируется. На отчужденных территориях в условиях прекращения хозяйственной деятельности отмечается переход к формированию

естественных биоценозов, что неизбежно сопряжено со спонтанностью развития отдельных видов вредных организмов, смене доминант(ов) и их вредоносных свойств. Это в полной мере относится к фитопатогенам. Поэтому главной задачей для разработки системы защиты растений является выявление нетипичных для региона болезней (как по результатам наших

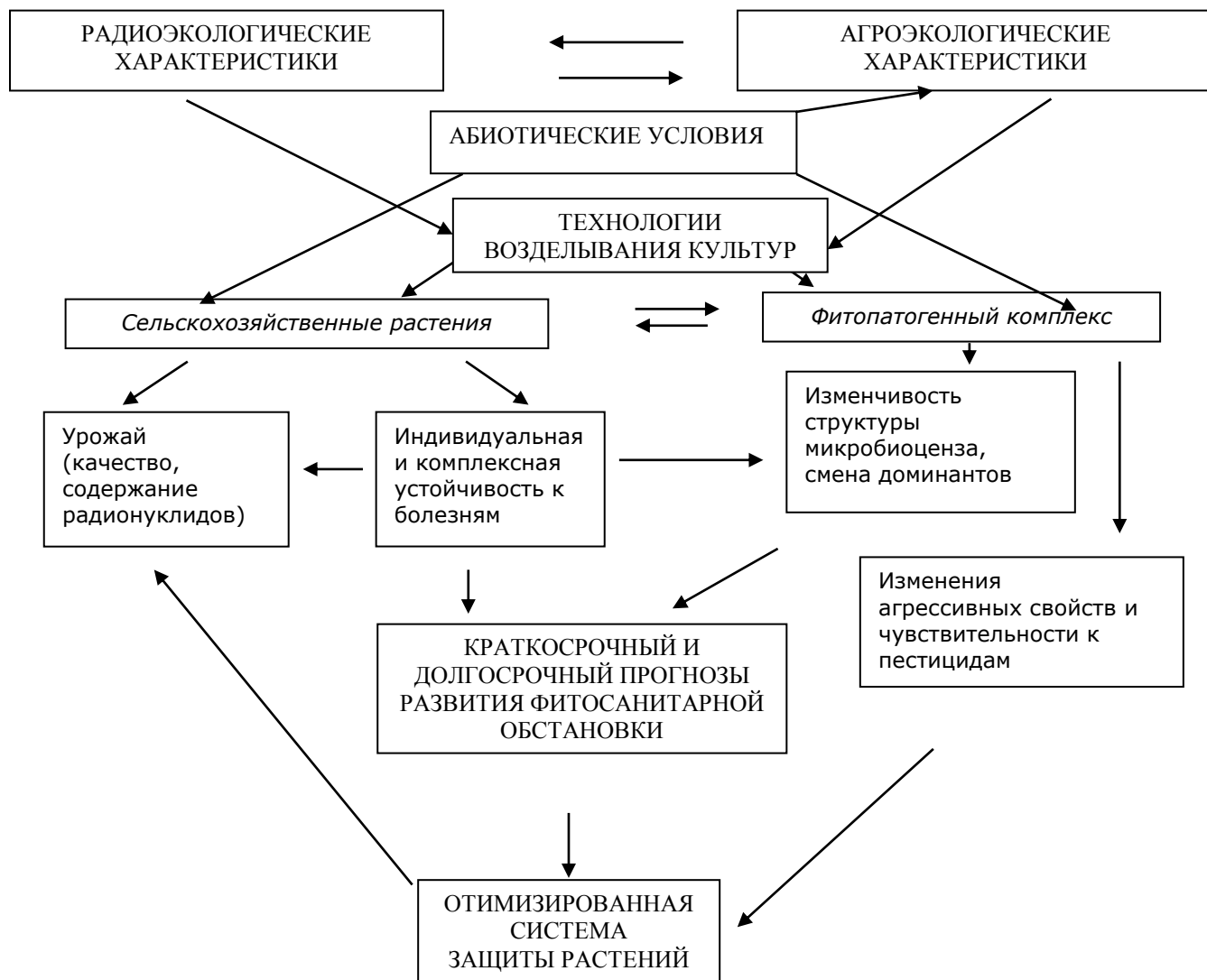


Рисунок 1 - Принципиальная схема защиты растений от болезней на радиоактивно загрязненных территориях с ведением растениеводства (2003-2017 гг.)

