

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

СЕЛЮК Марина Павловна

**ВЛИЯНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ
КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

06.01.07 – защита растений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель: Торопова Елена Юрьевна,
доктор биологических наук, профессор

Новосибирск 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	4
1	Аналитический обзор литературы.....	9
1.1	Вредоносность и этиология корневых гнилей яровой пшеницы, меры борьбы.....	9
1.2	Фитосанитарные проблемы ресурсосберегающих технологий.....	19
1.3	Роль экологических факторов в развитии корневой гнили пшеницы	28
1.3.1	Роль водного стресса в развитии корневых гнилей.....	28
1.3.2	Роль супрессивности почвы в ограничении корневых гнилей.....	30
1.3.3	Роль сорных растений в развитии корневых гнилей.....	33
2.	Условия и методы проведения исследований.....	36
2.1	Почвенно-климатические условия южной лесостепи Новосибирской и Омской областей.....	36
2.2	Особенности гидротермических условий в годы исследований.....	39
2.3	Методы исследований.....	42
2.3.1	Лабораторные эксперименты (2010-2016 гг.).....	42
2.3.2	Полевые учеты и наблюдения (2010-2016 гг.).....	48
3.	Развитие и этиология корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.....	53
3.1	Динамика корневой гнили яровой пшеницы.....	53
3.2	Этиология корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.....	58
3.3	Заселенность почвы южной лесостепи возбудителями корневых гнилей.....	67
4	Биотические факторы, влияющие на развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.....	79
4.1	Почвенная микрофлора и супрессивность почвы в южной	

	лесостепи Западной Сибири.....	79
4.2	Влияние банка семян сорняков в почве южной лесостепи Западной Сибири на развитие корневой гнили.....	92
5	Обсуждение результатов исследований.....	107
5.1	Статистические связи развития корневой гнили с фитосанитарными и микробиологическими параметрами почвы..	107
5.2	Влияние агроэкологических факторов на урожайность яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.....	108
5.3	Экономическая эффективность применения фитосанитарных предшественников яровой пшеницы в технологии No-till.....	113
	Заключение	117
	Практические предложения.....	120
	Список литературы.....	121

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Современный этап развития земледелия в регионах неустойчивого увлажнения характеризуется двумя особенностями, значимыми для защиты растений: специализацией в возделывании одной культуры и минимизацией обработки почвы. Среди фитосанитарных проблем в технологиях возделывания яровой пшеницы особую значимость имеют корневые гнили, которые ежегодно снижают урожайность яровой пшеницы на 25% и более, вызывая изреживание посевов, угнетение роста, нарушение динамики органогенеза растений, ухудшение формирования элементов структуры урожайности, значительное снижение качества продукции [Коршунова и др., 1976; Хацкевич, 1977; Чулкина, 1985; Бенкен и др., 1987; Разина и др., 2008; Демина, Кинчаров, 2010; Глинушкин и др., 2016; Bernhoft et al., 2010]. В Западной Сибири около 80% площадей, занятых зерновыми культурами, заселены возбудителями корневых гнилей выше пороговых значений и имеют значительный многолетний запас (банк) семян сорняков в почве [Торопова, 2005; Стецов, 2007; Захаров, 2008]. Современные региональные технологии возделывания яровой пшеницы характеризуются значительным разнообразием, включают широкий набор предшественников, приемов обработки почвы, систем органоминерального питания, а также сортовой агротехники, оказывающих существенное влияние на фитосанитарное состояние почвы и растений [Торопова, 2005; Соколов, 2009; Гамзиков, 2013; Власенко и др., 2014б; Долженко и др., 2014].

В связи с необходимостью фитосанитарной оптимизации ресурсосберегающих технологий актуальным является изучение основных агроэкологических факторов, определяющих развитие корневых гнилей яровой пшеницы, особенно в менее изученных засушливых регионах, таких, как южная лесостепь, занимающая 24,7% общей площади пашни в Западной Сибири.

Степень разработанности темы. В России и зарубежных странах изучению влияния агроэкологических факторов на фитосанитарное состояние агроценозов яровой пшеницы и развитие корневых гнилей посвящены работы

[Чумаков, 1946; Ашмарина, 1984; Коробова, 1985; Чулкина, 1985; Сулейменов, 2008; Лапина, 2013; Немченко и др., 2014; Торопова и др., 2016; Mathienson et al., 1990; Fernandez, 2004]. В засушливых зонах Сибири при переходе к ресурсосберегающим технологиям обработки почвы сила влияния агроэкологических факторов на развитие корневых гнилей яровой пшеницы, требует уточнения.

Цель исследования: выявить влияние предшественников, приемов обработки почвы, микробиоты, засоренности почвы семенами сорняков и погодных условий на развитие корневой гнили и урожайность яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние приемов обработки почвы и предшественников на этиологию и динамику корневых гнилей яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.
2. Изучить заселенность и динамику численности в почве конидий *Bipolaris sorokiniana*, сапротрофных почвенных микроорганизмов, семян сорных растений и оценить их влияние на развитие корневой гнили.
3. Выявить связь развития корневых гнилей с продуктивностью яровой пшеницы в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и условий вегетации.

Научная новизна. Впервые в условиях южной лесостепи Новосибирской и Омской областей определены доли влияния предшественников, приемов обработки почвы и погодных условий на развитие корневых гнилей, численность и состояние конидий *B. sorokiniana*, основных групп сапротрофных микроорганизмов, семян сорных растений в почве. Исследована сезонная динамика и уточнена этиология корневых гнилей яровой пшеницы с переходом на ресурсосберегающие обработки почвы и в зависимости от предшественников. Доказана закономерность резкого усиления развития корневой гнили в фазу всходов, изменение соотношения темноцветных и светлоокрашенных возбудителей корневых гнилей в пользу грибов рода *Fusarium*, особенно на

первичных корнях. Доказано влияние приемов обработки почвы на распределение пропагул патогенных микромицетов и семян сорных растений по слоям, влияющее на сезонную динамику корневых гнилей.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Проведен комплексный мониторинг корневых гнилей, фитосанитарного состояния почвы и численности почвенных микроорганизмов после зерновых и фитосанитарных предшественников в зависимости от приемов обработки почвы и погодных условий вегетации в южной лесостепи Западной Сибири. Показана высокая заселенность зональных почв конидиями *B. sorokiniana* и семенами сорных растений при снижении численности сапротрофных почвенных микроорганизмов, особенно в засушливые годы, доказана тесная связь развития корневых гнилей и продуктивности яровой пшеницы с фитосанитарным состоянием почвы и численностью групп микроорганизмов. Определена экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы в зависимости от предшественников.

Результаты исследований используются в учебном процессе Новосибирского ГАУ при подготовке студентов по направлениям 35.03.04 «Агрономия» (уровень бакалавриата) и 35.04.04 «Агрономия» (уровень магистратуры).

Методология и методы исследования. Методология основана на анализе научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. Исследования включали полевые и лабораторные наблюдения и эксперименты, анализ и статистическую обработку полученных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности развития корневых гнилей яровой пшеницы в зависимости от заселенности почвы и распределения конидий *Bipolaris sorokiniana* и семян сорных растений, численности почвенных микроорганизмов.
2. Возрастание роли грибов рода *Fusarium* в этиологии корневых гнилей и изменение сезонной динамики болезни при переходе к почвозащитным приемам обработки почвы.

3. Эффективные предшественники для подавления корневых гнилей и повышения урожайности яровой пшеницы.

Апробация результатов исследования. Диссертационная работа выполнена в рамках гостематики «Разработка адаптивных фитосанитарных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на базе экологического мониторинга вредных организмов в зоне рискованного земледелия Западной Сибири» (номер госрегистрации 01201150334). Основные положения диссертации апробированы на международных (Новосибирск, 2011, 2015; Краснодар, 2011; Махачкала, 2012; Уфа, 2014; Воронеж, 2015; Большие Вяземы, 2015, 2016; Москва, 2017), всероссийских (Курган, 2010; Казань, 2013) и региональных научно-практических конференциях (Новосибирск, 2015; 2016; 2017), на всероссийском конкурсе научно-практических работ по берегающему земледелию (Казань, 2015).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в журналах «Агрохимия», «Защита и карантин растений», «Достижения науки и техники АПК», Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, «Вестник Новосибирского государственного аграрного университета», «Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии», материалах конференций различных уровней, трудах Новосибирского ГАУ. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 6 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 2 в журналах, включенные в международные базы данных.

Личный вклад автора. Работа является обобщением результатов исследований за 7 лет (2010 – 2016 гг.). Автор принимала участие в разработке программы и методологии исследований, непосредственно проводила эксперименты, анализ экспериментальных данных, формулировала научные положения, выводы и предложения практике.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, предложений, списка литературы. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 41 таблицу, 24 рисунка. Список литературы включает 263 наименований, из них 40 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю – доктору биол. наук, профессору Е.Ю. Тороповой за оказанную помощь на всех этапах исследований и при подготовке диссертации, доктору с.-х. наук, профессору Л.В. Юшкевичу за сотрудничество при проведении исследований, доктору с.-х. наук А.А. Беляеву за помощь в статистическом анализе экспериментальных данных, А.Ф. Захарову за практическую помощь в исследованиях.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Вредоносность и этиология корневых гнилей яровой пшеницы, меры борьбы

В условиях современных международных экономических отношений обеспечение продовольственной безопасности России приобретает особое значение. Существенную роль в этом играет зерновое хозяйство. В структуре зерновых культур преобладает пшеница, которую возделывают на площади 25 млн. га, или 55 % всех зерновых культур [Агропромышленный ..., 2014; Милащенко и др., 2015].

Биологический потенциал районированных сортов яровой пшеницы не реализуется в полном объеме. Урожайность пшеницы в условиях экстенсивного земледелия составляет только около одной трети от возможностей сортов. Уровень реализации потенциальной продуктивности культуры можно повысить до 60-70 %, внедряя рекомендованные наукой адаптивные технологии ее возделывания [Чулкина и др., 2003; Алабушев, Раева, 2013].

Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур реализуются на 30-50 % площадей Сибири, но прямой посев (No-till) занимает на данный момент не более 5% площадей. Постепенно тенденция к ресурсосбережению углубляется и, по прогнозам экспертов к 2020 г. около 30% пашни будет возделываться по нулевой технологии [Todorova et al., 2015].

Во многих регионах мира, в том числе и в Сибири, одной из наиболее распространенных и вредоносных групп болезней зерновых культур являются корневые гнили, ежегодно снижающие урожайность на 25 % и более [Разина и др., 2008; Демина, Кинчаров, 2010; Торопова и др., 2013; Долженко и др., 2014; Wildermuth, 1986; Bailey, Lazarovits, 2013; Najihassani et al., 2013]. Сорты твердой пшеницы подвержены заражению корневой гнилью в большей степени, нежели мягкой пшеницы [Зилинг, 1932; Мурашкинский, 1924; Тупеневич, 1948; Чулкина, 1970].

Гельминтоспориозная корневая гниль в нашей стране впервые описана А.В. Сорокиным в Южно-Уссурийском крае в 1890 г. и Н.А. Наумовым в 1912 г. в средней полосе европейской части России [Лапина, 2014]. Позже К.Е. Мурашкинский [1924] и М.К. Зилинг [1932] выделили возбудителя болезни *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (syn. *Helminthosporium sativum* Pam., King et Bakke, *H. sorokiniana* Sacc.) из пораженных зерен пшеницы. Биологические особенности возбудителя исследовали С.М. Тупеневич [1948] и А.Е. Чумаков [1946].

В России корневую гниль исследовали в следующих регионах: Красноярском крае [Добрецов, 1962; Щекочихина, 1978], в Иркутской области [Ветров, 1970], Алтайском крае [Шевченко, 1949; Алиновский, 1966, 1970; Чулкина, 1970], Новосибирской и Омской областях [Чулкина 1975; 1985; Коробова, 1985а; Чулкина, Торопова, 2004; Ашмарина, Горобей, 2008; Торопова, 2005; Казакова 2013], Кустанайской области [Коршунова, 1967], Курганской области [Голощанов, 1969; Ткаченко, 2004; Постовалов, 2004; Порсев, 2011], Оренбургской области [Лухменев, 1974; 2000], Саратовской области [Михайлина, 1968; 1981], Д.Б. Савенко [2007], Краснодарском крае [Зазимко и др., 1997; Стрелков, 2007], Центрально-Черноземном районе [Семынина, 2003]; Среднем Поволжье и Нечерноземье [Григорьев, 1996; 2012; Сидоров, 2011; Глинушкин, 2013], в республиках Башкортостан [Жукова, 1974], Татарстан [Зиганшин, 1987; 2005; 2007; Исмаилова, 2005], Марий Эл [Марьин и др., 1983; Марьина-Чермных, 2008], в Мордовии [Лапина, 2014].

Развитию корневой гнили способствуют: низкий уровень агротехники, высокая насыщенность севооборотов зерновыми культурами, поверхностная обработка почвы, присутствие в посевах сорняков из семейства злаковых, благоприятные метеорологические условия. Максимальная вредоносность гельминтоспориозной корневой гнили наблюдалась в районах с неравномерным выпадением осадков, где воздушные засухи являются частым явлением [Краева, 1960; Пахомова, 1965; Городилова, 1967; Лухменев, 1974; Михайлина, 1981; Чулкина, 1985; Савенко, 2007; Лапина, 2014].

Под действием корневых гнилей происходит изреживание, угнетение роста, нарушение динамики органогенеза растений, ухудшается формирование всех системообразующих элементов структуры урожая, значительно снижается качество продукции, возможно ее загрязнение токсинами фитопатогенов [Ашмарина, 1984; Чулкина, 1985; Торопова, 2005; Гагкаева, Гаврилова, 2009; Чулкина и др., 2009; Verma et al., 1974; Bernhoft et al., 2010].

При поражении растений пшеницы корневой гнилью ухудшается отток метаболитов из вегетативных органов к формирующимся семенам. Это приводит к уменьшению их массы. При заражении вегетативных органов в зерне снижается содержание протеина, белка, крахмала, клейковины, изменяется соотношение заменимых и незаменимых аминокислот. Значительно ухудшаются посевные качества семян (всхожесть, энергия прорастания). В фазе цветения и молочной спелости наблюдается отмирание продуктивных стеблей (белостебельность), которые дают недоразвитое и щуплое зерно (пустоколосость). В фазу формирования зародыша и налива зерна фитопатогены заражают колоски, на пленках которых появляются бурые продольные полосы. В зараженных колосках образуются легковесные морщинистые зерна сероватой окраски [Чулкина, 1985].

Корневые гнили все чаще называют «болезнью» современных систем земледелия. В последние годы некоторые авторы отмечают усиление их вредоносности в Поволжском, Уральском, Волго-Вятском, Центральном, Центрально-Черноземном, Западносибирском регионах, республике Мордовия [Марьина-Чермных, 2008; Ашмарина, Горобей, 2008; Демина, Кинчаров, 2010, Лапина, 2014; Toropova et al., 2015].

В агробиоценозах зерновых культур корневая гниль обычно имеет сложную этиологию, обусловленную климатическими факторами и региональными технологиями [Зазимко и др., 1997; Жалиева, 2001; Сокирко, Болатов, 2009; Горьковенко, 2011; Лапина, 2014; Сокирко и др., 2014].

Этиология корневых гнилей в Сибирском регионе представляет собой комплекс видов, где доминируют патогенные грибы *Helminthosporium sativum* (syn. *Bipolaris sorokiniana*) и виды рода *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F.*

graminearum, *F. sambucinum* и др.), которые имеют широкие биоценотические связи, паразитируя как на культурных, так и на сорных злаковых растениях [Ашмарина, 1984; Чулкина, 1985; Павлова, 1988].

Согласно результатам исследований А.А. Сидорова [2011] вредоносность корневых гнилей зерновых культур в центральных районах Нечерноземной зоны и Среднего Поволжья РФ ежегодно составляет около 20%, достигая в отдельные годы 50% и более. Возбудители корневых гнилей зерновых культур в этой зоне представлены 14 родами и видами грибов в основном *Fusarium* spp. и *Bipolaris sorokiniana*, состав которых находится в некотором динамическом равновесии, а изменения в патокомплексе, как правило, незначительные. В лесной и лесостепной зонах преобладают грибы рода *Fusarium*: *F. oxysporium*, *F. moniliforme*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, в переходной к степной зоне возрастает значение *Bipolaris sorokiniana*.

При повышенном заселении верхнего слоя почвы возбудителем корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* существенно снижалась полевая всхожесть семян, увеличивалось поражение всходов обыкновенной корневой гнилью и уменьшалась биомасса растений [Чулкина и др., 1982]. Отрицательное влияние заселенности почв *B. sorokiniana* и грибами рода *Fusarium* связано не только с усилением развития и вредоносности корневой гнили, но и с ростом фитотоксичности почв вследствие поглощения фитотоксинов почвенно-поглощающим комплексом [Ludwig, 1965].

В Курганской области корневые гнили злаковых культур распространены повсеместно и потери урожая составляют в среднем 10-15 % [Порсев, 2009]. Согласно исследованиям В.В. Немченко и др. [2014], в центральной лесостепи Зауралья на выщелоченном черноземе при повторных посевах яровой пшеницы, минимизации обработки почвы и прямом посеве возрастания вредоносности корневой гнили не наблюдалось.

По результатам исследований А.М. Шпанева и др. [2015] на северо-западе Нечерноземья корневые гнили входят в комплекс наиболее вредоносных заболеваний яровой пшеницы. Растения пшеницы систематически поражаются

корневыми гнилями смешанной этиологии с преобладанием фузариозной инфекции. В фазу кущения растений признаки корневых гнилей проявляются на 10-50 % растений со средним баллом поражения 0,7-1,3 %. Развитие корневых гнилей может быть и более высоким, поэтому предпосевной обработке семян придается статус обязательного элемента в системе защиты растений.

Многие ученые отмечают актуальность системного изучения корневых гнилей зерновых культур. Это обусловлено их широким распространением, высокой вредоносностью и агрессивностью возбудителей болезни. Разнообразный видовой состав, представленный в основном почвенными факультативными паразитами с широкой специализацией, а также изменчивость структуры патокомплексов возбудителей болезней препятствуют эффективной защите зерновых культур от корневых гнилей, особенно при интенсивном зернопроизводстве и насыщении севооборотов зерновыми культурами. Незнание географической локализации типов корневых гнилей не позволяет целенаправленно вести селекцию зерновых культур на устойчивость к конкретной болезни, рационально размещать сорта и надежно защищать посевы [Коршунова и др., 1974; Чулкина, 1985; Торопова, Иванова, 2010; Григорьев, 2010, 2012; Wildermuth, McNamara, 1991].

Мониторинговые наблюдения свидетельствуют, что идет постепенное изменение численности популяции и смена преобладающих видов в сообществе в сторону грибов рода *Fusarium*. Причины популяционных сдвигов в патокомплексах корневых гнилей разнообразны и связаны с изменением технологий возделывания сельскохозяйственных культур, выведением новых сортов, климатическими вариациями [Сокирко, Довбуш, 2014; Левитин, 2016; Schroeder, Paulitz, 2006; Bernhoft et al., 2010].

При почвозащитных обработках выявлена тенденция к расхождению экологических ниш фитопатогенов – возбудителей корневых гнилей – по органам растений: *B. sorokiniana* больше адаптирован к околосемным органам, а грибы рода *Fusarium* – к подземным [Иващенко, 1981; Чулкина, 1985]. Причинами этих сдвигов являются изменение почвенных условий в сторону уплотнения почвы,

снижения содержания в ней кислорода, ограничения микробиологической активности, что создает преимущества для грибов рода *Fusarium*, а также в широком применении протравителей, эффективность которых значительно выше против *B. sorokiniana*, что привело к замещению его экологической ниши грибами рода *Fusarium* на начальных этапах вегетации растений [Коржов и др., 2009; Торопова и др., 2013 а; Parikka et al., 2012].

Вполне вероятно, что вклад в эти процессы вносит и систематическое применение довсходовых гербицидов, повышающих восприимчивость растений к фузариозам. Развитие корневых гнилей сильнее проявляется в условиях ресурсосберегающих технологий на ранних фазах развития растений из-за концентрации пропагул фитопатогенов в верхнем слое почвы [Fernandez et al., 2008, 2009; Johal, Huber, 2009].

Bipolaris sorokiniana встречается в степных районах Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока, на Северном Кавказе, в Европейской части России, он заражает зерновые культуры (пшеницу, ячмень, овес), дикорастущие травы – в общей сложности более 65 видов растений [Пересыпкин и др., 1991].

В течение длительного времени *Bipolaris sorokiniana* доминировал в патокомплексе корневых гнилей яровой пшеницы в зонах рискованного земледелия, составляя 70-100% патогенного комплекса, он вызывал три формы болезни: корневую гниль, черноту зародыша зерна, бурую пятнистость листьев. Корневые гнили в основном отмечались в засушливых условиях, чернота зародыша – в увлажненных, а все три формы (обыкновенная корневая гниль, чернота зародыша и бурая пятнистость листьев) – в зонах неустойчивого увлажнения [Чулкина, 1985; Пересыпкин и др., 1991].

Заселение почвы конидиями возбудителя происходит преимущественно в конце вегетации, что совпадает с массовой споруляцией его на отмирающих органах растений, начиная с фазы налива пшеницы [Ашмарина, 1984; Торопова, 2005]. При этом численность конидий возбудителя в почве агроэкосистем на порядок выше, чем в естественных экосистемах, на целинных и залежных участках, где произрастают дикие злаки. *Bipolaris sorokiniana* адаптирован к

факторам передачи: во времени (из года в год) через почву (конидии, хламидоспоры, покоящийся мицелий), инфицированные растительные остатки и семена (преимущественно покоящийся мицелий) и в пространстве – воздушные течения и капли дождя (конидии). Конидии и хламидоспоры сохраняют жизнеспособность в почве более 5 лет, а мицелий на инфицированных растительных остатках – 1-2 года, в семенах – 8 лет и более при хранении в оптимальных условиях [Торопова и др., 2011].

Согласно исследованиям П.Г. Алиновского [1970] отмечается, что гриб остается жизнеспособным на растительных остатках до 3 лет. Другие ученые [Лухменев, 1974; Коршунова, 1974; Чулкина, 1985] отметили более длительный период сохранения жизнеспособности фитопатогена в почве – до 5 лет и более. Поэтому роль минерализации растительных остатков в уменьшении заразного начала возбудителя, особенно на чистых парах, подвергается сомнению [Бенкен и др., 1969]. Для длительного выживания конидии имеют темный пигмент, защищающий их от радиации [Bashyal et al., 2010].

Грибы рода *Fusarium* распространены в регионах с дефицитом влаги в почве или неустойчивым увлажнением, когда растения подвержены водному стрессу [Билай, 1977; Чулкина, 1985; Summerell et al., 2010]. Они заражают более 150 видов растений, в том числе овощные, зерновые культуры, картофель, лен, люцерну, сорные растения (марь белая, мышей сизый и т.д.). Они продуцируют 148 токсических соединений, крайне опасных для здоровья человека и животных [Левитин, 2002; Монастырский и др., 2007; Гагкаева, Гаврилова, 2009].

Встречаемость определенного вида грибов рода *Fusarium spp.* определяется природно-климатическими особенностями региона, а их распространенность зависит от ежегодных метеорологических флуктуаций [Левитин и др., 1998].