наблюдений было отмечено для люпина - антракноз бобов), формирование локальных очагов массового размножения потенциально опасных видов фитопатогенов (что было характерно для распространения грибов из рода *Fusarium*), изменение токсиногенных свойств патогенов. На основании этих данных разрабатываются меры для подавления патогенных грибов с помощью химического метода защиты (использование фунгицидов). Это имеет определяющее значение для предотвращения переноса инфекции на сопредельные территории и поля с ведением растениеводства. Следует отметить, что поддержание благополучной фитосанитарной обстановки на отчужденных полях является необходимым условием возобновления хозяйственной деятельности, что в свою очередь требует обязательного проведения защитных мероприятий в полном объеме (борьба с сорной растительностью, как совокупностью опасных растений, так и местом резервации вредных организмов, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур).

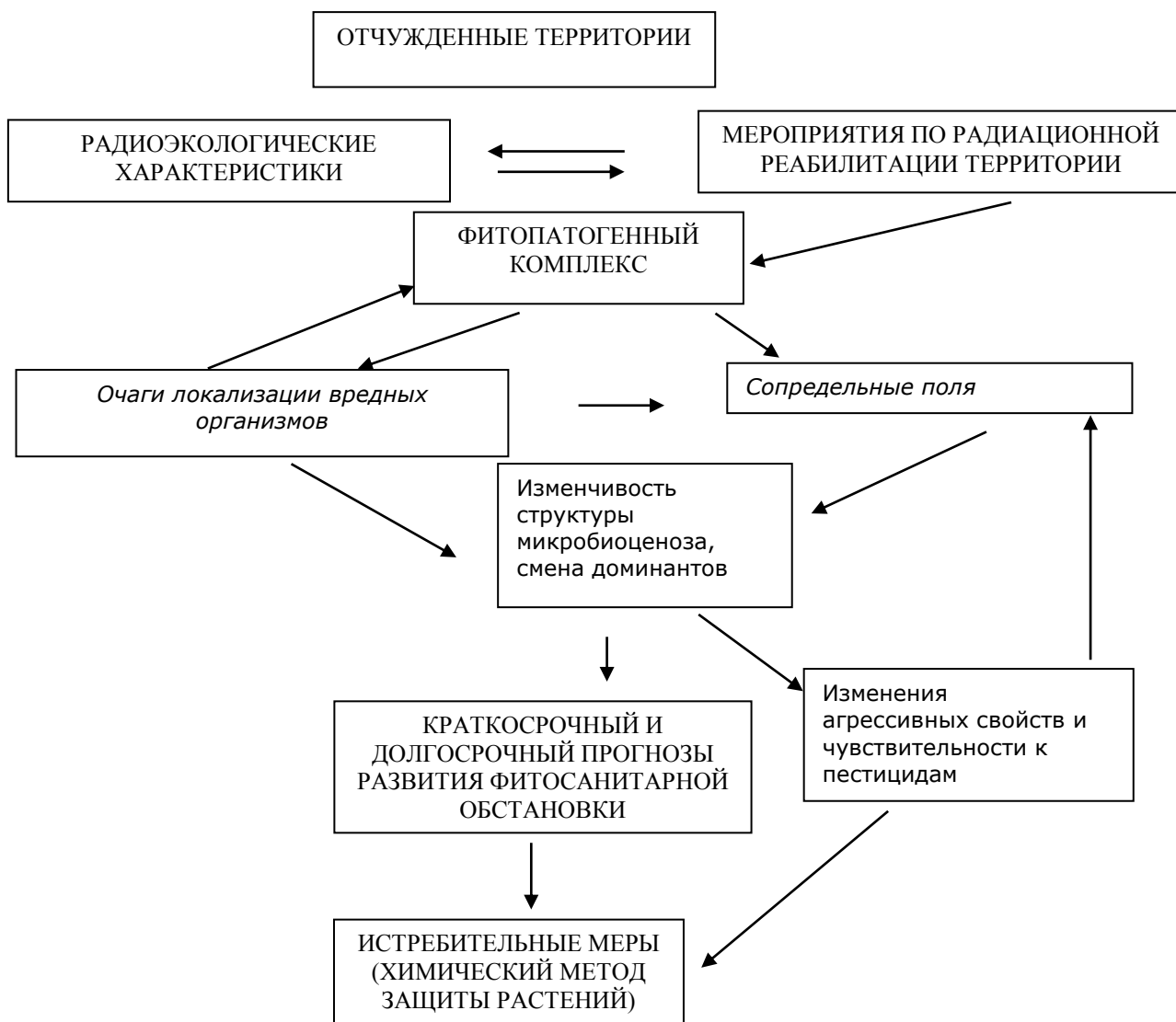


Рисунок 2. - Принципиальная схема защитных мероприятий по борьбе с болезнями растений на отчужденных территориях вследствие высокой плотности радиоактивного загрязнения (1993 -2020 гг.)

Для понимания процесса важное значение взаимодействия патогена с растением-хозяином, влияние на эпифитотии климатических и биоценологических факторов, значения конкуренции паразитов друг с другом за субстрат, роль антагонистов и др. Таким образом, если к уже имеющимся присоединяется еще один фактор - радиационно-экологический, то полифакторный вектор проблемы переходит в масштабный со многими меняющимися переменными.

Следует отметить, что и на отчужденных территориях большое влияние оказывают абиотические факторы. Кроме того, в ликвидации очагов инфекции определяющее значение имеет выбор фунгицида. От успешности этих мероприятий может, по сути, зависеть эпифитотийная ситуация региона.

Вообще, организация системы защиты растений на радиоактивно загрязненных территориях это не только постоянно действующие и плановые мероприятия, проведение которых базируется на краткосрочных и долгосрочных прогнозах, но и комплексность подхода (включая сопредельные территории) и оперативное реагирование.

Заключение

Необходимой платформой развития современных исследований в области минимизации последствий радиоактивных аварий для растениеводства и основой их

практического внедрения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур или охраны окружающей среды является изучение фитосанитарного состояния на различных экспериментальных площадках с разной плотностью радиоактивного загрязнения и в различных эко- и агробиотопах. В измененных условиях существования (как это случилось после отчуждения территорий с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs), микробиота также оказалась подвержена непосредственному действию опасных веществ, однако, сформировавшиеся после аварии дозы облучения по сравнению с теми, которые требуются для подавления клеток патогенов, невелики и не способны привести к их уничтожению [Егорова А.С., Гесслер Н.Н., Рязанова Л.П., и др., 2015]. Возможно поэтому в наших исследованиях не выявлено элиминации видов патогенов, а структура ценоза через 5 - 12 лет после аварии на Чернобыльской АЭС оставалась, в основном, типичной для региона, как на полях с ведением растениеводства по специальным технологиям, так и на отчужденных территориях.

В полевых мелкоделяночных опытах на радиоактивно загрязненных территориях с внесением разных норм удобрений нами показано, что при сбалансированном содержании макро- и микроэлементов фитосанитарная обстановка стабилизируется, но ее благополучие достигается только в случае проведения мероприятий по защите растений от болезней и корректном подборе фунгицидов, особенно учитывая, что агрессивные свойства грибов в ряде случаев повышаются.