В Западной Сибири доминируют виды *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. gibbosum*, *F. subglutinans*, *F. oxysporum* [Гешеле, 1952; Ветров, 1970, Казакова, 2013; Торопова и др., 2013а]. В Нечерноземной зоне основные виды: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. gibbosum* [Санкина, 1974]. В Московской области доминирует вид *F. culmorum* [Качалова, Яценко, 1974].

Согласно исследованиям В.И. Билай [1977] род *Fusarium spp.* представлен преимущественно видами *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* *F. graminearum*. В центральных районах Нечерноземья России и Среднего Поволжья, преобладают виды рода *Fusarium: oxysporum, culmorum, avenaceum, moniliforme* [Сидоров, 2011].

Виды рода *Fusarium spp.* относятся к постоянным обитателям почвы. Большинство фузариевых грибов могут существовать как сапротрофы на живых растениях и на растительных остатках [Stack, 1989; Fernando et al., 1997].

Пропагулы грибов рода *Fusarium spp.* сохраняются на растительных остатках, находящихся как в почве, так и на ее поверхности, размножаясь и продолжая жизнедеятельность 5 – 10 лет и более. По данным В.И. Билай [1977], среди выделенных из почв изолятов грибов, число принадлежащих к видам *Fusarium spp.* колеблется в разных почвах от 1 – 2 до 40 %.

Причины эпифитотий корневых гнилей, как и других болезней растений, ученые видят в экологических проблемах сельскохозяйственных экосистем: нарушении равновесия биоценозов, появлении агрессивных, фитотоксичных, резистентных к фунгицидам форм фитопатогенов, снижении супрессивности почвы, недостаточной разработке вопросов фитосанитарной оптимизации севооборотов и технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Жученко, 1994; Захаренко, 1997, 2015; Санин, 2003; Шпаар и др., 2003; Соколов, 1996; Торопова и др., 2010 а].

Для улучшения ситуации по корневым гнилям следует направить усилия на улучшение фитосанитарного состояния почвы путем осуществления комплекса агротехнических (фитосанитарные севообороты, предшественники, система органического и минерального питания) и оперативных (протравливание семян) мероприятий в рамках систем интегрированной защиты растений [Агротехнический..., 2000; Крюкова и др., 2011; Гамзиков, 2013; Торопова и др., 2010; Торопова и др., 2013; Сокирко, Довбуш, 2014; Dill-Macky, Jones, 2000; Buyer et al., 2002; Bailey, Lazarovits, 2003].

Снижение численности фитопатогенов в почве ниже ПВ и/или ЭПВ осуществляется на основе двух принципов: 1) принцип «прорастание – лизис», когда в отсутствие восприимчивых растений-хозяев покоящиеся структуры фитопатогенов прорастают под действием экссудатов фитосанитарных культур, после чего погибают, не в состоянии их заразить; 2) принцип ограничения паразитической активности фитопатогенов повышением супрессивности почвы. Этот принцип связан с утратой конидиями жизнеспособности в почвах с высокой численностью микробов-антагонистов – естественных врагов фитопатогенов [Торопова и др., 2017]. Важной задачей также является повышение устойчивости, конкурентной способности и выносливости растений (генетической, физиологической) к вредным организмам, особенно в критические периоды формирования элементов структуры урожая, ограничение размера трофических ниш и подавление размножения [Агротехнический ..., 2000; Торопова и др., 2011; Глинушкин и др., 2016].

Для ограничения длительности выживания почвенных фитопатогенов и снижения их численности в почве ниже ПВ или ЭПВ вводятся фитосанитарные севообороты и предшественники. Перерыв в возделывании восприимчивых культур определяется длительностью выживания покоящихся структур в почве. При сильном заселении почвы фитопатогенами рекомендуется прерывать возделывание яровой пшеницы на одном месте на 3-4 года. Прерывание жизненного цикла фитопатогенов с помощью прекращения возделывания восприимчивых культур и введения устойчивых на срок, обусловленный длительностью выживания вредных организмов в почве, решает проблему оздоровления почв, включая «утомление» [Агротехнический ..., 2000; Глинушкин и др., 2016].

Лучшие предшественники для яровой пшеницы – это рапс, донник, вико-овсяная смесь, многолетние злаково-бобовые травы. Они за 1 год снижают заселенность почвы фитопатогенами на 30 % и более, вызывая массовую деградацию покоящихся структур фитопатогена [Торопова и др., 2008; Dal Bello et al., 2003].

Согласно исследованиям С.Н. Тупеневича [1948] выявлено, что максимальное количество конидий (128-408 шт./г почвы) гриба встречается на паровом поле, идущем после ячменя, а минимальное (1-107 шт./г) - после кукурузы. Предположительно конидии гриба слабо прорастают в полях чистого пара из-за отсутствия корневых выделений растений, поэтому процесс очищения почвы от инфекции в паровом поле не происходит. В занятом пару заселенность почвы фитопатогенами снижается, так как корневые выделения парозанимающей культуры стимулируют прорастание конидий, которые погибают под воздействием антагонистических микроорганизмов. Таким образом, происходит биологическое очищение почвы от инфекции [Коршунова и др., 1976].

По сведениям ряда авторов [Дурынина, Чичева, 1980; Чулкина, 1985; Торопова, 2005], количество конидий в окультуренных почвах колеблется от 1–10 до нескольких сотен и даже более 1000 на 1 г воздушно-сухой почвы.

Исследованиями, проведенными в Красноярском крае, показано, что на сильно пораженной пшенице в 1 г сухой навески почвы содержалось 65 – 120 жизнеспособных конидий *B. sorokiniana* [Коршунова, 1970]. В Западной Сибири их численность составляла несколько десятков и даже сотен на 1 г воздушно-сухой почвы [Чулкина, 1985; Торопова, 2005].

Для снижения вредоносности корневых гнилей и недобора урожая зерна яровой пшеницы в условиях Республики Мордовия, по данным В.В. Лапиной и др. [2013] наиболее рациональным являлось размещение этой культуры в севообороте по чистому пару, многолетним бобовым травам (клеверу, люцерне), гороху, озимой ржи, викоовсяной смеси на зеленый корм, кукурузы на силос. Эти предшественники ограничивают развитие корневых гнилей, снижают вредоносность и повышают устойчивость яровой пшеницы к патогену.

Согласно исследованиям В.В. Каракулева и др. [2013], распространённость корневой гнили яровой пшеницы по сидеральному пару меньше на 6,3%, а ее развитие снизилось на 5% по сравнению с механическим паром.

Бобовые культуры, фитомелиоранты способствуют интенсивному развитию в пахотном слое почвы сапротрофной микрофлоры, играющей большую роль в

минерализации органического вещества и повышении биологической активности почвы, а также являющейся антагонистом почвенных грибов – возбудителей многих болезней культурных растений [Завалин и др., 2002; Ломова, Коробова, 2015].

Для повышения устойчивости растений к корневым гнилям большое значение имеет содержание в почве подвижного фосфора, особенно в начальной фазе развития растений (первые 4-5 недель). Несмотря на то, что во многих типах почв Западной Сибири этот макроэлемент содержится в избытке, чаще всего при пониженных температурах в период посева он находится в неподвижной форме и растения не получают его в достаточном количестве. При внесении фосфорных и калийных удобрений в рядки при посеве растения становятся более устойчивыми ко всем почвенным фитопатогенам [Чулкина, 1985; Беляева, 2013; Xiangsheng et al., 2006].

1.2 Фитосанитарные проблемы ресурсосберегающих технологий

Одной из главных экологических задач в интегрированной защите растений от инфекционных болезней является совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур для оптимизации фитосанитарного состояния посевов. Агротехнические приемы прямо или косвенно воздействуют на водный, питательный, микробиологический режимы почвы, а также на выносливость растений. Эффективность агротехнических приемов в значительной мере зависит зональных особенностей [Чулкина и др., 1985].

Ресурсосберегающие технологии – это не только отказ от вспашки, но и, что наиболее важно, оставление на почве пожнивных остатков, применение интегрированных мер борьбы с вредными организмами, использование научно обоснованных севооборотов. При таком системном подходе ресурсосберегающие технологии позволяют получать стабильные урожаи вне зависимости от погодных условий. Экстенсивное нерациональное использование земель приводит к снижению почвенного плодородия, и, как следствие – к снижению рентабельности сельскохозяйственного производства. Поэтому так важно применять технологии, улучшающие структуру почвы, способствующие

накоплению в ней влаги и питательных веществ [Булгакова, 2005; Белкин, Беседин, 2010; Бессонова, 2010].

С конца прошлого столетия в целом ряде стран развивающимися направлениями в обработке почвы стали минимальная (mini-till) и нулевая (no-till, zero-till), именуемая в литературе как прямой посев (direct seeding) [Сулейменов, 2008].

В мире около 400 млн. га обрабатывается по минимальной и 100 млн. га по нулевой обработке, среди которых 85 % - на американском континенте. Лидерами являются страны – ведущие экспортеры зерна: США, Аргентина, Бразилия, Австрия, Канада. Растет внедрение таких технологий в Африке, Центральной Азии и Китае [Орлова, 2005; Дридигер, 2013; Kassam et al., 2009; Derpsch et al., 2010; Pretty et al., 2011].

Идеи минимизации обработки почвы были обнародованы и применены в России еще в конце XIX в. И.Е. Овсинским [1899]. В 30-е гг. XX в. академик Н.М. Тулайков предложил применять мелкую обработку с отказом от вспашки [1932]. Широкое распространение безотвальной обработки почвы в СССР началось благодаря трудам академика ВАСХНИЛ Т.С. Мальцева, который пришел к выводу, что ежегодная вспашка при возделывании зерновых культур необязательна [Мальцев, 1971].

Шаблонное применение мелких обработок почвы в Сибири без учета почвенно-климатических условий, а также отсутствие средств борьбы с сорняками привели к увеличению засоренности посевов и снижению урожайности. Это послужило причиной отказа от почвозащитных обработок почвы, и дальнейшее развитие земледелия в Сибири пошло по пути обоснования глубокой отвальной вспашки. К началу 70-х гг. прошлого века под руководством А.И. Бараева была разработана почвозащитная система земледелия. Основу ее составляют короткоротационные севообороты с чистым паром и почвоохранные приемы обработки почвы с оставлением максимального количества стерни на поверхности почвы. Она позволила приостановить эрозионные процессы,

обеспечила стабилизацию урожайности зерновых культур, особенно в засушливых районах. Началось продвижение ее в лесостепь [Каличкин, 2008].

В адаптивно-ландшафтной системе земледелия в Новосибирской области основная обработка почвы представлена вспашкой (42,3%), безотвальным рыхлением и плоскорезной обработкой (48,1%), щелеванием (9,6%) [Кирюшин, 2006]. На площади около 5% представлена нулевая обработка почвы, где посев производится посевными агрегатами по стерне (прямой посев) [Торопова и др., 2013].

В степной и южно-степной зонах Новосибирской области в последнее десятилетие достаточно широко осваивается почвозащитная система земледелия. В разные годы при экстенсивном земледелии системы минимальной обработки почвы, особенно по зерновым предшественникам, дают неоднозначные результаты. В годы с остродефицитным увлажнением в течение вегетации урожайность зерновых культур по минимальной обработке выше, чем по вспашке, во влажные годы она практически не зависит от систем обработки почвы [Кирюшин и др., 2002; Синещиков, Васильева, 2012; Торопова и др., 2012; Власенко и др., 2013].

Во многих случаях происходит путаница между терминами, относящимися к различным системам обработки почвы. Согласно классификации В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова [2005] выделяются следующие системы обработки почвы: отвальная, мульчирующая, комбинированная, нулевая, гребне-грядовая.

Отвальная система обработки почвы осуществляется с помощью отвальных орудий с полным или частичным оборачиванием ее слоев. Данная система подразделяется на подсистемы. Отвальная разноглубинная система обработки почвы может, в зависимости от культур в севообороте и других условий в качестве основной обработки глубокую отвальную обработку (согласно ГОСТу 16265-80 на глубину более 24 см), обычную обработку (18-24 см), а также мелкую (8-16 см) и поверхностную (до 8 см). Набор приемов обработки почвы в этой системе включает: вспашку (прием обработки почвы плугом, обеспечивающей крошение, рыхление и оборачивание обрабатываемого слоя

почвы не менее чем на 135 °С); культурную, гребнистую, мелиоративную вспашки; дискование, боронование, фрезерование почвы.

Мульчирующая система обработки почвы осуществляется с помощью безотвальных орудий, сохраняющих на поверхности почвы пожнивные остатки. Эта система подразделяется на три подсистемы. Мульчирующая глубокая система обработки почвы предполагает применение систематической глубокой безотвальной обработки (глубже 24 см). Она применяется на солонцах, солонцеватых и других уплотняющихся почвах. Мульчирующая разноглубинная система обработки почвы предусматривает чередование мелкой и глубокой плоскорезных и других безотвальных обработок на различную глубину в зависимости от культуры и состояния почвы. Приемы в этой системе первоначально включали: плоскорезную обработку культиватором-плоскорезом; глубокое рыхление культиватором-глубокорыхлителем; обработку штанговым противоэрозионным культиватором. В дальнейшем дополнительно появились: чизелевание, щелевание.

Комбинированная система обработки почвы включает множество, сочетающих отвальные обработки с безотвальными на различную глубину в соответствии с экологическими условиями и требованиями культур. Ее можно разделить на три подсистемы: глубокую, разноглубинную, минимальную. В данной системе используются все приемы, составляющие первые две системы.

Гребне-грядовая система обработки почвы. Данная система включает нарезку гребней и (или) гряд, имеет большое значение в условиях холодного и влажного климата. Наибольшее распространение она получила в районах Дальнего Востока с муссонным климатом.

Нулевая система обработки почвы. При этой системе почва остается без механической обработки. Так называемый прямой посев проводится специальными сеялками, а для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями используются пестициды. Согласно зональным исследованиям НИИ эта система имеет большие перспективы. Она требует высокой квалификации специалистов и

повышенной обеспеченности агрохимическими ресурсами [Кирюшин, Иванов, 2005; Немченко и др., 2011].

Изучение влияния почвозащитных обработок на развитие гельминтоспориозной (обыкновенной) корневой гнили в 60-70-е годы XX века выявило следующее: 1) инфекционное начало *B. sorokiniana* накапливается в большей степени, чем при отвальной; 2) при почвозащитной обработке почвы жизнеспособность *B. sorokiniana* сильнее подавляется антагонистами, но полной биологической стерилизации зараженных инфицированных остатков не происходит; 3) пораженность яровой пшеницы обыкновенной корневой гнилью остается практически одинаковой при отвальной и почвозащитной обработках почвы; 4) выносливость растений яровой пшеницы к корневой гнили выше на почвозащитных обработках почвы за счет лучшей их влагообеспеченности и активизации антагонистической микрофлоры [Алиновский, 1966; Гешеле, Зинченко, 1970; Шевченко, Алиновский, 1971; Городилова, Шевцов, 1972; Чулкина, 1985].

Средняя численность конидий *B. sorokiniana* на минимальных обработках почвы в южной лесостепи Омской области в 70-х годах XX века составляла 84 шт./1 г воздушно-сухой почвы при плоскорезной обработке, а по вспашке – 80 шт./1 г воздушно-сухой почвы и зависела от погодных условий вегетации [Чулкина и др., 1982]. Была выявлена тесная обратная зависимость между числом конидий возбудителя корневой гнили в почве и численность олигонитрофилов - 0,936...-0,879; фосфоромобилизаторов минеральных форм -0,833...-0,791; бактерий на почвенном агаре -0,942...-0,900 [Кузнецова, Кривошекова, 1985]. Усиление антагонистической активности почвенной микрофлоры было одной из причин уменьшения численности *B. sorokiniana* в почве при почвозащитных обработках в засушливые годы, а при вспашке – в увлажненные. В итоге, развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили не отличалась по обработкам почвы [Гешеле, Зинченко, 1970; Шевченко, Алиновский, 1971; Городилова, Шевцов, 1972; Кузнецова и др., 1985].

Согласно фитопатологической оценке почвозащитных обработок почвы в 70-е годы XX века [Фитопатологическая оценка..., 1983] отмечено существенное изменение фитосанитарной состояния посевов яровой пшеницы по климатическим зонам Сибири. Показано, что при минимальных и плоскорезных обработках почвы заселенность верхнего слоя почвы была выше, чем при отвальной обработке. В степной зоне и в засушливые годы в лесостепной на плоскорезной и минимальных системах обработки почвы распространенность и развитие корневой гнили уменьшалось в связи с повышенной активностью антагонистической микрофлоры, лучшим состоянием водного, питательного режимов и плотности почвы в этих условиях по сравнению со вспашкой. В увлажненные годы в лесостепной зоне более высокая оптимизация фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы достигалась при вспашке. [Чулкина и др., 1982].

Единого мнения среди ученых и практиков о целесообразности перехода на нулевые системы обработки почвы сегодня нет. Одни считают, что это приведет к снижению продуктивности пашни, как вследствие ухудшения фитосанитарного состояния посевов (усиления поражения растений болезнями и повышения засоренности), так и питания растений, прежде всего азотом, что, в свою очередь, может потребовать существенной корректировки системы удобрений в сторону их увеличения [Афанасьев и др., 1998; Двуреченский, 2008; Баздырев, Заверткин, 2008; Гилев и др., 2011]. Другие авторы, напротив, считают, что локализация органических остатков и удобрений в верхних горизонтах почвы улучшает режим питания растений, а эффективно бороться с болезнями, вредителями и сорняками, сдерживая их на безопасном уровне, можно посредством введения правильных севооборотов и применения средств химизации, потребность в которых со временем может существенно снизиться или отпасть совсем [Шабаетов, 2003; Пыхтин, Гостев, 2012; Юшкевич и др., 2013; Сафин и др., 2014; Власенко и др., 2014 а, б].

Практически полное отсутствие обработок почвы создает на полях экологические условия, близкие к условиям в естественных стациях,

формирующиеся на полях агроценозы близки к биогеоценозам. Установлено, что нулевая обработка почвы не вызывает существенного увеличения или уменьшения распространенности гельминтоспориозной корневой гнили, но может усиливать ее развитие [Myriam, Fernandas, 1990; Fernandez, Jefferson, 2004].

Ряд авторов считают, что почвозащитные технологии снижают пораженность растений многими болезнями благодаря их прямому положительному воздействию на биологию почвы. Поражение растений корневой гнилью ниже при выращивании пшеницы по технологии no-till в сравнении с отвальной обработкой почвы [Mathienson et al., 1990; Krupinsky et al., 2002].

С другой стороны, может происходить и ухудшение ситуации в отношении некоторых болезней, во-первых, за счет поддержания популяций патогенов, сохраняющихся на большом количестве растительных остатков, во-вторых, за счет изменений в окружающей среде, таких как понижение температуры почвы, повышение влажности почвы и оставление почвы нетронутой [Лапина, 2014; Торопова, Селюк, 2014].

Внедрение почвозащитных обработок почвы (особенно нулевой обработки) в короткоротационных севооборотах приводит к сильному поражению растений почвенными фитопатогенными микромицетами. Большое количество растительных остатков на поверхности почвы после поверхностных обработок накапливает большой инфекционный потенциал возбудителей обыкновенной корневой гнили [Шиятый, 2008; Порсев, 2009; Торопова и др., 2010].

По результатам исследований Н.Г. Власенко и др. [2014 а, б], при прямом посеве в условиях лесостепи Западной Сибири по необработанной с осени стерне отмечено небольшое усиление развития корневой гнили, мучнистой росы, бурой листовой ржавчины и повышение численности пшеничного трипса. Пораженность пшеницы септориозом, поврежденность внутрискосовыми вредителями и в отдельные годы заселенность хлебной полосатой блошкой, напротив, снижались.

При сельскохозяйственном использовании земель происходит ежегодное пополнение почвенного банка семян сорных растений. Главный источник семян –

вегетирующие сорные растения агроценозов. Кроме того, свой вклад в пополнение и сохранение запасов семян вносят органические удобрения, посев недостаточно очищенным семенным материалом, отсутствие фитосанитарных севооборотов [Ульянова, 2005; Холмов, Юшкевич, 2006; Торопова и др., 2010; Кондрашкина и др., 2012; Захаренко, 2013; Wang et al., 2013]. В начале освоения No-till в связи с лучшим сохранением почвенной влаги и наличием семян сорняков на поверхности почвы засоренность посевов может увеличиваться по сравнению с технологиями, основанными на интенсивных обработках почвы, но после 5-10 лет использования технологии прямого посева общая засоренность стабилизируется и снижается, особенно в длинноротационных севооборотах [Селюк и др., 2016; Barbery, Cascio, 2001]. Поверхностная обработка почвы увеличивает засоренность полей однолетними злаковыми сорняками, корнеотпрысковыми и корневищными многолетниками, что связано с расположением семян сорных растений в поверхностном слое почвы. Поверхностные обработки ведут к повышению засоренности посевов за счет повышения конкурентоспособности сорных растений, особенно в начале вегетации [Захаренко, 1995; Кудрявцева, 2014; Clements, 1996; Roslon, Fogefors, 2003; Ferreira et al., 2005].

По результатам исследований А.Ф. Захарова [2008], высокая засоренность семенами сорняков отмечена на полях после пшеницы и пара. Банк семян в 49,4-68,4 раза превышает порог вредоносности для зоны, который составляет 50 млн. шт./га [Стецов, 2007], и в 617-855 раз превосходит нормы высева яровой пшеницы. Высокая засоренность почв семенами сорняков на полях после пара объясняется недостаточно эффективной системой его подготовки, при которой сорняки успевают сформировать большую массу семян. После многолетних трав банк семян сорняков сократился по сравнению с зерновым предшественником в 2,8-3,2 раза, однако засоренность следует признать очень высокой, в 200 и более раз превышающей норму высева яровой пшеницы. Исследования показали, что одной из причин высокой засоренности почв семенами сорняков является их рассев по полю в период уборки. Учет банка семян сорняков в почве до и после

уборки яровой пшеницы свидетельствует, что численность семян основных видов сорняков возростала в среднем на 53,2 %. Особенно сильно (более чем в 6 раз) возросла засоренность почвы семенами овсюга, созревающего одновременно с зерновыми культурами [Торопова и др., 2010]. В последние годы показана роль семян сорных растений, как резерваторов патогенной микрофлоры [Коломиец и др., 2013; Глазунова, Торопова, 2014].

Согласно исследованиям Е.П. Денисова и др. [2011; 2013] в Саратовской области при нулевой обработке почвы общая засоренность посевов ячменя повысилась по сравнению со вспашкой в 2,3 раза, а с минимальной обработкой почвы – на 20,6 %. Количество ранних яровых сорняков увеличилось в 2 раза по сравнению со вспашкой и на 27,0% по сравнению с минимальной обработкой почвы. Количество поздних яровых возросло соответственно на 66,7 и 42,8 %, а многолетних сорняков – в 3,4-3,5 раза.