В зоне отчуждения (на посевах, оставшихся без агротехнического ухода и на падалице на зарастающих полях на месте прежних посевов) в 1991 г. обнаружены виды нетипичных для региона патогенов. Их можно разделить на три группы: 1) новые для Европейской части Российской Федерации, 2) относительно новые, т. е. прежде нигде не проявлявшие вредоносную активность, 3) обычные патогены, но проявившие более высокую активность в зоне отчуждения, чем на прилегающих территориях.

К группе новых болезней отнесена серая гниль стеблей картофеля, вызванная специализированной формой гриба *Botrytis cinerea* Fr. (исследования выполнены нами, но не вошли отдельным материалом в диссертацию). Эта форма патогена прогрессирует как опасная для картофеля в ряде зарубежных стран, тогда как в России обнаружена только локально (о. Сахалин, 1986 г.).

Ко второй группе относится обнаруженный на люпине новый для данной зоны патоген *Gloesporium lupini* Wop. - возбудитель антракноза бобов. Возбудитель может распространяться аэрогенно, семенами и с сенажом. Этот гриб был обнаружен на люпине в начале столетия, но никогда не проявлял агрессивности. Зарегистрированный нами очаг болезни (около 50 га) на полях СХПК «Комсомолец» (стационар № 4) отсутствовал на других полях зоны отчуждения и на прилегающих территориях. Колонии гриба оказались резистентными к фунгицидам, обычно используемым для обработок посевов и протравливания семян. При изучении морфолого-культуральных признаков гриба *G. lupini* обнаружены признаки, отличающиеся от типичных для этого вида, что дает основание предполагать возникновение генетически измененной формы патогена и связанное с этим повышение его вирулентных свойств.

К третьей группе болезней, проявивших повышенную активность, в период исследований (1991-1998 гг.) относятся *Drechslera avenae* (Eidam) Scharif. (= *Helminthosporium avenae* Eidam) (70-80% поражения листьев овса против 10-15% на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции); *Puccinia graminis* на ржи (30-40%, против 0-1% на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции); спорынья ржи - *Claviceps purpurea* (10%, против 0,2 % на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции).

Результаты микологических анализов, изучение селективных свойств фунгицидов для предпосевной обработки семян и по вегетации, обработка семян суспензией грибов-антагонистов свидетельствуют о том, что фитотоксичные виды обладают высокими потенциальными свойствами по освоению экологической ниши в сравнении с другими

видами и способны нанести вред культурным растениям особенно на ранних фазах роста. Обращает на себя внимание существенные различия в соотношении а) «Фитопатогены / Сапрофиты» и б) «Фитопатогены / Антагонисты» в Брянской и в «чистой» Московской областях: на 37,4 % для а) и в 2,2 раза для б) выше в Брянской области по сравнению с Московской.

Наличие комплекса патогенов и токсинообразующих видов грибов требует серьезного подхода к организации мероприятий по защите растений от вредных организмов в условиях техногенного радиоактивного загрязнения почв. Разработка систем ведения растениеводства на территориях, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС, должна основываться прежде всего на анализе радиэкологической обстановки и тенденций в ее изменении. Принятие решений строится на научно-обоснованных представлениях о состоянии агроэкосистем в целом, состоянии и роли их отдельных компонентов, а также системе хозяйствования и используемых технологий. При этом оптимизация процессов, в том числе и в защите растений от болезней - одна из значимых задач на территориях с повышенным содержанием радионуклидов, которой уделяется особое внимание, поскольку это связано с получением продукции хорошего качества и соответствующей принятым санитарно-гигиеническим нормативам.