По результатам исследований, проведенных в ряде регионов [Гилев и др., 2011; Латыпов и др., 2011; Турусов и др., 2014], развитие корневой гнили яровой пшеницы в условиях нулевой технологии ее возделывания зависело от севооборота, погодных условий, способа проведения посева и системы удобрений. В технологии посева пшеницы стрельчатými сошниками, где почва более интенсивно рыхлилась и перемешивалась с растительными остатками, развитие корневой гнили превышало порог вредоносности в 2-3 раза. Основным компонентом сорного ценоза являлись малолетние сорняки. Доля просовидных в зернопаровом севообороте составляла 87,4 %, в зерновом – 71,2 %, в бессменных посевах пшеницы – 78,4 %. По вспашке большая часть семян сорняков заделывается в нижние слои пахотного слоя, что способствует снижению их жизнеспособности и уменьшению засоренности последующих культур. При этом безотвальная и поверхностная системы основной обработки приводят к дифференцированному распределению семян сорняков с увеличением их количества в верхнем 10-сантиметровом слое.

В условиях современных агротехнологий соблюдение научно-обоснованного севооборота может снизить засоренность посевов на 60-70 %, а

запас семян сорняков в почве в 2-8 раз. Чередование в севообороте разных по биологии и агротехнике возделывания культур, обеспечивает эффективное регулирующее на все биологические группы сорных растений. Наибольшее количество сорняков произрастает в посевах пшеницы при ее бесменном возделывании, а при выращивании по гороху их число снижается в 2 раза [Долженко и др., 2014]. Исследования, проведенные в Курганском НИИСХ, показали, что на стерневом фоне преимущество по урожайности яровой пшеницы наблюдалось в засушливые годы, а при хорошем увлажнении в первую половину вегетации продуктивность пшеницы была выше при мелкой обработке почвы [Волинкин, Волинкина, 2015].

1.3 Роль экологических факторов в развитии корневой гнили пшеницы

1.3.1 Роль водного стресса в развитии корневых гнилей

Главной причиной недобора сельскохозяйственной продукции от вредных организмов в Сибири является повсеместно высокая численность популяций фитопатогенов в почвах региона. Яровая пшеница возделывается на инфекционном фоне, значительно превышающем пороги вредности, что приводит к эпифитотиям корневых гнилей зерновых культур. Это повышает стрессовое воздействие неблагоприятных абиотических и биотических факторов, способствует заражению листового аппарата, семян и посадочного материала растений фитопатогенами, повышает поврежденность растений фитофагами, снижает конкурентную способность к сорнякам, вызывая необходимость массового применения пестицидов для обработки семян и посевов [Торопова и др., 2008]. Ежегодно ситуация усугубляется характерным для Сибири дефицитом влаги в период ранневесенней и летней засух, которые участились за последние 2 десятилетия [Альтергот и др., 1974; Вышегуров, Дымина, 2012].

В засушливых условиях может возрастать агрессивность и вредность возбудителей корневых гнилей, усиливая стрессорное действие засухи и отрицательно влияя на формирование элементов структуры урожая яровой пшеницы. Это может объяснить факт повышенной вредности корневых

гнилей в Сибири по сравнению с другими регионами страны [Коршунова и др., 1976; Торопова, 2005].

При возделывании зерновых культур на инфекционном фоне *B. sorokiniana* выше ПВ эпифитотический процесс корневой гнили усугубляется действием водного стресса: при влажности почвы 40 % от полной влагоемкости развитие болезни на умеренном фоне увеличивается на 13,7 %, на сильном инфекционном фоне – на 33,5 %. Дефицит влаги в почве усиливает агрессивность *B. sorokiniana* при снижении супрессивности почвы, свидетельством которой является депрессия численности популяции почвенных бактерий, особенно олигонитрофилов до 48,8%. Наступление засухи сопровождается ростом восприимчивости органов растений к болезни, обусловленных нарушением водного обмена. Засуха в критические фазы (кущение – выход в трубку) служит стресс-фактором, усиливающим развитие корневой гнили. Виды рода *Fusarium* лучше сохраняют жизнеспособность в почве при влажности 15-25 % от полной влагоемкости и погибают в случае превышения этой величины [Кузнецова, Коробова, 1982; Павлова, 1988; Торопова, 2005].

Согласно исследованиям А.Н. Нестерова и Л.К. Хацкевич [1991], проведенным на Южном Урале, количественное соотношение представителей патогенного комплекса корневых гнилей в посевах яровой пшеницы в различные по метеоусловиям годы было неодинаковым. В относительно благоприятные по увлажнению годы преобладал возбудитель *B. sorokiniana*, в засушливые – его доля уменьшалась, и чаще выделялись грибы рода *Fusarium*, что связано с дополнительным заселением ослабленных растений штаммами, менее патогенных видов данного рода возбудителей.

Учеными НИИСХ Северо-Востока в 2007-2015 гг. была проведена оценка влияния гидротермических факторов на развитие корневой гнили злаковых культур. На динамику развития корневой гнили значительное влияние оказывает температурный фон в период вегетации растений: жаркая погода усиливает развитие корневых гнилей у ячменя и снижает – у овса и пшеницы, влажная погода усиливает пораженность ржи. Поскольку минерализация инфицированных

растительных остатков происходит только во влажной среде, мероприятия по сохранению и накоплению влаги в почве, среди которых главная роль отводится системе ее основной обработки, могут стать фактором ограничения корневых инфекций различной этиологии [Шешегова, Щеклеина, 2016].

1.3.2 Роль супрессивности почвы в ограничении корневых гнилей

В условиях высокого инфекционного потенциала фитопатогенов обеспечение благоприятного фитосанитарного состояния почв агроценозов, минимизация их фитотоксичности и ограничение длительности выживания покоящихся структур возбудителей корнеклубневых инфекций достигается индукцией и поддержанием супрессивности почвы в отношении комплекса наиболее экономически значимых фитопатогенов [Торопова, Селюк, 2014; Торопова и др., 2016 а; Buyer et al., 2002; Bailey, Lazarovits, 2003; Dixon, Tilston, 2010; Торопова et al., 2015].

Применительно к фитопатосистеме «яровая пшеница – *Bipolaris sorokiniana*» индукторы супрессивности в лесостепной зоне Западной Сибири ранжированы в следующем порядке: фитосанитарный предшественник > органическое удобрение > биопрепараты > минеральные удобрения > регуляторы роста растений > приемы основной обработки почвы [Соколов и др., 2009, Глинушкин и др., 2016].

Супрессивность почвы – совокупность биологических, физико-химических и агрохимических свойств почвы, ограничивающих выживаемость и паразитическую активность почвенных фитопатогенов. По степени влияния на популяции фитопатогенов почвы делят на кондуктивные, в которых численность популяции фитопатогенов со временем возрастает, толерантные, если их численность остается стабильной, и супрессивные почвы, в которых численность популяций фитопатогенов неуклонно снижается. Показателем супрессивности почвы служит интенсивность деструкции в ней пропагул фитопатогенов [Глинушкин и др., 2016; Торопова и др., 2016 а; Торопова и др., 2017].

Основные типы почв Западной Сибири обладают различным уровнем супрессивности. При определении порога вредоносности (ПВ) *B.sorokiniana* в

разных типах почв выявлено, что снижение гумусированности почвы обуславливает снижение ПВ возбудителя с одномоментным ростом его коэффициента паразитической активности. Это позволяет на супрессивных почвах лимитировать численность фитопатогенов на более высоком уровне [Чулкина, 1985; Павлова, 1988].

Наибольшей супрессивностью обладает лугово-черноземная почва, где практически вся популяция конидий имеет признаки деградации. Наиболее кондуктивным является чернозем южный, в котором деградировало не более трети покоящихся структур возбудителя. Численность супрессоров-антагонистов фитопатогенов зависела от типа почв. Численность антагонистов на одну пропагулу *B. sorokiniana* самая низкая (из почв черноземного ряда) в южных черноземах лесостепной зоны. Скорость деградации конидий здесь составляет примерно 10 % в год при численности антагонистов 45×10^3 экз./г сухой почвы. На выщелоченном и обыкновенном черноземах, а также серых лесных почвах скорость деградации возрастает в 1,8-2,8 раза, достигая максимума в лугово-черноземной почве, где численность антагонистов возрастает в 10 раз, а скорость процессов деградации пропагул составляет 37,2 % в год [Торопова и др., 2016 а].

На супрессивных почвах заражение сельскохозяйственных культур фитопатогенами рода *Fusarium* отсутствовало даже при 2400 пропагул/г почвы, на кондуктивных же почвах растения погибали, начиная с 50 пропагул/г почвы. При концентрации антагонистов 100 колоний/г почвы плотность популяции фитопатогенов рода *Fusarium* снижается с 600 до 200 пропагул/г почвы, в то время как при отсутствии антагонистов она возрастает до 5×10^{10} (кондуктивные почвы) [Торопова и др., 2011].

Среди антагонистов широко представлены грибы рода *Trichoderma* (*T. viride*, *T. lignorum*, *T. harzianum*), *Penicillium purpurogenum*, прокариоты из родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*. Из черноземов Сибири выделено 700 штаммов актиномицетов, из которых 103 обладали антагонистической активностью против *B. sorokiniana* [Афанасьева, Чулкина, 1977; Агротехнический ..., 2000].

Действие антагонистов обусловлено аллелопатией или антибиозом, образованием микотоксинов. Виды р. *Pseudomonas* продуцируют антибиотики пирролнитрин, пиолутерин, цианиды; грибы р. *Trichoderma* – алламицин, глиотоксин, виридин, дермадин, соцукаллин, триходермин. В клетках фитопатогенов под действием антибиотиков нарушаются обменные процессы синтеза белка, хитина, деятельность клеточных мембран. Возможно также прямое подавление жизнеспособности пропагул возбудителя [Торопова и др., 2011].

Влияние почвенной антагонистической микрофлоры на развитие инфекционного процесса корневой гнили при почвозащитных обработках почвы было связано с изменениями водного, пищевого режимов и плотности почвы, возрастало в засушливые и ослаблялось во влажные годы [Чулкина и др., 1982]. Аналогичные данные были получены и в условиях северного Казахстана [Койшибаев, 2009].

Снижение популяции возбудителя корневой гнили *B. sorokiniana* в южном черноземе южной лесостепи на пшенице, возделываемой в севооборотах с высоким насыщением зерновыми культурами, было обусловлено действием антагонистов и активными процессами минерализации растительных остатков [Кузнецова, Кривошекова, 1985]. Увеличение степени насыщения севооборота с 50 до 100 % изменяет структуру микробиоценоза ризосферы растений в сторону уменьшения агрономически полезной бактериальной флоры и накопления актиномицетов и грибов, в том числе фитопатогенных, что приводило к снижению биологической активности почвы и формированию высокого потенциала основного возбудителя корневой гнили *B. sorokiniana* [Кузнецова, 1986]. На почвозащитных обработках в сравнении с интенсивной отвальной отмечена более высокая численность почвенной микрофлоры, в том числе и антагонистов из всех групп микроорганизмов в отношении *B. sorokiniana*. В засушливой зоне Кулундинской степи при плоскорезной обработке почвы развитие и распространение корневой гнили было ниже, чем при отвальной [Бобко, 1980]. Оздоровление корневой системы на почвозащитных обработках

положительно влияло на формирование урожая зерна, который при плоскорезной и минимальной обработках был выше, чем при отвальной.

Индукторами супрессивности являются различные формы и сочетания органических и минеральных удобрений, а также биологические препараты на основе антагонистических бактерий и грибов [Лысов и др. 2015; Торопова и др., 2017].

1.3.3 Роль сорных растений в развитии корневых гнилей

Важным, но недостаточно изученным механизмом расширения и уплотнения очагов почвенных фитопатогенов являются сорные растения-хозяева. Исследования, проведенные в лесостепной и степной зонах Новосибирской, Томской областей и Алтайского края показали, что коэффициент общности Жаккара видового состава грибов рода *Fusarium* между подземными органами злаковых сорняков и яровой пшеницы составил 0,87. Семена злаковых сорняков: проса сорнополевого *Panicum miliaceum* ssp. *ruderales* L., (Kitag.) Tzvelev, проса куриного *Echinochloa crus-galli* L. Beauv и *Setaria glauca* (L.) Beauv., овсюга *Avena fatua* L. – были в значительной степени инфицированы возбудителями корневых гнилей зерновых культур [Глазунова и др., 2014].

Из семян злаковых сорняков были выделены следующие фитопатогены: *B. sorokiniana*, представители родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Epicoccum* и др. Доминирующим таксоном на семенах и корневой системе были грибы рода *Fusarium*. Из корней сорных растений выделены следующие виды рода *Fusarium*: *F. sporotrichioides* Sherb., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl., *F. heterosporum* Ness. Эти виды распространены и на подземных органах яровой пшеницы и ячменя [Гагкаева, Гаврилова, 2009; Торопова и др., 2013 а; Bottanico, Perrone, 2002; Bacon, Yates, 2006; Bernhoft et al., 2010].

По исследованиям Е.А. Крюковой [2011] в Поволжье на сорной и дикорастущей растительности выявлены виды, несущие инфекционное начало для культурных растений. В микрофлоре сорной растительности присутствовали грибы родов *Puccinia*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Erysiphe* и др.

Несовершенные грибы представлены наибольшим числом родов и видов. На растениях-резерватах обнаружены возбудители мучнистой росы и бурой ржавчины пшеницы (на пырее ползучем), гельминтоспориозной и фузариозной корневых гнилей (на костре кровельном), бурой ржавчины (на мятлике обыкновенном) и др.

В Краснодарском крае из микрофлоры вредоносных сорняков были выделены и идентифицированы как облигатные, так и факультативные фитопатогенные грибы. Бодяк полевой поражался двумя видами фитопатогенов: *Puccinia punctiformes* и *Phomopsis obscurans*, на васильке солнечном и раскидистом обнаружена *Puccinia hieracii* var. *hieracii*, на ежовнике обыкновенном – *Ustilago trichophora* (Link.) Korn. и др. [Коломиец и др., 2002, 2013].

По результатам исследований микромицетов на сорных растениях на Дальнем Востоке, среди 75 видов грибов и грибоподобных организмов были выявлены возбудители ржавчины, мучнисторосяных заболеваний. Наиболее многочисленны по числу видов были анаморфные грибы (72%), причем на долю целомицетов (класс *Coelomycetes*) и гифомицетов (класс *Hyphomycetes*) приходилось примерно равное количество видов. Фитопатогенные светлоокрашенные гифомицеты были немногочисленны и представлены тремя видами рода *Ramularia*. Из пораженной ткани сорняков выделено 10 видов рода *Fusarium*. Темноокрашенные гифомицеты отличались большим разнообразием и включали 12 родов. На растениях разных семейств часто встречались *Alternaria tenuissima* и *Bipolaris sorokiniana* [Ганнибал и др., 2010].

Формирование широкого видового разнообразия сорных растений агрофитоценозов обуславливается наличием в почве определенного, зачастую очень высокого, потенциального запаса семян и органов вегетативного размножения сорняков [Груздев, 1988; Баздырев, Заверткин, 2004; Передериева, Ткаченко, 2005; Власова и др., 2009; Дорожко и др., 2011; Торопова и др., 2013 а].

Учеными Западной Сибири и Зауралья выявлен типичный для зоны исследований запас семян сорных растений в почве – около 300 млн. экз./га,

который формируется на протяжении 7–8 лет из 10 [Чулкина и др., 2004; Торопова и др., 2010].

Согласно исследованиям Д. Шпаара [2008], при содержании в почве семян сорняков в количестве 50 тыс. на 1 м², 65% составляют семена, попавшие в почву в период комбайновой уборки пшеницы, и только 35% семян сорняков попадают в бункер. Примерно 25% пополняют многолетний банк семян сорняков в почве. Весной семена сорных растений прорастают: 20-25% прошлых лет и 75-80% – предшествующего года, обуславливая сезонную динамику засоренности вегетирующих растений.

Таким образом, обобщая литературные данные, можно заключить, что природные биотические и абиотические факторы играют важную роль в развитии и распространенности корневых гнилей зерновых культур. В работах отечественных и зарубежных авторов рассмотрено влияние климатических условий, антагонистической микрофлоры на корневую гниль яровой пшеницы. В связи с постепенным изменением климатических условий южной лесостепи Западной Сибири, микробиологической активности и супрессивности почв остается актуальным изучение влияния этих факторов на развитие корневой гнили яровой пшеницы в условиях минимизации обработки почвы. Большого внимания заслуживает также сорный злаковый компонент агроценоза яровой пшеницы, который является резерватом основных возбудителей корневых гнилей культурных злаковых растений. Рассев семян сорняков обеспечивает формирование новых очагов корневой гнили, расширение их в пространстве и усугубление (уплотнение) уже имеющихся, значительно снижая эффективность мероприятий по оздоровлению почв.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия южной лесостепи Новосибирской и Омской областей

Южная лесостепь занимает 27,4 % пашни от общей площади Западной Сибири и является одной из ведущих зон в производстве товарного зерна яровой пшеницы. Количество лет с острым недостатком влаги составляет около 30 % [Чулкина и др., 1985].

В Новосибирской области наблюдения и учеты проводили в агроценозах Краснозерского района, расположенного в зоне южной лесостепи (2010-2016 гг.).

Климат района – континентальный. Средняя температура июля 19,3 °С, января – от -19,2 °С до -19,6 °С. Затяжные и суровые зимы сменяются изменчивой весенней погодой. Заморозки начинаются в сентябре и заканчиваются в последней декаде мая. Период с температурой выше 10 °С продолжается 120-125 дней. Безморозный период в среднем 118-20 дней.

Годовое количество осадков на западе составляет около 300 мм, и, постепенно увеличиваясь к востоку, достигает 400 мм. ГТК на северо-востоке – 1,0 на юге – 0,8-0,9 [Районы ..., 1959; Орлова, 1962; Агроклиматические ..., 1971].

Почти вся возвышенная часть района покрыта как разнотравно-ковыльными, так и разнотравно-луговыми степями. Почва – чернозем обыкновенный среднесуглинистый (гумуса до 7 %), сформированный на двучлене (сверху суглинок 0-40см, снизу супесь и песок), который длительное время используется в зерновых севооборотах. На склонах плато встречаются солонцеватые черноземы, постепенно переходящие в ложбинах в солонцы и солончаки. В целинном состоянии черноземы обыкновенные имеют хорошо развитую комковато-зернистую структуру, которая быстро распыляется при распашке, при этом пахотный горизонт становится излишне рыхлым. Запасы продуктивной влаги в метровом слое в благоприятные годы колеблются в

пределах 130-250 мм, что объясняется их хорошей микроагрегатностью, высокой гумусированностью и преобладанием в почвенном поглощающем комплексе катионов кальция. Обыкновенные черноземы тяжело- и среднесуглинистые богаты азотом, однако подвижных форм азота немного 2-4 мг/100 г почвы, их количество снижается ранней весной и в начале лета, а затем идет накопление. Та же закономерность наблюдается и в распределении фосфатов, так как валовой фосфор в черноземах представлен фосфорорганическими соединениями. По содержанию калия черноземы обыкновенные средне- и высокообеспечены [Семендяева и др., 2010].

Кранозерский район относится к теплой и засушливой зоне. Основная масса осадков приурочена к летнему жаркому периоду, поэтому большое их количество расходуется на испарение. Засушливость климата при близком залегании минерализованных грунтовых вод вызывает засоление почвенного покрова. Недостаток почвенной влаги и засоленность отрицательно сказываются на развитии растений. Засушливость климата и облегченный гранулометрический состав способствуют развитию ветровой эрозии. Район находится в окраинной части степной зоны, переходящей в лесостепь [Районы ..., 1959; Орлова, 1962; Агроклиматические ..., 1971].

В Омской области исследования проводили на стационаре ОПХ «Омское» СибНИИСХ, расположенном в Омском районе в 2011-2013 гг. Территория ОПХ находится в зоне южной лесостепи. Исследования проводили на «биологическом» фоне стационара без применения химических средств защиты растений, для того чтобы как можно точнее изучить роль экологических факторов в развитии корневой гнили, исключить влияние пестицидов на микробиологическую активность почвы.

Климат южной части Западной Сибири типично континентальный с продолжительной зимой и коротким летом с поздними весенними и ранними осенними заморозками. Неустойчивость погодных явлений – отличительная черта климата лесостепной зоны Западной Сибири.

Продолжительность безморозного периода 115-120 дней. Гидротермический коэффициент в вегетационный период составляет 1,0-1,1, в отдельные годы снижается до 0,5. Неблагоприятной особенностью климата зоны являются частые засухи. Осадки весенне-летнего периода неустойчивы, носят ливневый характер и распределяются в пределах территории крайне неравномерно.

Сумма среднесуточных положительных температур выше 10°C составляет 1850-2050 °С, продолжительность этого периода в среднем 120-130 дней. Период со среднесуточной температурой воздуха выше 15 °С длится 70-80 дней. Слабые и средней интенсивности засухи наблюдаются ежегодно; продолжительность их за тёплый период бывает в среднем до 7 дней средней интенсивности и до 21 дня – слабой.

Продолжительность вегетационного периода составляет в среднем 155–160 дней, но его часто сокращают поздние весенние и ранние осенние заморозки, поэтому средняя продолжительность безморозного периода 110-120 дней. Ночные заморозки в воздухе весной прекращаются 21-22 мая и появляются осенью 10-22 сентября.

Среднегодовое количество осадков в южной лесостепи Омской области 300-400 мм, их распределение крайне неравномерное в течение года. В зимние месяцы выпадает 20-25%, а летом – 50-65%; ГТК 0,8-1,0 [Агроклиматические ..., 1971].

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднемоощный среднегумусовый с содержанием гумуса в пахотном слое до 7-8%. Выщелоченные чернозёмы в ОПХ «Омское» в пашне занимают 34,3%, характеризуются сравнительно глубоким залеганием карбонатов кальция, глубина вскипания составляет в среднем 90 см. Почвообразующие породы представлены палево-бурыми тяжёлыми суглинками и глинами, содержат карбонаты в пределах от 9 до 12 % (CO₂) [Очерк ..., 1981].

Закладка стационарного опыта, уход за посевами были проведены под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Л.В. Юшкевича при участии канд. с.-х. наук Е.Н. Штро.

2.2 Особенности гидротермических условий в годы исследований

Новосибирская область. Годы исследований характеризовались значительным разнообразием погодных условий. На рисунках 1 и 2 представлена метеорологическая характеристика вегетационных периодов 2010-2016 гг.