Выводы

1. Установлено, что радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий Новозыбковского района Брянской области в результате аварии на Чернобыльской АЭС приводит к изменению микробного консорциума, носящему длительный и устойчивый характер. На полях с плотностью загрязнения $^{137}\text{Cs} < 1,2 \text{ МБк/м}^2$ использование приемов, направленных на снижение содержания радионуклида в урожае яровых и озимых зерновых культур (сбалансированный уровень элементов минерального питания, внесение агрохимикатов, обработка почвы), способствует формированию благополучной фитосанитарной обстановки. Так, на фоне внесения $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}\text{Mg}_{30}$ или $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}\text{Mg}_{40}$ по вспашке почвы развитие сетчатого гельминтоспориоза (*Helminthosporium teres* Sacc.) в фазу колошения ячменя (фаза максимального развития болезни) было на 26,5 % ниже, чем в контроле. Вместе с тем, повышенные нормы НРК приводили к более высокому поражению растений оливковой плесенью. Отмечены повышенная распространенность и развитие корончатой ржавчины овса (*Puccinia coronifera* Kleb.) на фоне внесения 50 и 100 т/га сапропеля.

2. Развитие фитопатогенов, вызывающих прикорневые гнили озимой ржи, было в 2,5 раз ниже при внесении удобрений $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ под посев, чем на «обедненной» почве, а частота встречаемости фитотоксичных сапрофитов в 1,3 раза ниже. При этом эффективность применения фунгицидов против *Fusarium spp.* была выше в вариантах с внесением удобрений. Такие же тенденции отмечены и в подавлении развития прикорневой гнили ярового ячменя. Следовательно, для повышения эффективности защиты от болезней, выбор фунгицида должен быть основан на анализе фитопатогенного комплекса и прогнозе динамике развития наиболее вредоносных видов.

3. На отчужденных территориях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 1,5 МБк/м² и выше, где прекращено ведение растениеводства, создается необычная экологическая обстановка, обусловленная процессами восстановления естественных ценозов. Спустя 5 лет после аварии на ЧАЭС структура микоценозов полей зерновых культур, многолетних трав и картофеля оставалась типичной для региона при повышенном уровне *Fusarium nivale*, *F. sporotrichiella*, *Rhynchosporium graminicola*, *Septoria spp.*, антракноза (*Colletotrichum coccodes*), ризоктониоза (*Rhizoctonia solani*) и резиновой гнили (*Geotrichum candidum* Link.) картофеля. На люпине обнаружен новый для данной зоны патоген *Gloeosporium lupine* Bon. - возбудитель антракноза люпина. Отмечено устойчивое доминирование микотоксичного гриба *F. sporotrichiella* и увеличение частоты встречаемости *Fusarium*

spp. в ризосфере полевых культур (озимая рожь, многолетние травы) спустя 12 лет после аварии в среднем на 30-40 %. При этом злаковые травы остаются накопителями фузариозной инфекции.

4. Оценка микотоксикозных свойств грибов микофлоры зерновых культур, произрастающих на отчужденных территориях, по критерию выживаемости парамедий свидетельствует о высокой токсичности *Fusarium graminearum*, *Gliocladium penicilloides*, *Acroconidiella tropaeola* и *Fusarium oxysporum*. Микотоксикозные свойства грибов *Bipolaris specifera*, *Rhizoctonia solani*, *Epicoccum purpurascens*, *Mycelia sterilla* и *Pyrenophora teres* были в 5-6 раз меньше, а *Sclerotinia sclerotiorum* - в 10 раз меньше.

5. Частота встречаемости патогенов озимой ржи и ячменя на отчужденных и сопредельных полях Брянской области практически не имела различий, однако на отчужденных территориях в большем количестве выявлен гриб *Cladosporium herbarum*. На отчужденных территориях были выше, чем в «чистой» (Московская область) зоне: зараженность семян яровых зерновых культур на 28-38 %, озимой ржи на 50 %; доля фитопатогенов в структуре микоценоза зерновых культур на 8 %, суммарная вредоносность фитопатогенов почти на 40 %, при снижении на 36 % активности грибов-антагонистов в зоне радиоактивного загрязнения.