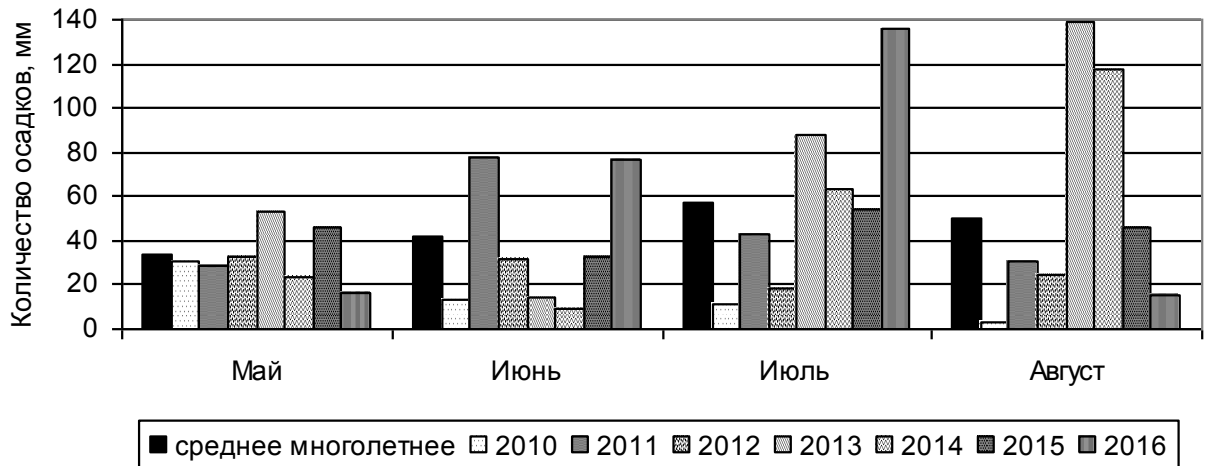


Рисунок 1 – Количество осадков за вегетационные периоды 2010-2016 гг. (по ГМС «Краснозерское»)

2010 г. Погодные условия вегетационного периода характеризовались как острозасушливые с июня по август. В эти месяцы количество осадков было в 7,3 раза меньше нормы, особенно в августе. Отклонения температуры от нормы составили 2 °С в течение вегетационного периода. ГТК 0,47.

2011 г. Погодные условия вегетации характеризовались недостаточным увлажнением во вторую половину вегетации и умеренными температурами. В мае, июне и августе температура была выше нормы более чем на 2°С. Наиболее засушливыми месяцами были июль, август. Снижение количества осадков с июля по август по сравнению со средним многолетним показателем составило 1,3 раза. ГТК 0,83.

2012 г. Погодные условия характеризовались недостаточным увлажнением во все месяцы вегетации. Минимальное количество осадков отмечено в июле (в 3 раза меньше нормы) и в августе (в 2 раза). Во все месяцы вегетации температура была повышенной (в июне и июле более чем на 2°С больше нормы). ГТК 0,44.

2013 г. Увлажнение было избыточным в течение всей вегетации, кроме июня. Максимально увлажненным был август, сумма осадков составила 302 % от

нормы. Температура в первые месяцы вегетации 2013 г. была ниже среднемноголетних показателей на 1,7-2,4 °С, кроме августа. В августе температура превышала норму на 1,2 °С. ГТК 1,13.

2014 г. Осадков было в 2 раза меньше по сравнению с нормой. Отмечена засуха в июне. Июль и август были переувлажнены на 102 и 257 % от нормы. Температура воздуха за вегетационный период была в пределах средних многолетних данных. ГТК 1,09.

2015 г. Максимальное увлажнение отмечено в мае и составило 143 % от нормы. В июне-июле количество осадков было немного меньше нормы, в августе – в пределах нормы. Вегетационный период характеризовался повышенными температурами воздуха. В мае –июне превышение нормы составило 2 °С. ГТК 0,87.

2016 г. В течение вегетационного периода отмечено избыточное увлажнение в июне–июле в 2 раза по отношению к норме. Наблюдалось повышение температуры воздуха в течение всей вегетации, кроме мая. Температура была повышена 1,5 °С. ГТК 0,90.

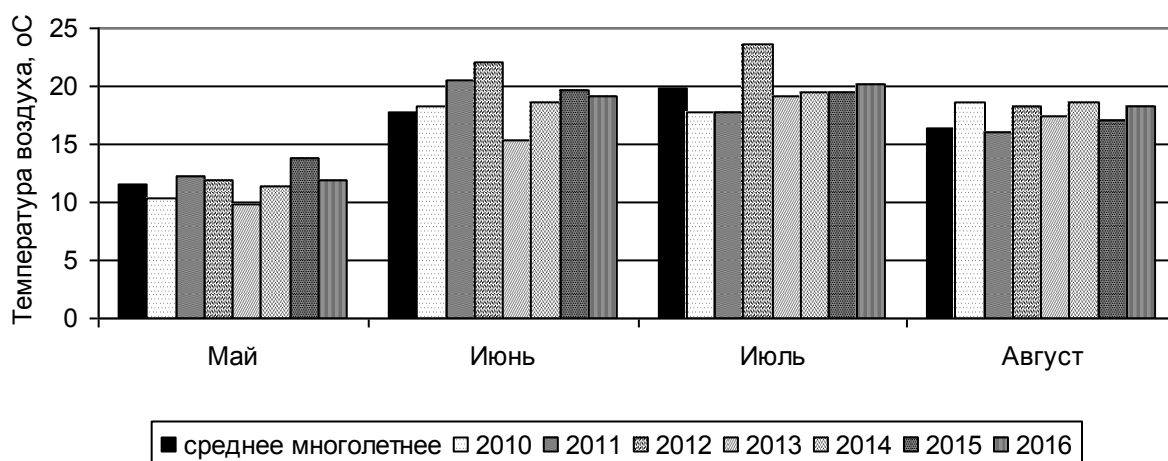


Рисунок 2 – Температура воздуха за вегетационные периоды 2010-2016 гг. (по ГМС «Краснозерское»)

Таким образом, в Новосибирской области из 7 лет исследований 2 года были влажными (ГТК ≥ 1) и 5 засушливыми (ГТК < 1), причем 2012 г. был острозасушливым.

Омская область. Годы исследований характеризовались значительным разнообразием погодных условий. На рисунке 3 представлена метеорологическая характеристика вегетационных периодов 2011 – 2013 гг.

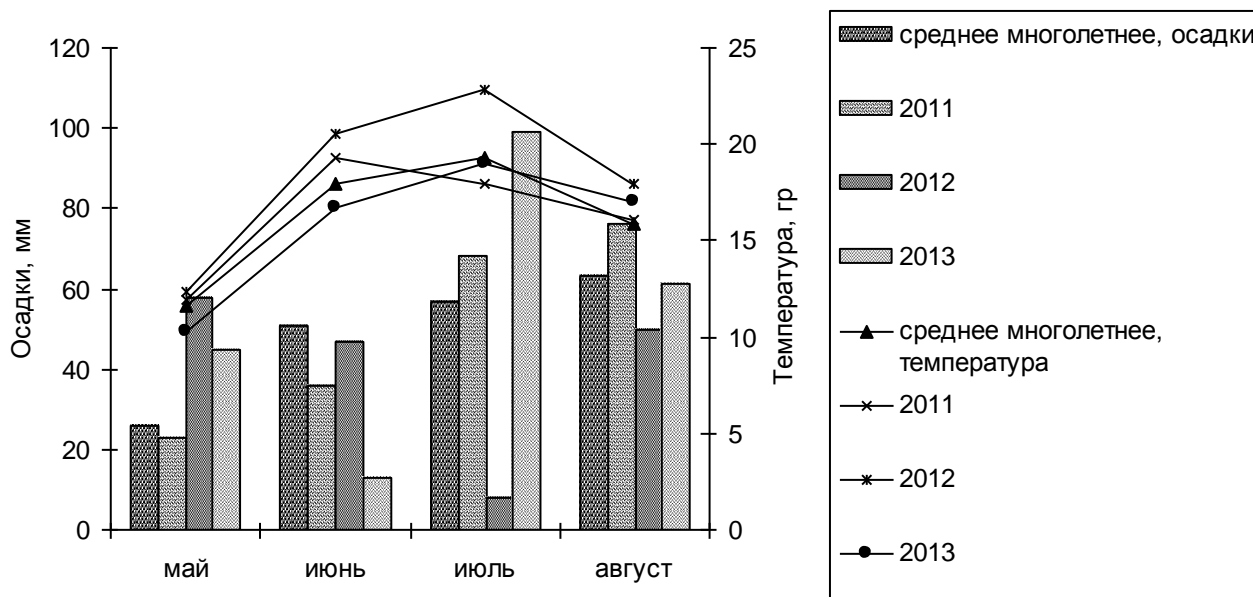


Рисунок 3 – Климодиаграмма по ОПХ «Омское» за период вегетации в годы исследований по месяцам

2011 г. Погодные условия вегетационного периода характеризовались пониженными температурами и засухой в мае – июне. Только в июне температура была выше нормы на 2°C. Количество осадков в июле и августе было выше нормы на 20 %. ГТК 0,99.

2012 г. Погодные условия характеризовались повышенными температурами и недостаточным увлажнением во все месяцы вегетации, кроме мая. Температура была выше нормы (в июне, июле и августе более чем на 3°C). В июне, июле, августе увлажнение составило в среднем 25% от нормы. ГТК 0,69.

2013 г. Погодные условия характеризовались пониженными температурами в начале вегетации и засухой в июне, а во второй половине вегетации – температурами в пределах нормы и избыточным увлажнением, превышающим средние многолетние показатели на 30 %. ГТК 1,08.

Таким образом, в Омской области из трех лет исследований 2 года были увлажненными ($\text{ГТК} \geq 1$) и 1 – засушливым ($\text{ГТК} < 1$).

2.3 Методы исследований

2.3.1 Лабораторные эксперименты (2010-2016 гг.) Лабораторные наблюдения и анализы проводили в лаборатории экологии болезней растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. В ходе исследований были использованы общепринятые методики.

Методика определения фитосанитарного состояния почвы методом флотации. Основа методики была разработана канадскими учеными [Ledingham, Chin, 1955] и модифицирована для массовых анализов [Чулкина и др., 2009]. Почвенные образцы, отобранные по общепринятой методике агрохимического анализа с глубины 0–10 и 11–20 см были подсушены до воздушно-сухого состояния, затем раздроблены и просеяны через почвенные сита с отверстиями 1 мм.

Согласно классической методике, при определении численности возбудителя корневых гнилей в почве из постоянного образца делали навеску в 10 г, помещали в фарфоровую ступку и увлажняли 1 мл водопроводной воды, тщательно перемешивая шпателем. Добавляли 5 мл вазелинового масла и почву снова перемешивали, а затем переносили в цилиндр с притертой пробкой вместимостью 100 мл и добавляли 49 мл воды. Полученную смесь встряхивали вертикальными движениями руки в течение 5 мин, затем отстаивали 1,5-2 ч до четкого расслоения жидкостей. В модифицированной методике все манипуляции с почвой проводят в пластиковой центрифужной пробирке или в широкогорлой склянке с притертой пробкой объемом 100 мл.

Из поверхностного слоя масляной эмульсии отбирали пипеткой 1 мл и переносили по капле на предметное стекло. По каждому образцу анализировали не менее 10 капель под микроскопом с увеличением не менее 80 раз и подсчитывали число конидий возбудителя. Полученное содержание конидий пересчитывали на 1 г воздушно-сухой почвы по формуле.

$$N = \frac{n \times 5}{0,1 \times 10}$$

где N – число конидий *Bipolaris sorokiniana* в 1 г воздушно-сухой почвы;

n – число конидий на стекле, шт.;

0,1 – объем капли, мл;

5 – объем масла, мл;

10 – навеска почвы, г.

Методика учета обыкновенной корневой гнили дифференцированно по органам по В.А. Чулкиной. Растения, (100-150 экз.) выкапывали в 6 случайных точках поля. Подземные органы растений осторожно извлекали из почвы, тщательно отмывали в проточной воде и анализировали первичные корни, вторичные корни, колеоптиле, эпикотиль, основание растения по следующей шкале:

0 – орган имеет равномерную светлую окраску, здоров;

0,1 – отмечаются небольшие единичные точки бурого цвета, занимающие не более 10 % поверхности;

1 – потемневшая зона охватывает до 25 % поверхности;

2 – поражено до 50 % поверхности органа;

3 – поражено до 75 % поверхности органа;

4 – орган полностью поражен или погиб.

После анализа подсчитывали индекс развития болезни, распространенность заболевания по каждому органу и в среднем по растению [Методические ..., 1972].

Определение общей супрессивности почвы по ограничению роста фитопатогенов. Образец нативной почвы с влажностью 60–70 % массой 10 г помещали в чашку Петри диаметром 90 мм и заливали охлажденной агаризованной питательной средой для культивирования тест-объекта. На поверхности застывшей среды размещали по 10 агаровых блоков одинакового диаметра (по 3-4 мм), вырезанных пробоотборником из 7-10-дневной чистой культуры тест-объекта. В качестве контроля использовали агаризованную среду

без почвы, на которой размещали такие же агаровые блоки с тест-объектом. Бицидные вещества почвы (биотического или абиотического происхождения) диффундировали в среду и подавляли рост тест-объекта по поверхности среды и на агаровом блоке [Способ ..., 2015].

Измерения диаметра колоний тест-объекта производили на третьи сутки. О супрессивности почвы свидетельствуют два показателя:

1) полное подавление роста гриба (по числу блоков без признаков роста тест-объекта от общего числа исследуемых блоков);

2) ограничение радиального роста развивающихся из блоков колоний (по сравнению с контролем).

Численный показатель супрессивности вычисляли по формуле

$$C = ((N_1 + (N_2 \times \frac{d}{D}) \times 100) / N,$$

где C – супрессивность почвы, %;

N_1 – число блоков без признаков роста тест-объекта;

N_2 – число блоков тест-объекта с развивающимися колониями;

d – средний диаметр колоний тест-объекта, см;

D – средний диаметр контрольных колоний, см;

N – общее число блоков тест-объекта в опыте;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Если почва стимулирует развитие фитопатогена, то значение показателя супрессивности будет отрицательным. Супрессивность меняется от 100 % – полная супрессивность (все блоки без признаков роста тест-объекта) до 0 % или отрицательного значения – *кондуктивная* почва (все блоки тест-объекта развиваются на уровне контроля или сильнее) (таблица 1).

Таблица 1– Шкала уровня супрессивности почвы

Значение, %	Уровень супрессивности почвы
< 0	Кондуктивная
0–20	Отсутствие
20–40	Слабо выраженная
41–60	Средняя
61–80	Сильно выраженная
81–100	Абсолютная

Методика выделения микромицетов из подземных органов растений.

Подземные органы промывали, высушивали и нарезали на равные отрезки длиной 1 см. Отрезки стерилизовали в течение 10 мин в 0,5 %-м растворе перманганата калия, тщательно промывали в проточной воде и раскладывали на питательную среду по 10 штук в чашку Петри на агар Чапека. После инкубации в течение 10 дней при температуре 22-24 °С проводили учет видового состава возбудителей корневых гнилей с использованием определителей [Хохряков, 1974; Методы ..., 1982]. Таксономический состав патогенных микромицетов определяли по [Билай, 1977; Пидопличко, 1977; Simmons, 2007]

Методика определения численности групп почвенных микроорганизмов. Отбирали 2–3 образца почвы в 8 случайных точках поля массой по 100-150 г в мае, до посева яровой пшеницы с глубины 0-10 см, 11-20 см. Готовили навеску сухой почвы в 10 г и помещали в колбу со стерильной водой (90 мл). Тщательно взбалтывали и приготавливали последовательные разведения (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000). Высевали на стерильную селективную среду почвенную суспензию необходимого разведения. Среду автоклавировали 30 мин при 1 атм. В охлажденную до 45 °С среду Чапека добавляли перед разливкой по чашкам Петри стрептомицин (0,2 г/л). Каждый почвенный образец высевали на 4 ИПС в 5-кратной повторности. Чашки Петри инкубировали в термостате при 25–27С⁰ в течение 7–10 суток. Подсчитывали количество колоний микроорганизмов в образце и делали пересчет на 1 г воздушно-сухой почвы [Сэги, 1983; Теппер, 1994].

С целью определения влажности анализируемого образца почвы навеску (10-20 г) помещали в заранее взвешенные металлические бюксы и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Расчет производили по следующей формуле:

$$N=Nc \times 100\% / 100\% - c,$$

$$\text{где } Nc=n \times a,$$

N – количество клеток микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы;

Nc – количество клеток микроорганизмов в 1 г сырой почвы;

a – степень десятикратного разведения;

n – число колоний, выросших на чашке Петри (берется среднее арифметическое из всех чашек);

c – влажность исследуемой почвы, %.

Общее количество бактерий, потребляющих органические формы азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА); бактерий, потребляющих минеральный азот и актиномицеты, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА); целлюлозолитические микроорганизмы – на агаре Гетчинсона (ГС); микроскопических грибов – на среде Чапека.

Методика определения запаса и жизнеспособности семян сорняков в почве по А.Г. Таскаевой, В.П. Таскаеву. С каждого поля в 8-10 точках отбирали почву из слоев 0–10 и 11–20 см, формируя рендомизированно 2 образца массой 2 кг. Средний образец тщательно перемешивали и отбирали навеску массой 200 г или два образца по 100 г, которые переносили в набор сит с отверстиями 3; 1; 0,5; 0,25 мм, последовательно вставленных одно в другое, и отмывали в воде. Оставшуюся на поверхности сита массу просматривали под лупой, отбирая и подсчитывая число семян сорняков с нормальным цветом и формой, без признаков разложения [Чулкина и др., 2009]. Таксономический состав семян сорных растений определяли с помощью определителя [Доброхотов, 1961]

Для перевода числа сорняков в 100 г почвы в количество их в миллионы штук на 1 га за массу 1 см³ почвы принимали 1,2–1,3 г, а объем 100 г почвы – 80 см³. Коэффициент пересчета равен 31,25. Формула следующая:

$$C = x \times 31,25;$$

где C – количество семян сорняков, млн шт./га;

x – количество семян в 100 г почвы;

При численности семян сорняков в пахотном слое почвы 0–20 см:

до 5 млн шт./га – засоренность очень слабая;

5–15 млн шт./га – засоренность слабая;

16–50 млн шт./га – засоренность средняя;

51–100 млн шт./га – засоренность сильная;

больше 100 млн шт./га – засоренность очень сильная.

Методика определения элементов структуры урожая. Отступив 30 м от края поля, перед уборкой урожая отбирали снопы с площадок 0,25 м² (2 рядка длиной 83,3 см), выкапывая растения на глубину пахотного горизонта с сохранением корневой системы.

Снопы отбирали рендомизированно в восьмикратной повторности по каждому полю. Снопы отделяли друг от друга, перевязывая отдельно шпагатом, снабжали этикеткой и перевозили в помещение, пригодное для дальнейшего анализа.

Отделяли культурные растения от сорняков, подсчитывали количество последних и взвешивали отдельно по каждому снопу. Отрезали колосья и помещали в хлопчатобумажные мешочки, высушивали, обмолачивали, очищали от половы, а зерно взвешивали.

По итогам анализа рассчитывали следующие показатели:

- густоту продуктивного стеблестоя и насаждения (число колосьев на 1 м²);
- число зерен на колос по формуле для зерновых культур: $Чз = П \cdot 1000 / М \cdot Г$, где: Чз – число зерен/колос, экз.; П – продуктивность колосьев, масса зерна, г/м²; М – масса 1000 зерен, г; Г – густота продуктивного стеблестоя, колосьев/м²; 1000 – коэффициент пересчета;
- массу 1000 зерен. Обычно от образца с 1 м² отсчитывают по 500 зерен в двукратной повторности, взвешивают на технических весах с точностью до десятых долей (0,1 г). Если различия между показателями превышают 5%, делают третью навеску и берут результаты по двум, различающимся в пределах 5%.

Биологическую урожайность зерна по каждому полю вычисляли по формуле $У = Г \times Ч \times М / 10000$, где У – биологическая урожайность, ц/га; Г – густота продуктивного стеблестоя, колосьев/м²; Ч – число зерен на колос; М – масса 1000 зерен, г; 10000 – коэффициент пересчета [Чулкина и др., 2009].

2.3.2 Полевые учеты и наблюдения (2010–2016 гг.)

Исследование влияния агроэкологических факторов на развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области. Исследования проводили на полях ООО «Рубин» Краснозерского района Новосибирской области. Это единственное хозяйство в области, применяющее ресурсосберегающую технологию No-till на 100% посевных площадей (14,5 тыс. га). В ООО «Рубин» все сельскохозяйственные культуры возделывают по технологии прямого посева в течение 10-12 лет.

В севооборотах присутствуют: яровая пшеница сортов Баганская 95, Алтайская 325 – 50%, зерновой горох сортов Ямал, Ямальский, Агроинтел – 20%, яровой рапс немецкого сорта Абилити, гибридов Сальса и Мобиль – 30%, озимая пшеница, чечевица.

Почвенный покров – чернозем обыкновенный среднесуглинистый с содержанием гумуса 1,8-4%, рН 6,5-8,2. Обеспеченность азотом низкая и средняя (3 мг/кг), подвижным фосфором – средняя и повышенная (0,52 мг/100 г), калием – повышенная (30 мг/кг). Систематически вносят минеральные удобрения: 100 кг физического веса аммиачной селитры и 50-80 кг аммофоса на 1 га.

Исследования проводили на двух сортах яровой пшеницы, районированных и перспективных для выращивания в лесостепи Западной Сибири [Каталог сортов..., 2009].

Алтайская 325. Сорт создан Н.И. Коробейниковым, Н.И. Пешковой, В.А. Борадулиной, Г.М. Мусалитиным, оригинатор сорта ФГБНУ Алтайский НИИСХ. Сорт районирован в 2004 г. Среднеспелый, интенсивного типа, с урожайностью до 45 ц/га. Имеет прочную соломинку, устойчив к полеганию и прорастанию на корню, крупнозерный (до 46,5 г). Содержание белка 15,1-16,9 %, клейковины – до 38,5 %. Умеренно восприимчив к септориозу, восприимчив к корневым гнилям. Сильно восприимчив к бурой ржавчине, мучнистой росе. Слабо восприимчив к пыльной головне. Внесен в список ценных по качеству сортов.

Баганская 95. Сорт создан А.С. Тарасовым, С.В. Курновой, А.Н. Лубниным, П.Л. Гончаровым, оригинатор сорта ГНУ СибНИИРС, ГНУ СибНИИ кормов (отдел СКОС). Разновидность лютесценс. Куст полупрямостоячий. Масса 1000 зерен 34-45 г. Средняя урожайность в регионе составила 21,7 ц/га, превысив средний стандарт на 1,7 ц/га. Среднепоздний, вегетационный период 81-95 дней. Устойчив к полеганию, средnezасухоустойчив. Хлебопекарные качества хорошие. Восприимчив к пыльной и твердой головне, мучнистой росе; сильно восприимчив к бурой ржавчине. Урожайность зерна в среднем за годы испытаний 28,5 ц/га, что на 4,4 ц/га выше стандарта. Сорт районирован с 2007 года по Западно-Сибирскому региону РФ.

Посев яровой пшеницы сортов Алтайская 325 и Баганская 95 производили посевным комплексом John Deere 1895 19-27 мая. Норма высева 190-195 кг/га. Предшественники: горох, рапс, пшеница по гороху, пшеница по рапсу, монокультура пшеницы. Обработка почвы отсутствует (no-till).

Семена яровой пшеницы протравливали баковой смесью Радифарма (100 мл/т), Гидромикса (100 г/т), Винцита (1,5 л/т). Удобрения: аммиачная селитра (90 л/га), аммофос (50 кг/га); фунгицид: Импакт (0,5 л/га), гербицид: Пума Супер (0,9 л/га).

Уборку урожая проводили напрямую комбайном John Deere STS 9670. Схемы полевых экспериментов представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Схема отбора образцов в ООО «Рубин», сорт Алтайская 325
(2010–2013 гг.)

Предшественник	Площадь, га
Горох	308
Пшеница по гороху	176
Монокультура пшеницы с 2003 года	67
<i>Итого</i>	551

Таблица 3 - Схема отбора образцов в ООО «Рубин», сорт Баганская 95
(2014-2016 гг.)

Предшественник	Площадь, га
Пшеница	186
Рапс	205
<i>Итого</i>	391

Исследование влияния агроэкологических факторов на развитие корневых гнилей яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области (2011–2013 гг.). Исследования проводили в ОПХ «Омское», расположенном в Омском районе Омской области.

Почвенный покров стационара представлен чернозёмом выщелоченным, тяжелосуглинистым среднесплошным с содержанием гумуса в пахотном слое 6,48 %, валового азота – 0,32 %, фосфора – 0,15 %, рН водный 6,4–6,8. Количество азота в виде N-NO₃ 8,9 мг/кг почвы, в виде N-NH₄ – 1,0 мг/кг, фосфора по Чирикову – 13,5 мг/100 г почвы, калия по Масловой 56 мг/100 г [Алексеева, 1978; Храмцов, 1990].

Исследования проводили на сорте мягкой яровой пшеницы *Омская 36*, созданном в СибНИИСХ совместно с фирмой «Кургансемена». Сорт выведен В.А. Зыкиным, И.А. Беланом, Л.В. Росеевой, Е.Ю. Игнатъевой и др. Сорт среднеранний, вегетационный период 87 суток.

Сорт обладает высокой потенциальной урожайностью по фонам и срокам посева, которая обеспечивается сочетанием засухоустойчивости, устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе, лучшей выживаемости, высокой густоты продуктивного стеблестоя и тяжеловесного зерна. Сорт практически устойчив к пыльной головне, несколько ниже стандарта поражается мучнистой росой. Твёрдой головней сорт поражается на уровне стандарта. Сорт замедляет развитие бурой ржавчины. Сорт рекомендуется испытать на госсортоучастках лесостепной зоны Западной Сибири и Урала [Каталог ..., 2009].

Посев яровой пшеницы *Омская 36* (элита) проводили с 27–31 мая. Семена не протравливали. Норма высева 180 кг/га. Удобрения вносили при посеве: аммиачная селитра, аммофос в дозе N30P30.

Вспашку проводили плугом ПН-4-35 в агрегате с боронами. Плоскорезную обработку осуществляли орудием ОПТ-3,5. Весной проводили закрытие влаги в 2 следа (в варианте со вспашкой – зубовыми боронами БЗТС-1, с плоскорезной обработкой – игольчатой бороной БИГ-3А, с минимально-нулевой обработкой – проводили культивирование КПШ-5).

Урожай учитывали методом однофазной уборки комбайном САМПО-130. Солому при уборке урожая измельчали комбайном и оставляли в поле.

Схема отбора образцов представлена в таблице 4.

Растения пшеницы и почвенные образцы (с глубины 0-10 и 11-20 см) отбирали по трем предшественникам: пар, первая пшеница после пара, вторая пшеница после пара, по трем обработкам почвы: отвальная, плоскорезная, минимально-нулевая.

Размещение делянок систематическое, повторность четырехкратная. Площадь делянок 2880 м² (160 x 18 м).

Таблица 4 – Схема отбора образцов в ОПХ «Омское»

Обработка почвы	Обработка чистого пара в течение парования	Предшественник
Отвальная (вспашка на глубину 20-22 см)	Вспашка на глубину 20-22 см + культивация на глубину 8-10 см	Пар (п)
		1-я пшеница после пара (1п)
		2-я пшеница после пара 2п
Плоскорезная (на глубину 10-12 см)	Культивация на глубину 10 - 12 см	п
		1п
		2п
Минимально-нулевая (без осенней обработки почвы)	Культивация на глубину 8-10 см	п
		1п
		2п

Для оценки биологического разнообразия семян сорных растений в почве использовали коэффициент общности (Жаккара) [Песенко, 1982].

Коэффициент общности (Жаккара) – показатель количества общих признаков в сравниваемых фитоценозах и других таксонах:

$$K = C \cdot 100 / (A + B) - C,$$

где K – коэффициент Жаккара;

A – признаки, характерные для вида A ;

B – признаки, характерные для вида B ;

C – количество общих признаков для видов A и B .

При K , близком к единице, сходство видов максимальное, при K , близком к нулю, – минимальное.

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов [Доспехов, 1985] с использованием пакетов программ SNEDECOR [Сорокин, 2009] и STATISTICA 6.0 для Windows.

3 РАЗВИТИЕ И ЭТИОЛОГИЯ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

3.1 Динамика корневой гнили яровой пшеницы

В последние десятилетия в технологии возделывании яровой пшеницы в Западной Сибири проявилась тенденция ресурсосбережения с минимизацией обработок почвы. Минимизация обработки почвы и широкое распространение севооборотов с короткими ротациями привели к изменению динамики и этиологии корневой гнили на подземных органах яровой пшеницы. В результате развития корневой гнили зерновых культур снижение продуктивности растений в благоприятные для развития болезни годы может достигать 30% и более [Марьина-Чермных, 2008; Торопова и др., 2011; Лапина, 2014].

В таблице 5 приведены результаты учетов развития корневой гнили дифференцированно по подземным органам яровой пшеницы, высеянной после разных предшественников и в зависимости от приемов основной обработки почвы.

Таблица 5 – Развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области (2011-2013 гг.)

Обработка почвы	Предшественник	Среднее по органам				Среднее по растению
		Первичные корни	Эпикотиль	Вторичные корни	Основание стебля	
Отвальная	Пар	33,5	28,0	28,9	27,8	29,6
	1-я пшеница	43,1	34,5	35,5	32,9	36,5
	2-я пшеница	39,1	42,5	39,2	35,1	39,0
	среднее					35,0
Плоскорезная	Пар	40,6	30,5	31,7	28,4	32,8
	1-я пшеница	53,5	40,6	39,6	38,9	43,2
	2-я пшеница	45,8	31,3	43,3	43,4	41,0
	среднее					39,0
Минимально-нулевая	Пар	34,4	31,5	30,7	31,5	32,0
	1-я пшеница	45,0	37,3	36,7	32,8	38,1
	2-я пшеница	45,0	40,8	44,2	31,7	40,4
	среднее					36,8
НСР ₀₅ по обработкам почвы 9,7						
НСР ₀₅ по предшественникам 7,9						

Развитие корневой гнили при всех способах обработки почвы было примерно на одном уровне и составило в среднем 35-39%, или 2-2,9 ПВ. Самое низкое развитие болезни отмечено после пара во всех вариантах обработок почвы. Биологическая эффективность этого фитосанитарного предшественника составила 24% на отвальной обработке почвы, 20 – на плоскорезной и 21% – на минимально–нулевой по сравнению со второй пшеницей по пару.

Самыми пораженными были первичные корни, особенно на плоскорезной и минимально-нулевой обработках после пшеницы – 53,5 и 45% соответственно, что выше ПВ в 3,3 раза. Это связано с концентрацией фитопатогенов в верхнем слое почвы (0–10 см), как будет показано в главе 4.

На отвальной обработке почвы после фитосанитарного предшественника пара отмечено минимальное поражение подземных органов (эпикотиль, вторичные корни, основание стебля) – на уровне 27,8–28,9%. Поражение подземных органов яровой пшеницы на плоскорезной и минимально-нулевой обработках почвы варьировало от 28,4 до 44,2%, что выше ПВ в среднем в 2,8 раза. Фитосанитарный эффект связан с более высокой микробиологической активностью почвы при отвальной обработке [Торопова и др., 2012].

На развитие корневой гнили оказали влияние также погодные условия вегетации. Так, развитие корневой гнили было в среднем на 43,5 % выше в засушливых условиях 2012 г. (ГТК 0,69) по сравнению с 2011 г. (ГТК 0,99), что объясняется снижением устойчивости растений к болезни при засухе [Торопова и др., 2016 б]. Согласно данным дисперсионного анализа, доля влияния погодных факторов на развитие корневых гнилей яровой пшеницы составила 63%.

Ранее проведенные в южной лесостепи Омской области исследования показали, что развитие корневой гнили в среднем составляло 9,6-10%, достигая максимума к концу вегетации [Чулкина и др., 1982]. Самое значительное развитие болезни на уровне 44,6% было отмечено однократно в 1977 году на плоскорезной обработке почвы [Крицкая, 1977]. Эффективность фитосанитарных предшественников (пар, кукуруза) была значительно выше, чем в наших исследованиях, и достигала 40-45%.

Согласно нашим данным, независимо от обработки почвы и предшественников развитие корневой гнили было относительно равномерным и в среднем в 3-4 раза более высоким, чем в 70-х годах XX века. Это связано с тем, что за 40 лет в почве южной лесостепи Омской области произошло накопление инфекционных структур патогенных микромицетов в десятки раз, что обусловило значительное усиление болезни. Кроме того, изменилась и этиология корневых гнилей, как будет показано в последующих разделах диссертации.

В южной лесостепи Новосибирской области при нулевой технологии возделывания яровой пшеницы также было выявлено значительное развитие болезни (таблица 6).

Таблица 6 – Развитие корневой гнили яровой пшеницы при нулевой технологии возделывания в южной лесостепи Новосибирской области (2010-2013 гг.), %

Предшественник	Среднее по органам				Среднее по растению
	Первичные корни	Эпикотиль	Вторичные корни	Основание стебля	
Горох	28,6	22,9	23,7	22,0	24,3
Пшеница по гороху	35,5	27,4	32,9	22,9	29,7
Монокультура пшеницы с 2003 г.	43,0	41,8	33,6	37,3	38,9
НСР ₀₅					6,6

При прямом посеве яровой пшеницы развитие корневой гнили постепенно увеличивалось по предшественникам от гороха к монокультуре пшеницы и разница составила 1,6 раза. Максимальное развитие болезни отмечено после монокультуры пшеницы, превышение ПВ достигло 2,6 раза. Немного ниже развитие болезни было в варианте с пшеницей по гороху – в 2,0 раза выше ПВ (рисунок 4). На рисунке отчетливо видно угнетающее действие корневой гнили в варианте, где предшественником была монокультура по сравнению с фитосанитарным предшественником горохом. Биологическая эффективность гороха по сравнению с зерновым предшественником в подавлении корневых гнилей составила 37,5%. Доля влияния предшественников на развитие корневой

гнили составила 51,1%, и значительно, в 3,2 раза, превысила влияние погодных условий вегетации.

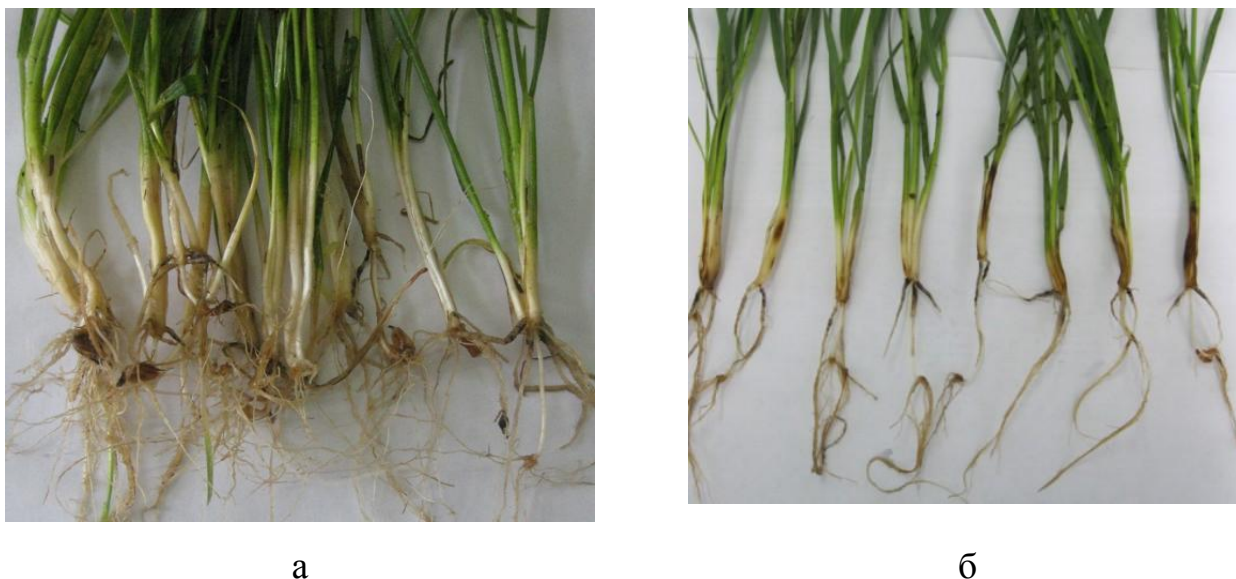


Рисунок 4 – Растения яровой пшеницы, пораженные корневой гнилью, по предшественникам: а – гороху; б – монокультуре пшеницы

Еще большими фитосанитарными свойствами в технологии прямого посева как предшественник пшеницы обладал яровой рапс (таблица 8).

Данные таблицы 7 указывают на значительное оздоравливающее действие рапса, как предшественника, на околоземные и подземные органы яровой пшеницы. Возделывание яровой пшеницы после рапса позволило снизить развитие корневых гнилей в среднем по органам до уровня, близкого к ЭПВ (ЭПВ=15%). Биологическая эффективность возделывания пшеницы по рапсу в отношении корневой гнили составила 44,2% по сравнению с зерновым предшественником.

Таблица 7 – Развитие корневой гнили яровой пшеницы по предшественникам при технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (2015-2016гг.)

Предшественник	Развитие корневой гнили по органам, %				
	первичные корни	вторичные корни	эпикотиль	основание стебля	среднее
Пшеница	27,5	29,5	35,0	36,4	32,1
Рапс	18,2	16,3	18,4	18,7	17,9
НСР ₀₅					2,6

Рассмотрение сезонной динамики корневой гнили показало обострение эпифитотического процесса болезни в начале вегетации, превышение ПВ в фазу кущения пшеницы составляло 5,2 раза (рисунок 5), что соответствует уровню сильной эпифитотии. Столь сильное развитие болезни связано с высокой насыщенностью биоценоза почвы покоящимися структурами фитопатогенов в верхнем слое и их одномоментной «веерообразной» передачей в фазу всходов яровой пшеницы.

К концу вегетации развитие корневой гнили замедлялось и оставалось примерно на одном уровне. Превышение ПВ составляло к концу вегетации в среднем 2,2 раза, т. е. ниже, чем в ее начале.

Выявленная сезонная динамика корневой гнили в южной лесостепи Западной Сибири с резким усилением ЭП болезни на начальных фазах развития растений, предъявляет повышенные требования к качеству семян и технологии их посева. Для преодоления критического для растений периода развития, когда они наиболее восприимчивы к биотическим и абиотическим стрессорам, следует максимально повышать качество семян агротехническими (калибровка, обогрев) и химическими (протравливание, регуляторы роста) приемами.



Примечание: ПВ в фазу всходов 5%

ПВ в фазу полной спелости 15%

НСР₀₅: по году – 3,56; по предшественнику – 3,08; по сроку – 2,51.

Рисунок 5 – Развитие корневой гнили яровой пшеницы в течение вегетационного сезона при технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (2010–2013 гг.)

Особенно высокую значимость в зоне исследований приобретают технологии создания эффективного ложа для семян и другие приемы повышения устойчивости растений к корневым гнилям, эффективность которых доказана в регионах Сибири и Зауралья [Чулкина, 1985; Торопова, 2005; Порсев, 2009].

По данным Россельхозцентра Новосибирской области в 2010-2016 гг. отмечены локальные эпифитотии септориоза: развитие болезни варьировало на уровне 35-75 %, распространенность составила 28-100 %. По результатам корреляционного анализа между развитием корневых гнилей и развитием септориоза получена слабая недостоверная зависимость $0,267 \pm 0,682$, что говорит о возможной тенденции повышения вредоносности и развития листо-стеблевых инфекций во второй половине вегетации на уже ослабленных корневой гнилью растениях.

3.2 Этиология корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири

На протяжении 4 лет в южной лесостепи Новосибирской области и 3 лет в южной лесостепи Омской области нами изучался таксономический состав микромицетов на подземных органах яровой пшеницы.

Большинство выделенных нами из подземных органов яровой пшеницы таксонов относились к группе патогенных грибов, вызывающих обыкновенную и фузариозную корневые гнили яровой пшеницы, однако были отмечены также слабопатогенные и сапротрофные микромицеты [Боровой и др., 2011; Казакова, 2013].

В микоценозе ежегодно преобладали представители родов *Fusarium* Link, *Bipolaris* Shoemaker (*Helminthosporium* Link), *Alternaria* Nees, в отдельных образцах встречались микромицеты рода *Penicillium* Link (рисунок 6).

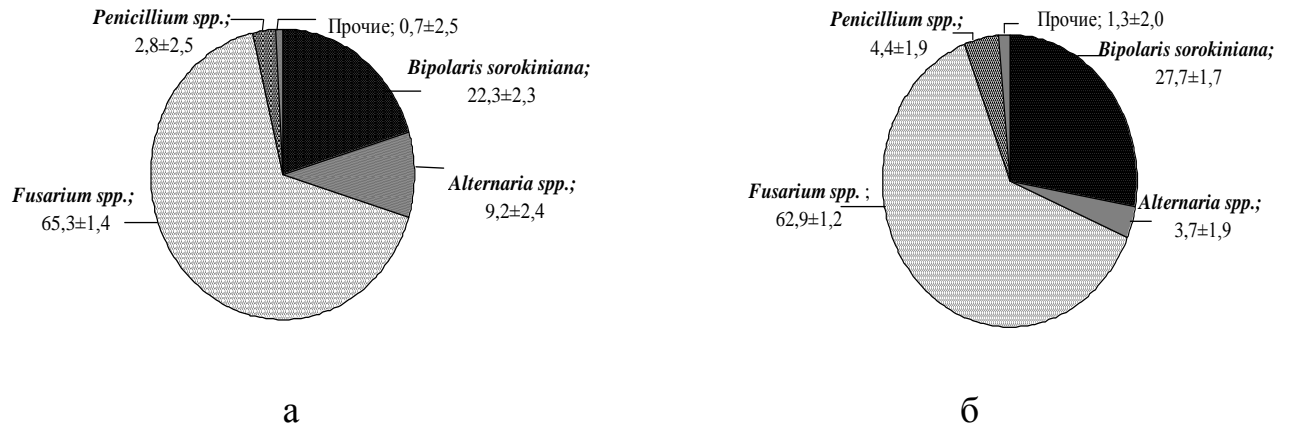


Рисунок 6 – Таксономический состав и распространение микромицетов на подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской (а) (2010-2013 гг.) и Омской (б) областей (2011-2013 гг.), (%), $p \pm s_p * t_{05}$)

Данные рисунка подтверждают, что доминирующими на подземных органах в южной лесостепи обоих регионов являлись грибы рода *Fusarium*, распространение которых составило 62,9-65,3 %. За все годы исследований в Новосибирской и Омской областях встречаемость фузариевых грибов в растительных образцах составила 100 %.

В наших исследованиях было выявлено значительное видовое разнообразие грибов рода *Fusarium*, которые характеризуются приуроченностью к определенным типам почв, гидротермическим условиям, органам растений, отличаются по чувствительности к фунгицидам [Чулкина, 1985; Ашмарина, Горобей, 2008; Торопова и др., 2013 а].

Видовой состав фузариевых грибов отличался по органам яровой пшеницы (таблица 8).

Существенную долю выделенных из подземных органов пшеницы грибов составили высокотоксичные агрессивные виды *F. sporotrichioides* (Sherb.), *F. solani* Koord., *F. moniliforme* var. *subglutinans* Wollenw. & Reinking, *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. poae* (Peck) Wr., *F. oxysporum* (Schlecht). Биологическое разнообразие и встречаемость отдельных видов рода *Fusarium* были выше на подземных органах по сравнению с колосом, указывая на различия в реализации

основной (подземные органы) и дополнительной (колос) экологических ниш микромицетов [Воробьева, 2011; Казакова, 2013].

Таблица 8 – Частота встречаемости видов рода *Fusarium* на органах яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири (2010-2016 гг.)

№ п/п	Вид	Колос	Подземные органы
1	<i>F. sporotrichiella</i> var. <i>poae</i> (Peck) Bilai (<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.)	+++	+++
2	<i>F. gibbosum</i> Appel & Wollenw. (<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.)	++	+++
3	<i>F. oxysporum</i> Schltldl.	++	+++
4	<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	++	+++
5	<i>F. avenaceum</i> var. <i>herbarum</i> (Corda) Bilai (<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.)	+	++
6	<i>F. culmorum</i> (W.G.Sm.) Sacc.	++	++
7	<i>F. solani</i> Koord.	+	+++
8	<i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i> Wollenw. & Reinking (<i>F. subglutinans</i> (Wollenw. & Reinking) P.E. Nelson, Toussoun & Marasas)	0	+++
9	<i>F. semitectum</i> Berk. & Ravenel (<i>F. incarnatum</i> (Desm.) Sacc.)	+	+
10	<i>F. heterosporum</i> Nees.	+	++
11	<i>F. lateritium</i> Nees.	0	+
12	<i>Fusarium</i> spp.	+	+++

Примечание 0 – не выявлен; (+) – раз в 3-4 года; (++) – раз в 2 года; (+++) – ежегодно.

Семена являются дополнительным фактором вертикальной передачи возбудителей корневой гнили яровой пшеницы. В производственных условиях хозяйств протравливание применяется для улучшения посевных качеств семян и защиты от почвенных фитопатогенов до фазы кущения пшеницы [Гришечкина и др., 2015].

По результатам фитоэкспертизы семян сортов Баганская-95 и Алтайская-325 в ООО «Рубин» Новосибирской области, пораженность микромицетом *B. sorokiniana* варьировала на уровне 3-5%, грибами рода *Fusarium* достигала 40%, что вызвало необходимость протравливания. Семена протравливали баковой смесью Радифарма (100 мл/т), Гидромикса (100 г/т), Винцита (1,5 л/т).

Как показали ранее проведенные исследования, к концу кущения биологическая эффективность протравителей снижается в связи с поражением формирующихся корней растений инокулюмом *B. sorokiniana* почвенного

происхождения, от которого протравители уже не защищают [Торопова, 2005]. Кроме того, по нашим данным, полевая эффективность современных препаратов против грибов рода *Fusarium* довольно низка и составляет 15-45% [Торопова и др., 2013а]. В связи с этим, изучение этиологии и динамики корневых гнилей на подземных органах яровой пшеницы, посеянной протравленными семенами, вполне допустимо. Более того, такой подход позволяет оценить вклад агроэкологических факторов в этиологию и динамику болезни в реальных условиях зональной технологии возделывания яровой пшеницы.

Согласно данным таблицы 8, следующим по степени доминирования в обоих регионах являлся микромицет *B. sorokiniana*, однако в южной лесостепи Новосибирской области его распространение на корнях яровой пшеницы было в 1,2 менее значимым по сравнению с аналогичной зоной Омской области. Частота встречаемости *B. sorokiniana* на растительных образцах из южной лесостепи Новосибирской области составила 96,8%, что несколько выше, чем в Омской области (88,3%).