6. Установлено, что независимо от уровня минерального питания растений, биотопа и плотности радиоактивного загрязнения почв (от 0,5 до 1,5 МБк/м²) эффективность химических средств защиты от фитопатогенов сохраняется. Применение фунгицидных протравителей для предпосевной обработки семян ячменя сорта Гонор сдерживало развитие основных болезней (фузариозов в 2 раза), приводило к увеличению урожая зерна (до 26 %) при отсутствии повышения накопления ¹³⁷Cs в нем. Показано, что *Bipolaris sorokiniana*, *Nigrospora oryzae*, *Microdochium bolleyi*, *Pyrenophora tritici-repentis*, *Septoria nodorum*, *Rhizoctonia cerealis* и др. проявляют чувствительность к триаколам (на примере Альто Супер, КЭ, содержащего 250 г/л пропиконазола и 80 г/л ципроконазола), начиная с концентрации 5 - 10 мг/100 мл среды. Отмечена повышенная токсигенная активность у белых изолятов гриба *Fusarium nivale*. Это диктует необходимость подбора фунгицидов с учетом их спектра действия и структуры конкретного микоценоза.

7. Доказана положительная роль предпосевной обработки семян яровых зерновых культур (пшеница, ячмень) некоторыми видами грибов-антагонистов, которые в условиях полевого медкоделяночного и вегетационного опытов снижали пораженность растений корневыми гнилями, усиливали процессы роста и развития растений, и продуктивность. Использование *Dactylella anisomeres*, *Drechslera biseptata* и *Virgariella atra* на яровой пшенице сорта Саратовская 29 приводило к повышению урожайности на 12-15 %, а при использовании *Trichoderma lignorum* – на 8 %.

8. Защита растений от болезней на радиоактивно загрязненных территориях должна являться неотъемлемым элементом возделывания сельскохозяйственных культур. Для поддержания благополучной фитосанитарной обстановки на территориях с ведением растениеводства по специальным технологиям, необходимо внедрять приемы, обеспечивающие получение продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, и снижение общей антропогенной нагрузки на агробиоценозы. Например предпосевной обработкой семян (фунгициды, грибы-антагонисты и другие агрохимикаты). При выборе фунгицидов для опрыскивания растений в период вегетации следует учитывать структуру микоценоза и свойства фунгицидов, чтобы, проявляя селективный эффект на часть видов, препараты не способствовали распространению других не менее вредоносных фитопатогенов. Это также имеет огромное значение для отчужденной зоны, характеризующейся недетерминированным распространением опасных видов, сдвиг в структуре которых может привести к возникновению эпифитотий. Основной задачей защиты растений на отчужденных территориях остается предотвращение возникновения очагов инфекции и снижение риска ее переноса на сопредельные поля.

Рекомендации для производства

В условиях загрязнения почв радионуклидами защита зерновых и кормовых культур, в том числе на выводных территориях от болезней имеет свои особенности, при которых использование традиционного химического метода защиты растений от болезней может эффективно сочетаться с устойчивостью сортов, гибридов, дозами вносимых удобрений, при этом требуется учитывать случившиеся изменения в технологических цепочках, обусловленные необходимостью: 1) получения растениеводческой продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, 2) внедрения экологически ориентированных средств и методов защиты растений от вредных организмов; 3) снижения техногенной нагрузки на почвенный микробоценоз; 4) создания наиболее благоприятных условий труда для работников, связанных с проведением защитных мероприятий.

Для формирования и (или) поддержания благополучной фитосанитарной обстановки должны внедряться приемы защиты растений от вредных организмов, основным требованием к которым является встраиваемость в существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, направленных на снижение общей антропогенной, в том числе антистрессовой нагрузки на агроэкосистемы.

Список опубликованных работ по теме диссертации в изданиях из перечня ВАК РФ, РИНЦ, программы ЭВМ

1. Филипас А.С., Дьяченко И.В., Сучалкин Ф.А., **Михалева С.Н.**, Вакуленко В.В. Использование регуляторов роста растений на радиоактивно загрязненных территориях // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 1. С.38-39.

2. Филипас А.С., Ульяненко Л.Н., Пименов Е.П., ... **Михалева С.Н.**, и др. Развитие болезней злаковых культур на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях // Докл. РАСХН. 1996. № 2. С. 3-5.