На третьем месте по распространенности были слабопатогенные грибы рода *Alternaria*. Микромицеты этого таксона в 2,5 раза чаще обитали на подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области по сравнению с Омской, и частота их встречаемости была довольно высокой – 72,2%. В Новосибирской области отмечено снижение частоты встречаемости микромицетов данного таксона в 2011 г. по сравнению с 2010 г. в 2 раза. Затем к 2013 г. частота встречаемости грибов рода *Alternaria* вновь возросла с 58,3% до 87,5%. В южной лесостепи Омской области частота встречаемости в растительных образцах грибов рода *Alternaria* по годам была примерно на одном уровне – 70-76,7%. Среди грибов рода *Alternaria* доминировал *Alternaria tenuissima* (Nees et T. Nees: Fries) Wiltshire [Кириченко, Торопова, 2013].

Минимальную долю микоценоза подземных органов яровой пшеницы составляли сапротрофные грибы рода *Penicillium*, распространение которых составило 2,8–4,4%. Частота встречаемости данного таксона в растительных

образцах из южной лесостепи Омской области была на уровне 60%, из Новосибирской – 34,4%.

Вариации таксономического состава микромицетов по годам и органам яровой пшеницы обусловлены реакцией отдельных видов на сложный комплекс биотических и абиотических факторов, а также конкурентными отношениями между таксонами [Казакова, 2013].

Представленные на рисунке 7 результаты наблюдений за распространенностью грибов рода *Fusarium*, *Alternaria* и *B. sorokiniana* на подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области свидетельствуют о непрерывности и относительной стабильности патогенного микоценоза по годам. Соотношение таксонов было относительно стабильным и незначительно зависело от погодных факторов года.

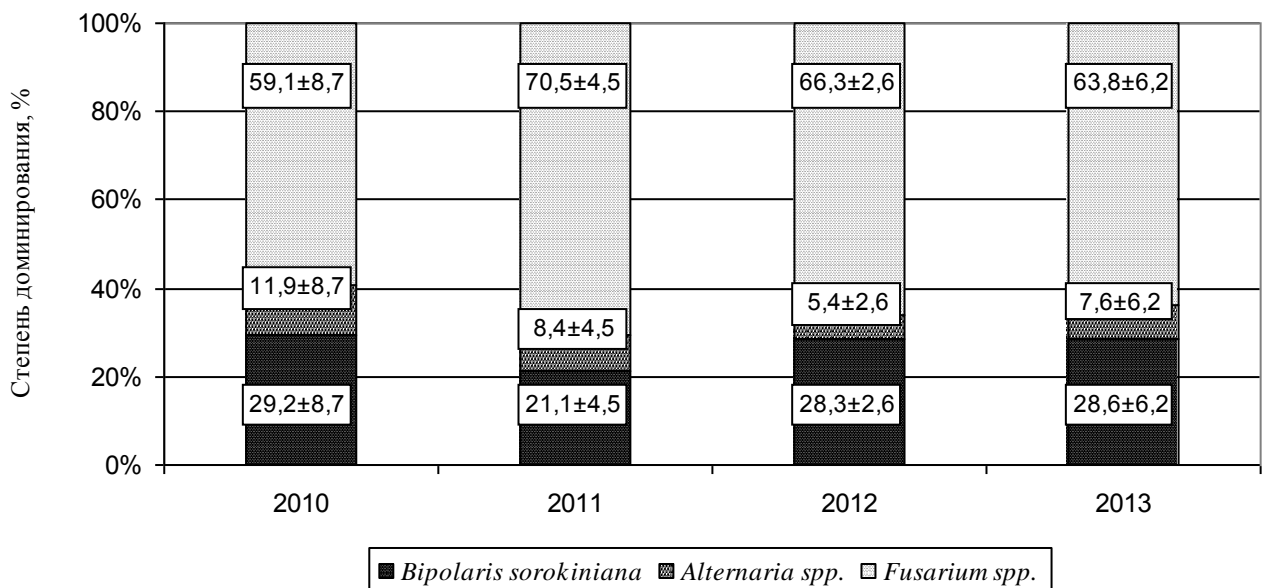


Рисунок 7 – Соотношение патогенных микромицетов на подземных органах яровой пшеницы при технологии no-till по годам в южной лесостепи Новосибирской области, (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

Доминирующим компонентом микоценоза подземных органов пшеницы, возделываемой по технологии No-till в южной лесостепи, являлись грибы рода *Fusarium*. Они были распространены на подземных органах пшеницы в среднем по годам на уровне 64,9%. *B. sorokiniana* был выделен из 26,8% подземных

органов пшеницы. Грибы рода *Alternaria* составляли около 8,3% микоценоза в среднем по годам.

Сравнительный анализ состава микоценоза подземных органов яровой пшеницы при разных приемах обработки почвы показал, что грибы рода *Fusarium* являлись основным компонентом патогенного комплекса и доминировали, составляя более половины микоценоза, независимо от приемов основной обработки почвы (таблица 9).

Таблица 9 – Этиология корневой гнили яровой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и предшественников в южной лесостепи

Омской области (2011–2013 гг.), %

Обработка почвы	Предшественник	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.
Отвальная	Пар	26,8	4,0	69,2
	1-я пшеница	29,5	0,6	69,9
	2-я пшеница	32,8	2,9	64,3
	среднее	29,7	2,5	67,8
Плоскорезная	Пар	24,4	2,0	73,6
	1-я пшеница	30,0	4,4	65,6
	2-я пшеница	32,3	1,6	66,1
	среднее	28,9	2,7	68,7
Минимально-нулевая	Пар	14,2	3,4	82,4
	1-я пшеница	19,5	4,3	76,2
	2-я пшеница	28,9	3,8	67,3
	среднее	20,9	3,1	74,1
НСР ₀₅ частных средних		3,4	0,7	6,8

Из данных таблицы видно, что распространенность фузариевых грибов на подземных органах культуры составила в среднем 70,2%, что выше по сравнению с аналогичным показателем *B. sorokiniana* в 2,7 раза, а *Alternaria* spp. – в 25 раз. Следует отметить тенденцию к росту инфицирования подземных органов яровой пшеницы фузариевыми грибами при усилении минимизации обработки почвы. Так, разница в распространенности грибов рода *Fusarium* на минимально-нулевой обработке была выше на 10% по сравнению с отвальной. Параллельно происходило снижение распространения *B. sorokiniana* на 30% по обсуждаемым вариантам. В целом соотношение темноцветных и светлоокрашенных грибов

изменилось с 1:2 на отвальной обработке до 1:3 при переходе на минимально-нулевую обработку.

Таким образом, микоценоз подземных органов яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области при разных способах обработки почвы оставался относительно стабильным, с тенденцией к росту доли фузариевых грибов при переходе к ресурсосбережению.

Заселенность микромицетами отдельных подземных органов яровой пшеницы, возделываемой по пару, различалась по приемам обработки почвы (таблица 10).

Таблица 10 – Заселенность патогенными микромицетами подземных органов яровой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы (2011–2013 гг.), %

Органы	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>
Отвальная			
Первичные корни	28,9	14,4	56,7
Основание стебля	19,0	9,8	71,2
Плоскорезная			
Первичные корни	27,7	9,3	66,4
Основание стебля	19,5	2,2	78,3
Минимально-нулевая			
Первичные корни	14,0	5,0	81,0
Основание стебля	25,4	6,4	68,2
НСР ₀₅	по обработкам 6,4; по органам 5,3; по микромицетам 4,9		

Из данных таблицы следует, что грибы рода *Fusarium* доминировали на всех органах пшеницы независимо от приемов обработки почвы. Максимальная доля представителей этого таксона отмечено на первичных корнях варианта минимально-нулевой обработки почвы – 81%. Соотношение темноцветных и светлоокрашенных таксонов в этом варианте также было максимально смещено в сторону светлоокрашенных фузариевых грибов и достигло 1:6. Самая значительная относительная распространенность *B. sorokiniana* была выявлена на первичных корнях варианта с интенсивной отвальной обработкой почвы, а соотношение темноцветных к светлоокрашенным грибам составило 1:2.

Таким образом, на первичных корнях пшеницы с минимизацией основной обработки почвы происходило уменьшение доли *B. sorokiniana* в патогенном микоценозе в 2 раза, а на основаниях стеблей – в 1,3 раза. Параллельно росла доля

фузариевых грибов. На основании стебля *B. sorokiniana* составил около четверти микоценоза в варианте с минимально-нулевой обработкой почвы – 25,4% и его доля была в 1,8 раза выше, чем на первичных корнях.

В целом можно заключить, что с переходом на минимальную обработку почвы соотношение темноцветных и светлоокрашенных возбудителей корневых гнилей изменяется: растет доля фузариевых грибов, особенно на первичных корнях, а *B. sorokiniana* сохраняет или даже несколько увеличивает распространенность на основаниях стеблей.

Дисперсионный анализ позволил установить долю влияния природных и антропогенных факторов на распространенность отдельных таксонов фитопатогенных грибов на подземных органах яровой пшеницы (таблица 11).

Таблица 11 – Сила влияния факторов на распространение фитопатогенов на подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области (по Снедекору), %

Микромицет	Предшественник	Обработка почвы
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	42,4**	44,6**
<i>Alternaria</i> spp.	0	0
<i>Fusarium</i> spp.	31,5*	40,2*
Уровень значимости: **0,01; *0,05		

Из данных таблицы видно, что предшественники и приемы обработки почвы оказывали значительное и статистически значимое влияние на этиологию корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области, изменяя соотношение патогенных микромицетов в патогенном комплексе как отдельных органов, так и растений в целом.

Соотношение и локализация основных возбудителей корневой гнили при прямом посеве яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области (таблица 12) подтвердили закономерности, выявленные при минимизации обработки почвы в южной лесостепи Омской области.

При прямом посеве яровой пшеницы было отмечено полное доминирование фузариевых грибов на всех подземных органах яровой пшеницы, которое в отдельных образцах достигло 100%.

Таблица 12 – Заселенность патогенными микромицетами подземных органов яровой пшеницы при прямом посеве в южной лесостепи Новосибирской области (2010–2013 гг.), %

Органы яровой пшеницы	<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>Alternaria</i> spp.		<i>Fusarium</i> spp.	
	лимиты	среднее	лимиты	среднее	лимиты	среднее
Первичные корни	3,0÷47,0	15,5	3,0÷35,0	12,8	43,0÷100,0	77,0
Эпикотиль	13,0÷46,7	24,1	3,0÷13,3	8,3	53,0÷95,0	77,3
Вторичные корни	3,0÷26,7	12,7	3,0÷80,0	20,4	10,0÷100,0	67,0
Основание стебля	10,0÷100,0	35,6	3,0÷27,0	13,9	30,0÷90,0	52,7
НСР ₀₅		4,9		5,6		5,9

На рисунке 8 отчетливо видны различия в этиологии корневой гнили первичных корней и оснований стеблей яровой пшеницы. На первичных корнях доминируют светлоокрашенные грибы рода *Fusarium*, а на основаниях стеблей - темноокрашенный *B.sorokiniana*.



а



б

Рисунок 8 – Патогенный микоценоз на первичных корнях (а) и основаниях стеблей (б) яровой пшеницы при прямом посеве (ориг.)

Следует особенно отметить смещение соотношения темноцветных и светлоокрашенных грибов в пользу *B. sorokiniana* на основании стебля и эпикотиле по сравнению с корневой системой. Так, на первичных корнях оно составило в среднем 1:5, а на основаниях стеблей только 1:1,5. То есть конкурентная способность *B. sorokiniana* при прямом посеве яровой пшеницы выше на солоmistых органах, где в отдельных образцах он составлял 100%

патогенного комплекса. Грибы рода *Fusarium* имели преимущество достигая составляя 100% патогенного комплекса корневой гнили на корневой системе.

Таким образом, при возделывании пшеницы по нулевой технологии выявлено расхождение экологических ниш темноокрашенного гриба *B. sorokiniana* и светлоокрашенных грибов рода *Fusarium*. *B. sorokiniana* был относительно более конкурентоспособен на околоземных солоmistых органах, а грибы рода *Fusarium* – на корневой системе при доминировании последних в общем патогенном комплексе корневой гнили яровой пшеницы.

Агроэкологические факторы, оказавшие влияние на динамику и этиологию корневых гнилей яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири, будут обсуждаться в последующих разделах работы.

3.3 Заселенность почвы южной лесостепи возбудителями корневых гнилей

Экологизация современных агротехнологий требует комплексной оценки здоровья почв по фитосанитарным и экологическим параметрам, среди которых важную роль играют показатели заселенности зональных почв патогенными микромицетами [Соколов, Марченко, 2013; Соколов и др., 2015].

Введение ресурсосберегающих приемов обработки почвы и различных предшественников требует изучения их фитосанитарных последствий, поскольку под влиянием технологических приемов может изменяться численность и распределение популяций фитопатогенов в почве [Торопова и др., 2010; Дробышев, 2011]. Так, многочисленными исследованиями установлено, что значительный рост плотности конидий возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых культур *B. sorokiniana* происходит под бессменными посевами яровой пшеницы и ячменя [Чулкина, 1985; Торопова, Иванова, 2010; Лапина и др., 2013]. Высокий инфекционный потенциал возбудителей корневых гнилей в почве обуславливает сезонную и многолетнюю динамику эпифитотического процесса и является решающим стартовым фактором развития почвенных инфекций [Торопова, 2005]. Установлены высокие корреляционные зависимости развития корневых гнилей с плотностью пропагул возбудителей в почве. Так, в

начале XXI в. коэффициент корреляции между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве северной лесостепи Западной Сибири и развитием корневой гнили, по данным Е.Ю. Тороповой, составил $0,955 \pm 0,022$, т.е. именно заселенность почв на 91,2% определяла уровень заболевания, что в полной мере отражало эволюционно-экологические особенности почвенных фитопатогенов как К-стратегов [Торопова и др., 2011, Tоропова et al. 2015]. Тесная корреляционная зависимость развития корневой гнили яровой пшеницы от плотности конидий *B. sorokiniana* в почве в последние годы стала менее значимой ($r=0,568-0,786$), что свидетельствует о смещении таксономического состава возбудителей корневых гнилей в сторону фузариозной этиологии [Торопова и др., 2013 а].

В наших исследованиях мы использовали показатель почвенной плотности конидий *B. sorokiniana* в качестве индикатора, отражающего влияние агроэкологических факторов на фитопатогенный микоценоз почвы и последующее развитие корневых гнилей яровой пшеницы (таблица 13).

Таблица 13 – Плотность конидий *B. sorokiniana* в почве при прямом посеве яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области (2011-2013 гг.)

Предшественник	Численность конидий, шт./г возд.-сух. почвы	
	начало вегетации	конец вегетации
Горох	120	140
Пшеница по гороху	200	260
Монокультура пшеницы с 2003 г.	250	305
НСР ₀₅ по предшественникам 37,8		
НСР ₀₅ по срокам 30,9		

Из данных таблицы видно, что биоценоз почвы в значительной степени насыщен конидиями *B. sorokiniana*. Превышение ПВ в среднем по образцам составило 7,1 раза. Самая высокая плотность конидий патогенного микромицета в почве отмечена после монокультуры яровой пшеницы. Превышение ПВ в фазу полной спелости яровой пшеницы составило 10,2 раза, что соответствует уровню сильной эпифитотии.

Высокий инфекционный потенциал обусловлен ежегодным массовым размножением фитопатогена на прикорневых листьях пшеницы начиная с фазы

налива культуры и хорошей выживаемостью конидий на растительных остатках и в почве при бесменном возделывании растения-хозяина [Чулкина, 1985; Торопова, 2005].

Плотность конидий *B. sorokiniana* после гороха была значительно (более чем в 2 раза) ниже по сравнению с монокультурой пшеницы. Биологическая эффективность гороха как фитосанитарной культуры в начале вегетации пшеницы составила 52%, в конце – 45,9%.

К концу вегетационного периода происходило увеличение плотности конидий фитопатогена по всем предшественникам, причем коэффициент размножения *B. sorokiniana* оставался примерно на одном уровне и составил 1,2-1,3, что свидетельствует о стабильности функционирования паразитарной системы «фитопатоген – яровая пшеница» в южной лесостепи Новосибирской области.

В 2014-2016 гг. мониторинг почвенных фитопатогенов в южной лесостепи Новосибирской области проводили по предшественникам яровая пшеница и рапс (таблица 14).

Таблица 14 - Плотность пропагул основных почвенных фитопатогенов при технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (2014-2016гг.), экз./г воздушно-сухой почвы

Предшественник	<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>Fusarium</i> spp.	
	абс.	отклонение	абс.	отклонение
Пшеница	215	-	287,1	-
Рапс	120	95	123,8	163,3
НСР ₀₅	30,9		38,9	

Данные таблицы свидетельствуют о снижении плотности пропагул *B. sorokiniana* в почве после возделывания рапса. Биологическая эффективность возделывания рапса составила 44,2% с увеличением доли деградированных конидий в 1,9 раза по сравнению с пшеницей. Под влиянием корневых выделений рапса произошло снижение численности в почве и пропагул грибов рода *Fusarium* – на 56,9%.

По итогам шестилетних исследований была выявлена высокая корреляционная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы в фазу всходов ($r=0,853\pm0,202$) и в конце вегетации ($r=0,826\pm0,234$), что свидетельствует о тесной связи обсуждаемых показателей в условиях южной лесостепи Новосибирской области.

Послойный мониторинг плотности конидий *B. sorokiniana* в технологии прямого посева сельскохозяйственных культур в южной лесостепи Новосибирской области показал, что большая часть конидий фитопатогена сосредоточена в верхнем слое почвы, усугубляя критический период развития всходов (рисунок 9).

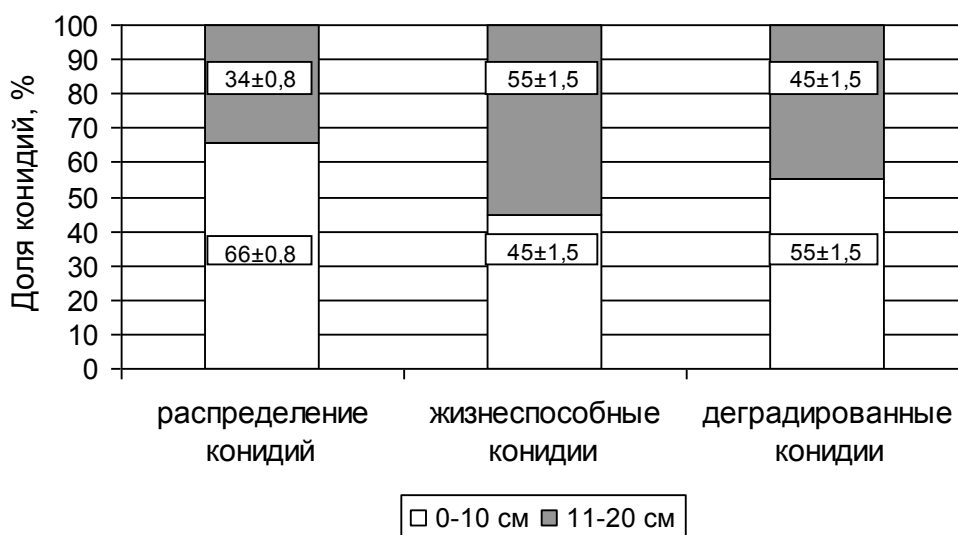


Рисунок 9 – Распределение конидий *B. sorokiniana* по слоям почвы в технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (2011 – 2016гг.), (%), $p \pm s_p * t_{05}$

Эти данные объясняют сезонную динамику корневых гнилей, представленную на рисунке 5 раздела 3.1 диссертации. Скопление спор возбудителей корневых гнилей в верхнем слое почвы приводит к одномоментному заражению растений яровой пшеницы на начальных фазах развития, что усиливает вредоносность болезни в южной лесостепи.

Ситуация усугубляется медленной деградацией конидий, которая незначительно, всего на 10%, выше в верхнем слое почвы. Такое положение способствует длительному выживанию покоящихся структур почвенных, или

корнеклубневых, фитопатогенов в южной лесостепи, обуславливая формирование и поддержание очагов корневых гнилей.

Детальный анализ состояния конидий *B. sorokiniana*, результаты которого представлены на рисунке 10, свидетельствует о существенном влиянии предшественников на выживание микромицета.

После гороха популяция *B. sorokiniana* была в начале вегетации пшеницы наименее жизнеспособна, более 80% конидий микромицета были деградированными (рисунок 10). К концу вегетации доля жизнеспособных конидий закономерно возросла почти в 2 раза за счет размножения фитопатогена в течение вегетации.

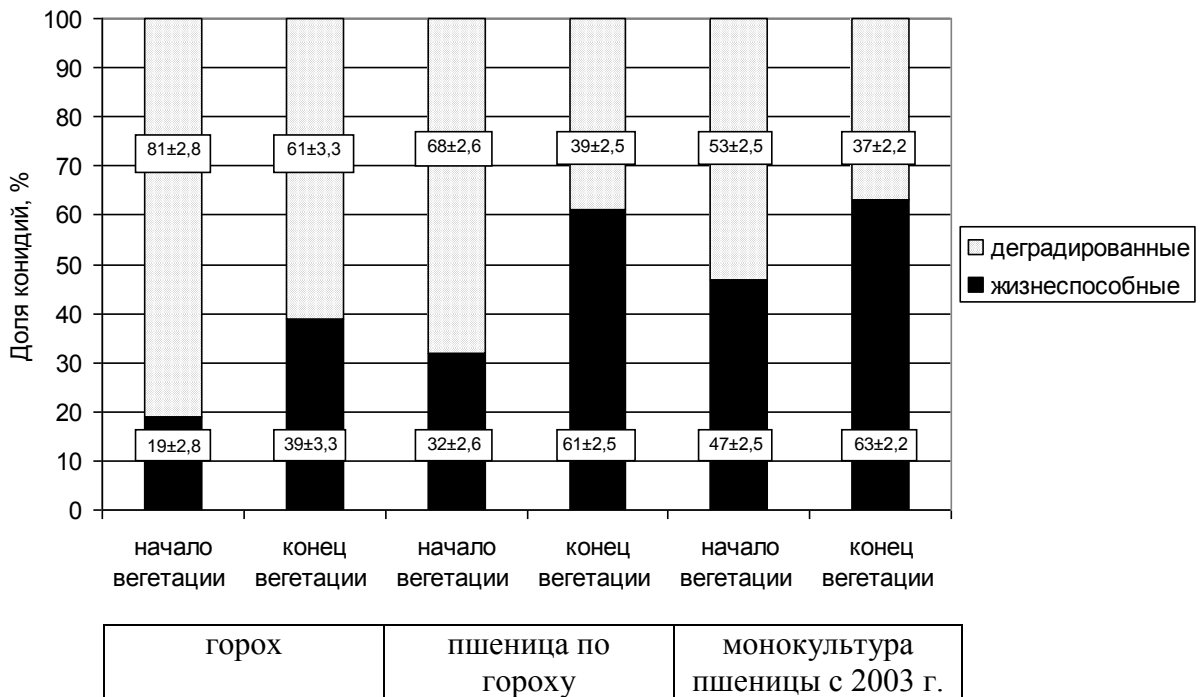
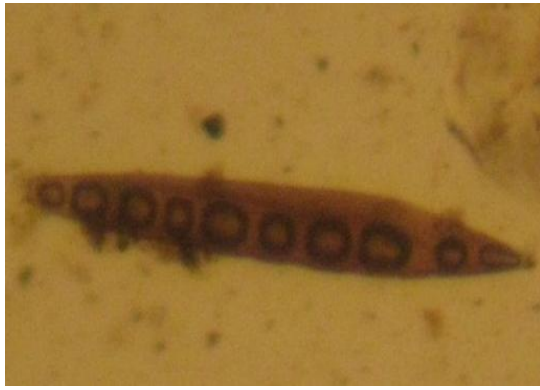
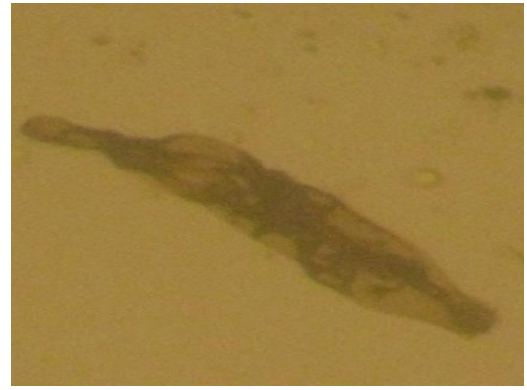


Рисунок 10 – Состояние популяции *B. sorokiniana* в почве при прямом посеве яровой пшеницы по предшественникам в южной лесостепи Новосибирской области (2011 – 2013 гг.), (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

На рисунке 11 видно, что под влиянием корневых выделений гороха и антагонистической микрофлоры, размножающейся при разложении богатых азотом растительных остатков, происходило разрушение оболочек покоящихся структур фитопатогена и потеря конидиями жизнеспособности.