3. Filipas A., Oulianenko L., Alexakhin R., Pimenov E., Rudakov O., **Mikhailova S.** Phytopathological state of cereal crop stands on agricultural lands contaminated by radioactive substances following the accident at the Chernobyl NPP Arch. Phytopath. Pflanz. 1997. Vol.31. P. 133-140.

4. Будынков Н.И., **Михалева С.Н.**, Проскурин А.В. Динамика факультативных паразитов грибной природы в полевых агроценозах Западной части Волгоградской области с минимальной обработкой почвы // Агрехимия. 2021. С.

5. **Михалева С.Н.**, Ульяненко Л.Н., Акимова С.В., Глинушкин А.П. Фитосанитарное состояние на территориях, загрязненных радионуклидами ЧАЭС, и подходы к решению. Проблем, возникающих при их возврате в сельскохозяйственный оборот // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 37-41.

6. Овсянкина, А.В. «Программа автоматизированного ранжирования лекарственных растений в коллекционных посадках по резистентности к болезням и вредителям» /, А.В. Овсянкина, А.В. Коршунов, Т.П. Вечерова, Б.Б. Картабаева, Л.Г. Серая, **С.Н. Михалева**, А.П. Глинушкин // бюл. №7. программа для ЭВМ RU 2022661666, 24.06.2022.

Сборники конференций

1. Филипас А.С., Тараненко В.В., Малов Н.А., **Михалева С.Н.** и др. Фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения местности // Проблемы смягчения последствий Чернобыльской катастрофы: Матер. междунар. семинара. Тез. Докл., Брянск, 1993. Т. 2. С.352-355.

2. Филипас А.С., Пименов Е.П., Ульяненко Л.Н.,, **Михалева С.Н.** Фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных территориях Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность // Всеросс. съезд по защите растений. СПб., декабрь 1995. Тез. докл. СПб..1995. С. 99.

3. Филипас А.С., Ратников А.Н., Ульяненко Л.Н., Пименов Е.П. **Михалева С.Н.** и др. Некоторые аспекты защиты посевов зерновых злаковых культур на техногенно загрязненных территориях Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность // Всерос. съезд по защите растений. Спб., декабрь 1995. Тез. докл. СПб., 1995. С. 143.

4. Филипас А.С., Пименов Е.П., Ульяненко Л.Н., Дьяченко И.В., ...**Михалева С.Н.** и др. К вопросу об экологизации растениеводства в условиях техногенного радиоактивного загрязнения // Повышение плодородия и продуктивности песчаных почв: Тр. Новозыбковского филиала ВИУА. Вып. VI, Брянск. 1996. С. 240-245.

5. Будынков Н.И., **Михалева С.Н.** Быстро- и вялотекущие ситуации с болезнями зерновых культур, приводящие к высокомасштабным потерям их урожая на Европейской территории России // В сб. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». XV Всероссийская научно-практическая конференция. 2016. С. 28-30.

6. Будынков Н.И., **Михалева С.Н.** Факультативные паразиты – возбудители болезней озимой пшеницы в условиях Волгоградской области // В сб. Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль. 2017. С. 114-119.

Рекомендации

1. Филипас А.С., Дьяченко И.В., Пименов Е.П., Хохлов Г.Н., Титова К.Д. **Михалева С.Н.** и др. Особенности технологии защиты ячменя от вредителей и болезней на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению Производство экологически безопасной продукции растениеводства: Региональные рекомендации / под ред. М. С. Соколова и Е. П. Угрюмова., Вып.1. Пущино, 1995. С. 149 -154.

2. Глинушкин А.П., **Михалева С.Н.**, Ульяненко Л.Н. Рекомендации по защите зерновых и кормовых культур в условиях техногенного радиоактивного загрязнения на территории Новозыбковского района Брянской области . Б. Вяземы, 2022. 20 с. ISBN 978-5-6047472-6-1