а



б

Рисунок 11 – Конидии *Bipolaris sorokiniana* (а) жизнеспособная и (б) деградированная в почве южной лесостепи Новосибирской области (ориг.)

При повторном возделывании пшеницы и ее монокультуре популяция *B. sorokiniana* обладала более высокой жизнеспособностью, поскольку доля деградированных конидий составила в среднем за вегетацию 54 и 45% соответственно. В связи с этим в почве происходило накопление и сохранение конидий, рос инфекционный потенциал возбудителя обыкновенной корневой гнили.

Доля деградированных конидий после зернового предшественника в конце вегетации составляла более 60%, т. е. в следующем вегетационном сезоне более половины популяции могло вновь заражать яровую пшеницу и привести к вспышке развития обыкновенной корневой гнили.

Дисперсионный анализ показал существенное влияние предшественников и погодных условий вегетации на плотность, пространственное распределение и жизнеспособность почвенных популяций патогенного микромицета *B. sorokiniana* в технологии прямого посева (таблица 15).

На плотность конидий *B. sorokiniana* в почве южной лесостепи Новосибирской области при нулевой обработке почвы погодные условия и предшественники оказывали влияние практически на одном уровне – 43,4 и 41,5% соответственно. Предшественники в значительной степени определяли и деградацию конидий фитопатогена в почве.

Таблица 15 – Влияние агроэкологических факторов на почвенную популяцию *Bipolaris sorokiniana* в южной лесостепи Новосибирской области в 2011–2016 гг. (по Снедекору), %

Фактор	Общее количество конидий в почве	Доля деградированных конидий
Погодные условия года	43,38*	27,07*
Предшественник	41,47*	57,59**
Уровень значимости: **0,01; *0,05		

Формирование инфекционного фона *B. sorokiniana* в течение вегетации и по годам в южной лесостепи Омской области также определяли преимущественно предшественники (таблица 16).

Таблица 16 – Влияние предшественников и приемов обработки почвы на плотность конидий *B. sorokiniana* в южной лесостепи Омской области (2011–2013 гг.)

Обработка почвы	Предшественник	Численность конидий, шт./г возд.-сух. почвы	
		начало вегетации	конец вегетации
Отвальная	Пар	240	260
	1-я пшеница по пару	380	470
	2-я пшеница по пару	470	520
Плоскорезная	Пар	220	240
	1-я пшеница по пару	360	370
	2-я пшеница по пару	390	405
Минимально-нулевая	Пар	215	230
	1-я пшеница по пару	325	350
	2-я пшеница по пару	350	420
НСР ₀₅ по обработкам, предшественникам, годам 63,6			
НСР ₀₅ по срокам 51,9			

Минимальная плотность конидий патогена отмечена при возделывании пшеницы по пару, как в начале вегетации, так и в конце, независимо от обработки почвы, однако в среднем после пара превышение ПВ было достаточно высоким – 7,2 раза. В период парования почвы активизировались микробиологические процессы, размножалась антагонистическая микрофлора, которая ограничивала выживание патогенного микромицета и тем самым обеспечивала очищение почвы от покоящихся структур возбудителя обыкновенной корневой гнили.

В целом яровая пшеница и после пара возделывалась на высоком инфекционном фоне возбудителей корневых гнилей, поскольку одного фитосанитарного предшественника недостаточно для поддержания удовлетворительного фитосанитарного состояния почвы при высокой (75%) насыщенности севооборота яровой пшеницей [Торопова, 2005]. Биологическая эффективность пара в снижении численности конидий *B. sorokiniana* была равна в среднем по вариантам обработок почвы 46,5% по сравнению с предшественником вторая пшеница по пару. При возделывании пшеницы по пару в течение вегетации происходило увеличение плотности конидий в почве, и коэффициент размножения *B. sorokiniana* составил при возделывании пшеницы по пару в южной лесостепи Омской области 1,1, что свидетельствует о более высокой фитосанитарной активности пара по сравнению с горохом в аналогичной зоне Новосибирской области.

При повторном возделывании пшеницы происходило увеличение плотности популяции покоящихся структур фитопатогена. В начале вегетации оно составило в среднем 1,7 раза по сравнению с паром, в конце вегетации – 2,1 раза. Самая большая плотность конидий наблюдалась в почве после трех лет возделывания пшеницы и достигла 27 ПВ, что соответствует уровню сильной эпифитотии.

Коэффициент размножения *B. sorokiniana* при повторном и трехкратном возделывании пшеницы составил 1,1 – также как после пара, что свидетельствует о зональной стабильности паразитарной системы. Более низкий по сравнению с аналогичной зоной Новосибирской области коэффициент размножения *B. sorokiniana* свидетельствует о менее благоприятных для размножения фитопатогена условиях и(или) большей толерантности растения-хозяина в более увлажненной по сравнению с аналогичной зоной Новосибирской области южной лесостепи Омской области. Корреляционная зависимость развития корневой гнили яровой пшеницы от плотности конидий *B. sorokiniana* в почве была на уровне умеренной $r = 0,706 \pm 0,224$.

Сравнение данных таблицы 17 с результатами учетов заселенности почвы в 70-х годах XX века свидетельствует, что инфекционный потенциал *B. sorokiniana*

за 40 лет функционирования стационара увеличился в среднем почти в 10 раз. По данным ранее проведенных исследований средняя заселенность почвы конидиями фитопатогена составляла 24 ± 3 экземпляра/г почвы. Рекордная численность конидий 233 экз./г была отмечена однократно за 6 лет учетов и только на одном из опытных вариантов [Чулкина и др., 1982]. В наших учетах заселенность достигала 679 экз/г, то есть в южной лесостепи Омской области произошло значительное ухудшение фитосанитарного состояния почвы в зерно-паровом севообороте.

По результатам наших исследований было установлено, что приемы обработки почвы влияли на популяцию патогенного микромицета через распределение конидий по слоям почвы (рисунок 12).

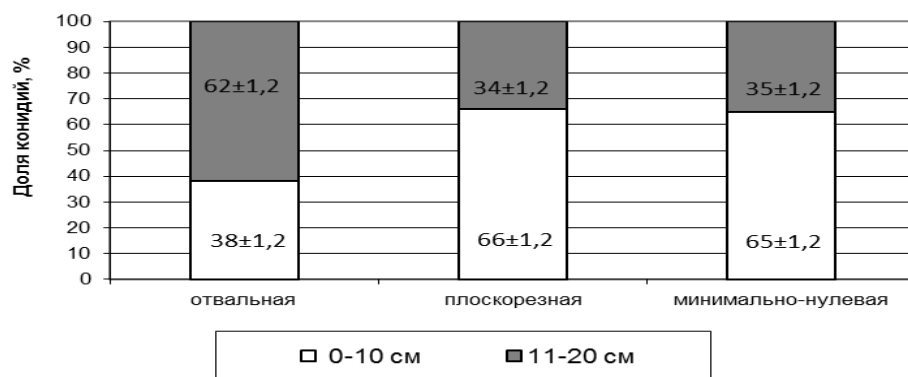


Рисунок 12 – Влияние приемов обработки на распределение конидий *Bipolaris sorokiniana* по слоям почвы в южной лесостепи Омской области (2011 – 2013гг.), (%), $p \pm s_p * t_{05}$

При интенсивной отвальной обработке почве большая часть конидий *B. sorokiniana* заселяла более глубокие слои почвы – от 11 до 20 см, отдвигая тем самым массовое заражение корней растений на фазы кущения – трубкования яровой пшеницы.

На почвозащитных обработках почвы конидии *B. sorokiniana* концентрировались в верхнем слое почвы на уровне 65 – 66%, усугубляя начальный, наиболее уязвимый, период развития растений. Достоверных различий в распределении конидий по слоям почвы при безотвальной и минимальной обработках почвы выявлено не было.

Анализ состояния конидий в течение вегетации после разных предшественников представлен на рисунке 13.

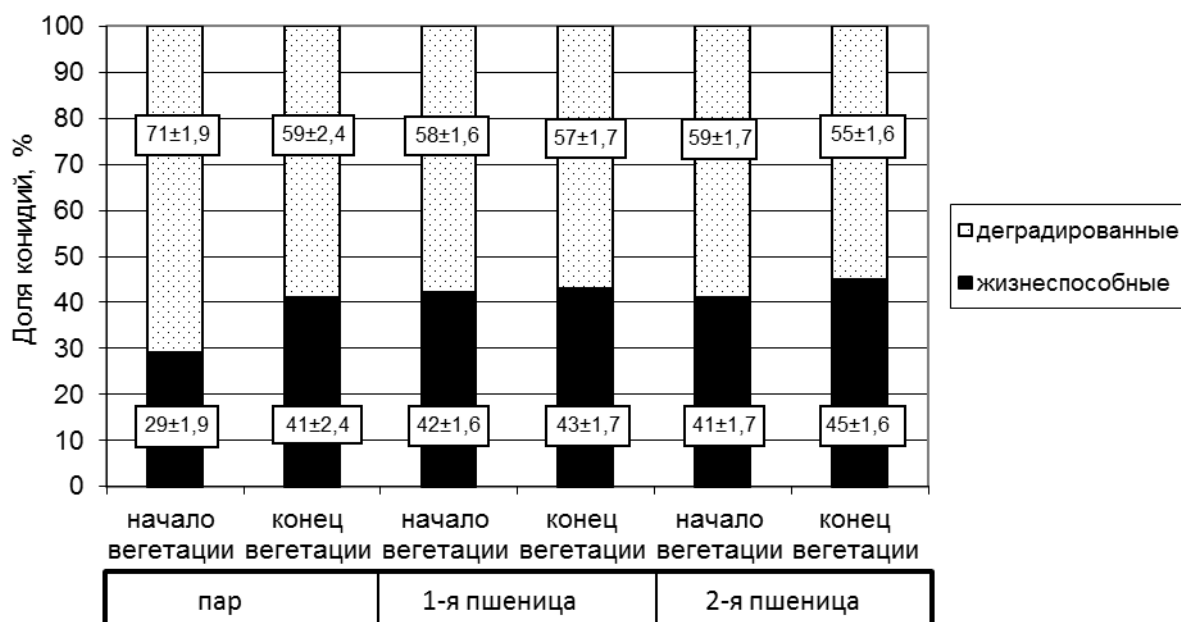


Рисунок 13 – Влияние предшественников на жизнеспособность конидий *Bipolaris sorokiniana* в почве южной лесостепи Омской области (% , $p \pm s_p * t_{05}$, 2011 – 2013гг.)

В почвенном ценозе после фитосанитарного предшественника (пара) жизнеспособность популяции патогенного микромицета была пониженной. Доля деградированных конидий в начале вегетационного периода была в 2,5 раза выше, чем жизнеспособных, что обусловлено высокой антагонистической активностью почвы после пара [Чулкина и др., 2009]. К концу вегетации яровой пшеницы, возделываемой по пару, доля жизнеспособных конидий фитопатогена возросла и достигла уровня зерновых предшественников.

Дисперсионный анализ показал, что в южной лесостепи Омской области при разных способах обработки почвы основным агроэкологическим фактором, определяющим численность конидий *B. sorokiniana* в почве, были предшественники, которые определяли как размножение, так и выживаемость фитопатогена (таблица 17).

Таблица 17 – Влияние агроэкологических факторов на популяцию *B. sorokiniana* в почве южной лесостепи Омской области в 2011–2013 гг. (по Снедекору), %

Фактор	Общая плотность конидий в почве	Доля деградированных конидий	Распределение конидий в почве по слоям
Погодные условия года	17,95**	0,00	2,60
Предшественник	52,59**	41,36**	7,68*
Обработка почвы	0,00	2,01	18,11*
Уровень значимости: **0,01; *0,05			

Доля влияния предшественников на плотность конидий *B. sorokiniana* в почве была в 3 раза выше, чем погодных условий вегетации. Предшественники полностью определяли скорость деградации фитопатогенов, а следовательно, и скорость очищения почвы. Способ обработки почвы оказал достоверное влияние на распределение конидий по почвенным слоям.

Заключение по главе 3

1. В южной лесостепи Новосибирской и Омской областей развитие корневых гнилей яровой пшеницы в фазу всходов достигало 5,2 и 6,7 ПВ соответственно, в конце вегетации – 2,6 ПВ, что свидетельствует об усиленной паразитической активности фитопатогенов на начальных фазах развития растений. Основным фактором, определяющим развитие корневых гнилей яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области в технологии прямого посева были предшественники, доля их влияния составила 51,1%. Биологическая эффективность гороха и рапса в подавлении корневых гнилей по сравнению с зерновым предшественником составила 37,5 и 44,2% соответственно. Биологическая эффективность пара в южной лесостепи Омской области составила 20-24% по приемам обработки почвы по сравнению со второй пшеницей по пару.

2. Изучение этиологии корневых гнилей показало, что на подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской и Омской областей доминировали представители родов *Fusarium* Link (62,9-65,3%), *Bipolaris* Shoemaker (*Helminthosporium* Link) (22,3-27,7%), *Alternaria* Nees (3,7-9,2%). Существенную долю возбудителей фузариозных корневых гнилей составили высокотоксичные агрессивные виды *F. sporotrichioides* (Sherb.), *F. poae* (Peck) Wr., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. equiseti* (Corda) Sacc. и *F. oxysporum* (Schlecht). C

переходом на ресурсосберегающие обработки почвы соотношение темноцветных и светлоокрашенных возбудителей корневых гнилей изменяется: растёт доля фузариевых грибов, особенно на первичных корнях, а *B. sorokiniana* сохраняет или даже несколько увеличивает распространённость на основаниях стеблей.

3. В южной лесостепи Новосибирской и Омской областей плотность конидий возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых культур *B. sorokiniana* достигала 10,2 и 27 биологических порогов вредности соответственно, что определяло высокий уровень развития корневых гнилей. Корреляционная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы в фазу всходов ($r=0,853\pm0,202$) и в конце вегетации ($r=0,826\pm0,234$) была очень тесной в южной лесостепи Новосибирской области, а в Омской южной лесостепи корреляция между развитием корневой гнили и числом конидий была несколько слабее ($r=0,706\pm0,224$).

4. Основным фактором, определяющим плотность и выживаемость конидий возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых культур *B. sorokiniana* в почве южной лесостепи Новосибирской и Омской областей были предшественники. Возделывание фитосанитарных культур гороха и рапса в технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области обеспечило снижение плотности конидий *B. sorokiniana* в почве по сравнению с зерновым предшественником на 52% и 44,2% соответственно с увеличением доли деградированных конидий до 2,5 раза. Парование почвы в южной лесостепи Омской области обеспечило снижение плотности конидий *B. sorokiniana* на 46,5% по сравнению с предшественником вторая пшеница при снижении доли жизнеспособных конидий на 35,6%.

5. Переход к ресурсосберегающим обработкам в южной лесостепи Западной Сибири привел к повышенной (до 66%) концентрации конидий *B. sorokiniana* в верхнем (0-10 см) слое почвы.

4 БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

4.1 Почвенная микрофлора и супрессивность почвы в южной лесостепи Западной Сибири

Ведущая роль в динамике популяций возбудителей корневых гнилей и эпифитотическом процессе почвенных инфекций принадлежит антагонистической микрофлоре, обуславливающей биотическую супрессивность почв [Торопова и др., 2016 б]. Среди почвенных антагонистов в лесостепи Западной Сибири широко представлены грибы *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *Penicillium purpurogenum*, прокариоты из родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*. Например, из чернозёмов Сибири выделено 700 штаммов актиномицетов, из которых 103 обладали антагонистическими свойствами [Чулкина, 1985; Павлова, 1988]. В южной лесостепи Западной Сибири в 5-6 случаях из 10 выявлено наличие тесной зависимости между числом конидий *Bipolaris sorokiniana* в 1 г воздушно-сухой почвы и численностью олигонитрофилов на почвенном агаре ($r = -0,839 \dots -0,936$), потребителей минеральных форм азота ($r = -0,791 \dots -0,833$) [Кузнецова, Кривощекова, 1985]. Действие антагонистов обусловлено аллелопатией или антибиозом, с образованием микотоксинов. Виды рода *Pseudomonas* продуцируют антибиотики пирролнитрин, пиолутерин, цианиды; грибы р. *Trihoderma* - алламицин, глиотоксин, виридин, дермадин, соцукаллин, триходермин. Предполагается, что в клетках фитопатогенов под действием антибиотиков нарушаются процессы биосинтеза белка и (или) хитина. Возможно также прямое подавление жизнеспособности пропагул возбудителей [Скилягина, 1967; Wilhelm, 1965; Bailey, Lazarovits, 2003].

Численность почвенной микробобиоты зависит от множества факторов, к которым относятся погодные условия, системы обработки почвы, а также виды

возделываемых культур [Коробова, Танатова, 2010; Воронкова, Хамова, 2012]. Микроорганизмы являются ключевым фактором почвообразовательного процесса, питания растений и фитосанитарного состояния почв [Агротехнический ..., 2000]. Почвы характеризуются численностью основных групп микроорганизмов, выполняющих определенные функции в круговороте веществ и энергии. В условиях южной лесостепи Западной Сибири контрастные, часто засушливые, погодные факторы осложняют функционирование микробоценоза и выполнение им фитосанитарных функций, поскольку активность и численность микроорганизмов в значительной степени обусловлены влагой [Коробова, Танатова, 2010; Кукишева, 2011].

Исследования компонентов почвенного микробоценоза южной лесостепи Омской области были проведены в контрастные по увлажнению вегетационного периода годы. Данные таблицы полностью подтверждают тезис о высокой значимости влаги для функционирования микроорганизмов почвы (таблица 18).

Таблица 18 – Численность почвенных микроорганизмов в южной лесостепи Омской области в зависимости от приемов обработки почвы и предшественников по годам (слой почвы 0-10 см)

Обработка почвы	Предшественник	Грибы на ЧА, 10 ⁴ КОЕ /г почвы		Микроорганизмы на ГС, 10 ⁶ КОЕ /г		Бактерии на КАА, 10 ⁶ КОЕ /г почвы		Бактерии на МПА, 10 ⁶ КОЕ /г почвы	
		2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Отвальная	Пар	5,3	18,6	1,6	7,4	1,1	33,1	2,1	9,8
	1-я пшеница	1,3	8,0	1,1	4,7	1,4	27,1	0,2	6,1
	2-я пшеница	1,7	6,9	0,9	2,9	0,3	11,1	0,5	1,3
Плоскорезная	Пар	2,6	23,1	0,6	7,8	1,7	17,4	2,3	8,1
	1-я пшеница	2,4	21,1	0,4	6,4	0,1	13,0	0,6	2,4
	2-я пшеница	2,4	9,1	0,3	3,0	0,1	1,0	0,3	1,1
Минимально-нулевая	Пар	3,5	19,8	0,9	3,8	0,8	15,1	1,1	11,1
	1-я пшеница	2,7	9,1	0,8	1,2	0,2	1,3	0,2	2,1
	2-я пшеница	1,6	6,4	0,6	1,1	0,1	0,6	0,2	1,1
НСР ₀₅ по обработкам и предшественникам 2,8; по годам 2,3									
Примечания: 1. Здесь и далее: ЧА – агар Чапека; ГС – среда Гетчинсона; КАА– крахмало-аммиачный агар; МПА – мясопептонный агар. 2. Сумма осадков май-июнь, мм: 2011г. – 58; 2012 г. – 105.									

В засушливых условиях 2011 г. численность микроорганизмов на всех средах была чрезвычайно низкой. Так, численность бактерий, потребляющих неорганические формы азота на КАА в засушливом 2011 г. была до 130 раз ниже

по сравнению с более увлажненным 2012 г. В таких экстремальных условиях не удалось выявить достоверных различий в численности микроорганизмов по вариантам стационарного опыта в южной лесостепи Омской области. Влияние предшественников и приемов обработки почвы проявилось в полной мере только в более благоприятных для микроорганизмов увлажненных условиях 2012 года.

Наибольшее количество микроскопических грибов на ЧА было отмечено в увлажненном 2012 г. на плоскорезной обработке почвы после пара и первой пшеницы. На всех вариантах обработки происходило достоверное снижение числа грибов при повторном возделывании яровой пшеницы в 2-2,5 раза (рисунок 14).

Грибы-сапротрофы осуществляют громадную по масштабам и одну из важнейших экологических функций. Они участвуют в процессах разложения органического вещества и круговоротах биогенных элементов, в процессах почвообразования, а также регуляции видовой структуры и функциональной активности других почвообитающих организмов [Емцев, Мишустин, 1987]. Накопление органических остатков на фоне ресурсосберегающих приемов обработки почвы может увеличивать их численность [Коржов и др., 2009].



а



б

Рисунок 14 – Колонии грибов на ЧА: а – плоскорезная обработка, предшественник пар; б – плоскорезная обработка, 2-я пшеница по пару

Численность целлюлозолитических микроорганизмов на ГС в 2012 г. была значительно (в 2-3 раза) выше на отвальной и плоскорезной обработках по сравнению с более медленно прогревающейся почвой в варианте с минимальной обработкой. Относительно невысокая численность этой группы микроорганизмов в начале вегетации объясняется трофическими особенностями, поскольку их численность нарастает в течение вегетации с накоплением растительных остатков. Повторное возделывание яровой пшеницы оказывало репрессирующее влияние на эту группу микроорганизмов, причем разница численности по сравнению с паром была максимальной на минимально-нулевой обработке и достигла 3 раз. Статистический анализ позволил выявить связь между численностью целлюлозолитических микроорганизмов и развитием корневой гнили яровой пшеницы ($r = -0,699 \pm 0,270$), что свидетельствует о достоверном влиянии этой группы микробобиоты на паразитическую активность возбудителей корневых гнилей в южной лесостепи Омской области.

Численность микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота на КАА, была выше всего на вариантах с отвальной обработкой почвы, причем разница с минимально-нулевой обработкой достигала при повторном возделывании пшеницы 18,5 раза (рисунок 15).

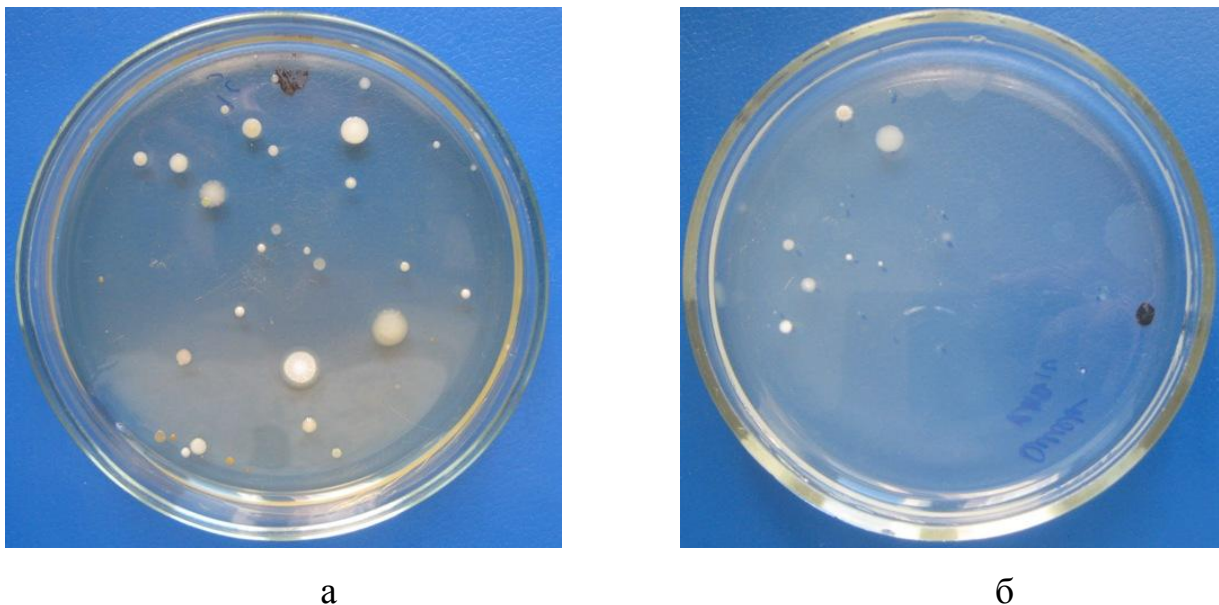


Рисунок 15 – Микроорганизмы на крахмала-аммиачном агаре: а – отвальная обработка, пар, шестое разведение; б – минимально-нулевая обработка, 2-я пшеница по пару, пятое разведение

Обсуждаемая группа микроорганизмов была наиболее многочисленной, но в значительной мере зависела от температуры и аэрации почвы, которая была ниже на ресурсосберегающих обработках. Актиномицеты – активные минерализаторы трудно разлагаемого органического вещества – были выявлены только в 2012 г. Их численность колебалась от $0,3 \times 10^6$ КОЕ млн /г почвы на минимально-нулевой обработке до $5,0 \times 10^6$ КОЕ млн/г – на плоскорезной. В засушливых условиях 2011 г. актиномицеты практически не встречались в микробиологических посевах пятого разведения.

Потребители минерального азота оказывали самое большое по сравнению с другими группами микробиоты отрицательное влияние на развитие корневой гнили: $r = -0,928 \pm 0,141$. Среди этих микроорганизмов выявляли больше всего антагонистов в отношении *B. sorokiniana* [Чулкина, 1985; Кузнецова, Кривошекова, 1985; Павлова, 1988].

Численность микроорганизмов, поглощающих органический азот (МПА), также была выше по пару, снижаясь до 11 раз после повторного возделывания пшеницы вне зависимости от приемов обработки почвы (рисунок 16).

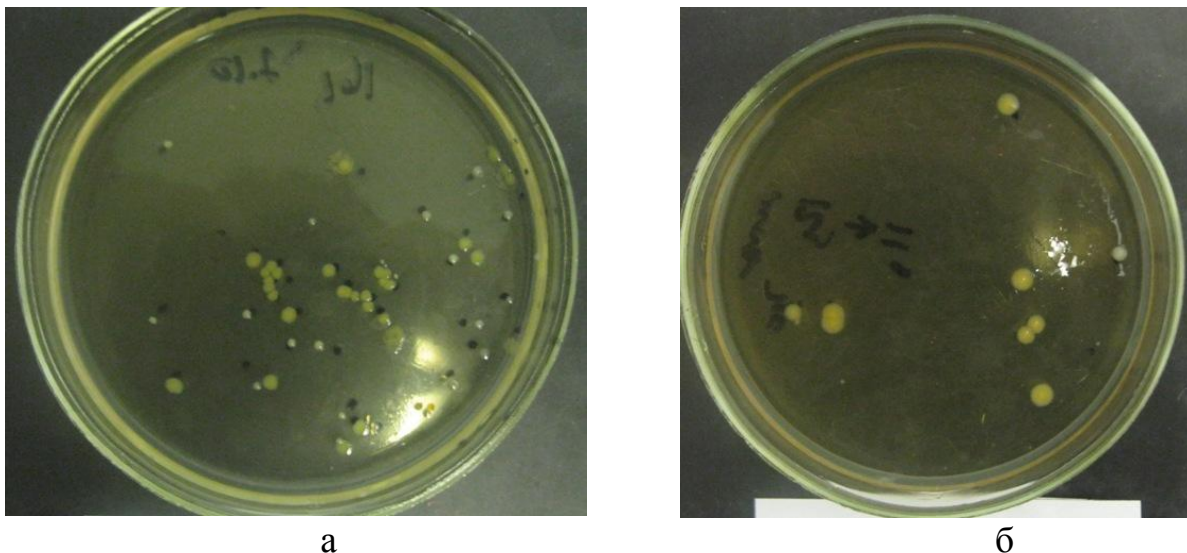


Рисунок 16 – Микроорганизмы на МПА, плоскорезная обработка почвы: а – пар; б – 2-я пшеница по пару

Бактерии – потребители органического азота также показали незначительное, но достоверное, отрицательное влияние на корневую гниль яровой пшеницы ($r = -0,479 \pm 0,331$).

Таким образом, во влажный год в южной лесостепи Омской области наблюдалось снижение численности большинства групп почвенных микроорганизмов с удалением пшеницы от пара, самая низкая микробиологическая активность по всем группам микробобиоты отмечена после повторного возделывания пшеницы. Основной группой микроорганизмов, подавляющих паразитическую активность возбудителей корневых гнилей, были бактерии, потребляющие неорганические формы азота.

Трехфакторный дисперсионный анализ позволил выявить доли влияния агроэкологических факторов на численность групп почвенных микроорганизмов в южной лесостепи Омской области (таблица 19).

Таблица 19 – Влияние агроэкологических факторов на группы почвенных микроорганизмов в 2011-2012 гг. (по Снедекору), %

Группы микроорганизмов	Погодные условия года	Предшественник	Обработка почвы
Грибы на ЧА	28,2*	21,9*	1,2
Микроорганизмы на СГ	27,6*	18,5*	2,7
Бактерии на КАА	30,1**	18,2*	3,9
Бактерии на МПА	30,1**	20,5*	6,4*
Уровень значимости: **0,01; *0,05			

Наибольшее влияние на численность всех групп микроорганизмов оказывали погодные условия года, причем зависимость от погоды разных групп микробобиоты была примерно на одном уровне.

Вторым по значимости фактором, также относительно равномерно влияющим на разные микробиологические характеристики почвы, были предшественники, что отражало значительные различия между паром и повторным возделыванием яровой пшеницы. Несколько большее влияние предшественники оказывали на сапротрофные микромицеты и актиномицеты, меньшее – на целлюлозолитические микроорганизмы и бактерии на КАА. Обработка почвы имела самую низкую долю влияния на численность почвенной микрофлоры, для большинства групп она была статистически недостоверной. Только бактерии, потребляющие органические формы азота, показали небольшую достоверную зависимость от изменения характеристик почвы.

Минимизация приемов обработки почвы приводит к перестройке микробного сообщества почвы и изменению его биологической и фитосанитарной активности [Максимова, Макурина, 2006; Комаревцева, Сивкова, 2011].

Данные учетов численности микроорганизмов при переходе от отвальной обработкам почвы к прямому посеву по стерне предшественника в южной лесостепи Новосибирской области в 2010 г. представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Влияние обработки почвы на численность микроорганизмов, КОЕ/г почвы по слоям

Прием обработки почвы	0-10 см		11-20 см	
	бактерии на КАА, 10^6	грибы на ЧА, 10^5	бактерии на КАА, 10^6	грибы на ЧА, 10^5
Отвальная	86,1	1,9	35,2	1,1
Минимальная	3,8	1,2	2,8	0,6
Прямой посев	2,3	1,5	2,3	0,7
НСР ₀₅	2,4	0,2	2,1	0,3
Доля влияния, %:				
обработки почвы – 16,4*; глубины – 9,6*				
Уровень значимости: *0,05				

Данные таблицы свидетельствуют, что переход на ресурсосберегающие обработки почвы привел к изменениям в микробоценозе по слоям почвы. Самая высокая численность бактерий, потребляющих неорганические формы азота, отмечена в верхнем слое почвы при отвальной ее обработке.

С переходом к минимальной обработке и прямому посеву по стерне предшественника численность этой же группы микроорганизмов снизилась в 22,7 и 37,4 раза соответственно. Эти данные согласуются с закономерностями, выявленными в южной лесостепи Омской области, где с переходом к ресурсосберегающим приемам обработки почвы численность бактерий на КАА значительно снижалась.

С ростом глубины отбора почвенных проб численность микроорганизмов также снижалась, однако сильнее всего при вспашке: количество бактерий в нижнем слое почвы было в 2,5 раза ниже по сравнению с верхним слоем. Эти учеты отражают чувствительность обсуждаемой группы бактерий к изменениям температуры и влажности почвы с глубиной отбора проб. Распределение бактерий, потребляющих минеральный азот, по слоям почвы при почвозащитных

приемах обработки было более равномерным: на минимальной обработке снижение составило 1,7 раза, а при прямом посеве осталось на уровне верхнего слоя почвы.

Численность грибов была примерно одинаковой на фоне всех приемов обработки почвы, различия между вспашкой и прямым посевом составили всего 26,7% (рисунок 17). В более глубоком слое почвы на всех обработках численность грибов была ниже примерно в 2 раза по сравнению с верхним слоем, что отражает накопление в верхнем слое большего количества трофических ресурсов для сапротрофных микромицетов и лучший прогрев поверхностных слоев почвы.

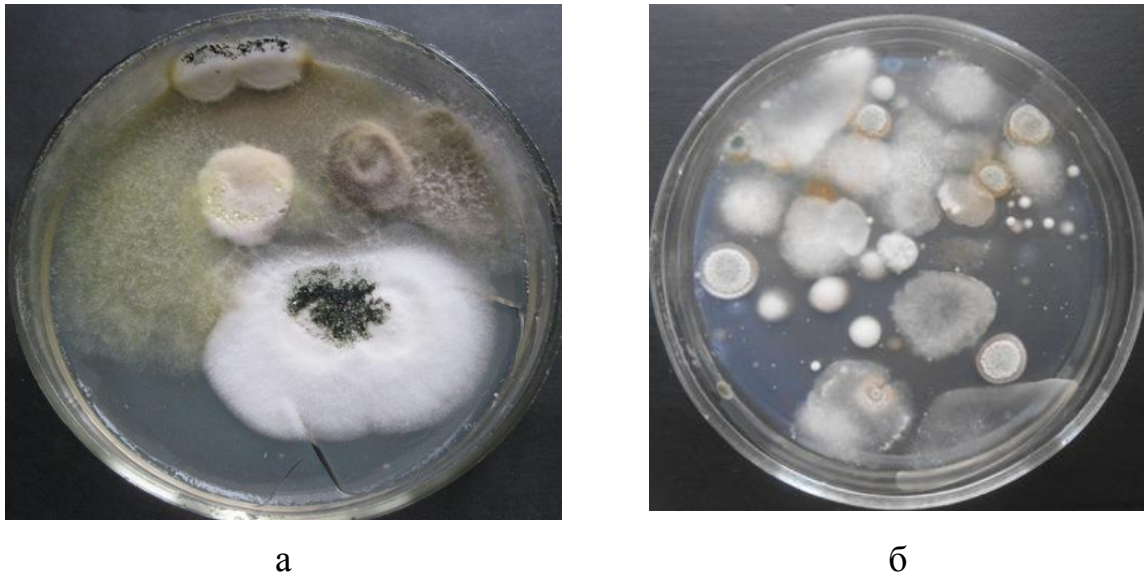


Рисунок 17 – Численность грибов на ЧА в слое почвы 0-10 см: а – прямой посев; б – вспашка

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о высокой зависимости численности почвенных грибов и бактерий, потребляющих минеральный азот, от аэрации и температуры, которые меняются при переходе к ресурсосберегающим технологиям обработки почвы. Наиболее активно микробиологические процессы протекают при вспашке, что способствует разложению растительных остатков и повышению супрессивности почвы.

На численность микроорганизмов почвы в технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области также существенно влияли возделываемые сельскохозяйственные культуры.

Из данных таблицы 21 видно, что предшественники значительно влияли на численность сапротрофных почвенных микромицетов в начале вегетации яровой пшеницы.

Минимальная численность грибов на ЧА отмечена после монокультуры пшеницы, в среднем снижение численности произошло в 7,7 раза по сравнению с другими предшественниками.

Таблица 21 – Численность почвенных микромицетов по предшественникам в системе прямого посева, КОЕ/г почвы (2011–2013 гг.)

Предшественник	Грибы на ЧА, 10 ⁴		Грибы на ГС, 10 ⁵	
	лимиты	среднее	лимиты	среднее
Горох	24,7÷105,3	5,3	0,6÷13,9	7,9
Пшеница по гороху	22,1÷67,3	4,5	0,2÷18,6	6,3
Монокультура пшеницы с 2003 г	0,7÷13,2	0,66	0,1÷0,7	0,4
НСР ₀₅		0,11		0,9

Максимальная численность грибов отмечена после возделывания гороха, что говорит о повышении микробиологической активности почвы в результате чередования культур с различным химическим составом растительных остатков. Корреляционный анализ показал тесную отрицательную связь численности сапротрофных почвенных микромицетов с развитием корневой гнили яровой пшеницы на фазе кущения: $r=-0,810\pm 0,414$. Это свидетельствует о наличии в микоценозе почвы южной лесостепи Новосибирской области достаточно высокого количества антагонистических грибов, подавлявших паразитическую активность возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы. В южной лесостепи Омской области такой связи выявить не удалось, что связано, по-видимому, с разным набором предшественников, типом почвы и технологией ее обработки.

На ГС минимальная численность микромицетов также наблюдалась после монокультуры пшеницы, максимальная – после гороха, что выше варианта с монокультурой в 19,8 раза. Количество микромицетов на ГС после всех предшественников было ниже, чем на ЧА, в 7,9 раза, что свидетельствует об относительно низкой целлюлозолитической активности почвы в условиях южной лесостепи Новосибирской области на черноземе обыкновенном. Связь

численности целлюлозолитических микромицетов с развитием корневой гнили яровой пшеницы была умеренной и отрицательной, ($r = -0,683 \pm 0,516$).

Численность микроорганизмов, развивающихся за счет минеральных источников азота (КАА) и являющихся показателем развития минерализационных процессов в почве, также существенно зависела от предшествующей культуры (таблица 22).

Таблица 22 – Численность бактерий и актиномицетов – потребителей минерального азота после предшественников в системе прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (2011–2013 гг.), КОЕ млн./г почвы

Предшественник	Бактерии на КАА		Актиномицеты на КАА	
	лимиты	среднее	лимиты	среднее
Горох	29,3÷87,0	42,3	0,7÷1,3	0,9
Пшеница по гороху	11,3÷72,7	37,0	0÷1,3	0,7
Монокультура пшеницы с 2003 г	5,9÷34,8	20,4	0,1÷6,7	2,3
НСР ₀₅		0,6		0,4

Максимальная численность бактерий на КАА отмечена после гороха, минимальная - после монокультуры, разница составила 2 раза. Напротив, численность актиномицетов – активных минерализаторов труднорастворимого органического вещества была самой высокой после монокультуры, где скапливались растительные остатки яровой пшеницы, медленно разлагаемые бактериями, особенно при недостатке азота в почве. Коэффициент корреляции между численностью микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота и развитием корневых гнилей яровой пшеницы составил $r = -0,646 \pm 0,539$, что свидетельствует о наличии умеренной отрицательной связи между этими показателями.

Максимальная численность бактерий потребляющих органические формы азота, также была отмечена после гороха (таблица 23).

После пшеницы по гороху и монокультуры она была ниже на 42% и 60,7% соответственно, что, по-видимому, отражает поступление органических веществ в почву.

Таблица 23 – Численность бактерий-потребителей органического азота в системе прямого посева, КОЕ/г почвы (2011–2013гг.)

Предшественник	Бактерии МПА 10 ⁶		КАА/МПА
	лимиты	среднее	
Горох	0,2÷70,0	33,6	1,27
Пшеница по гороху	0,6÷39,0	19,5	1,89
Монокультура пшеницы с 2003 г.	3,2÷25,5	13,2	1,55
НСР ₀₅		1,0	

Примечание: КАА– крахмало-аммиачный агар, МПА – мясопептонный агар

Коэффициент минерализации азота во всех вариантах был выше единицы, что говорит об интенсивной минерализации растительных остатков в почве южной лесостепи Новосибирской области при прямом посеве сельскохозяйственных культур. Корреляционный анализ позволил выявить тесную отрицательную связь между численностью бактерий на МПА и развитием корневой гнили яровой пшеницы ($r = -0,843 \pm 0,379$). Это означает, что в почве южной лесостепи Новосибирской области бактерии, потребляющие органические формы азота, обладают достоверной антагонистической активностью в отношении возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы.

В течение 2015-2016 гг. в южной лесостепи Новосибирской области на полях ООО «Рубин» был проведен учет численности компонентов почвенного микробоценоза после возделывания рапса (таблица 24).

Таблица 24 – Численность микроорганизмов в почвенных образцах южной лесостепи Новосибирской области в технологии прямого посева, КОЕ /г почвы

Предшественник	Грибы		Бактерии, КОЕ x10 ⁶		
	ЧА x10 ⁴	ГС x10 ⁵	КАА	МПА	ГС
Пшеница	4,5	4,2	17,0	5,9	3,8
Рапс	10,6	5,0	32,6	32,4	5,1
НСР ₀₅	0,78	0,92	3,9	3,8	0,8

Данные таблицы свидетельствуют о значительном влиянии предшественников на численность всех микроорганизмов. Возделывание рапса привело к усилению размножения всех групп почвенных микроорганизмов по сравнению с зерновым предшественником.

Так, рапс в 2,4 раза увеличил численность сапротрофных почвенных микромикетов, что, по-видимому, объясняется накоплением растительных остатков в почве при технологии No-till. Численность бактерий, потребляющих неорганические соединения азота (КАА), увеличилась под действием корневых выделений и растительных остатков рапса почти в 2 раза; бактерий, потребляющих органические формы азота, – в 5,5 раз. Несколько увеличилась после рапса и численность целлюлозолитических микроорганизмов (на 19-34%). Таким образом, в экстремальных условиях южной лесостепи Новосибирской области введение в состав возделываемых культур рапса является перспективным решением, поскольку, обладая фитомелиоративными свойствами, рапс будет способствовать усилению микробиологической активности почвы.

Статистическая обработка данных многолетних учетов по схеме двухфакторного дисперсионного анализа позволила установить доли влияния предшественников и условий года на численность компонентов почвенного микробоценоза (таблица 25).

Таблица 25 – Доля влияния предшественников и погодных условий на сапротрофные почвенные микроорганизмы при прямом посеве (по Снедекору), %

Группы микроорганизмов	Погодные условия года (А)	Предшественник (В)
Грибы на ЧА	43,2*	40,8*
Микроорганизмы на ГС	64,3*	18,2*
Бактерии на КАА	87,8**	7,6*
Актиномицеты на КАА	84,7**	6,1*
Бактерии на МПА	12,2*	30,6*
Уровень значимости: **0,01; *0,05		

Данные таблицы 25 свидетельствуют о существенных различиях во влиянии исследуемых факторов на компоненты сапротрофного почвенного микробоценоза. Доля влияния погодных условий отражает стабильность групп почвенных микроорганизмов в контрастных условиях южной лесостепи Новосибирской области. Максимальное влияние погодные условия года оказывали на целлюлозолитические микроорганизмы, бактерии – потребители

неорганического азота и актиномицеты, они подвергались наиболее сильной депрессии в засушливые годы.

Самое значительное снижение численности в засушливых условиях (ГТК 0,46-0,88) было отмечено по группе целлюлозолитических микроорганизмов и составило 27,3 раза по сравнению с увлажненными условиями (ГТК 1,04-1,65). Численность бактерий на КАА снижалась в засушливые годы в 16,8, актиномицетов – в 13 раз по сравнению с увлажненными годами.

Относительно меньшую зависимость от погодных условий показали бактерии, потребляющие органические формы азота, и микроскопические грибы. На эти группы микроорганизмов существенное влияние оказали возделываемые в системе прямого посева сельскохозяйственные культуры: доля влияния предшественников на численность бактерий составила 64,6%, а микромицетов – 31,1%. В целом доля влияния возделываемых по системе no-till растений на микробиологическую активность почвы оказалась немного ниже, чем погодных условий.

В течение двух лет нами были произведены учеты супрессивности почвы против наиболее значимых возбудителей корневых гнилей *B. sorokiniana* и *F. sporotrichioides* (таблица 26).

Таблица 26 – Супрессивность почвы южной лесостепи Новосибирской области против основных почвенных фитопатогенов (2015-2016гг.), %

Вариант	<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>Fusarium sporotrichioides</i>	
	абс.	отклонение	абс.	отклонение
Пшеница	45,7	-	53,2	-
Рапс	79,2	33,5	75,3	22,1
НСР ₀₅	6,1		4,5	

Для выполнения исследований нами был использован универсальный, простой, быстрый способ определения супрессивности по подавлению почвой роста фитопатогенных грибов. Предлагаемый способ позволил быстро оценить общую супрессивность почвенного образца по подавлению почвой роста фитопатогенных грибов в течение 3 дней. Данные таблицы свидетельствуют о достоверных различиях супрессивности почвы после возделывания рапса по

сравнению с предшественником пшеница в отношении *B. sorokiniana*. Рапс увеличил супрессивность почвы на 73,3% по сравнению с пшеницей. Следует отметить довольно высокую супрессивность почвы в хозяйстве ООО «Рубин», где культуры около 10 лет возделывают по технологии no-till, что связано с накоплением растительных остатков, способствующих размножению сапротрофных микроорганизмов, особенно в верхнем слое почвы. Супрессивность почв в отношении *F. sporotrichioides* возросла после рапса на 41,5%.

4.2 Влияние банка семян сорняков в почве южной лесостепи Западной Сибири на развитие корневых гнилей

Сорные растения агроценозов формируют большое число семян, попадающих в почву и являющихся естественным компонентом почвенного ценоза. Часть семян прорастают в следующем году, пополняя фитоценоз, остальные составляют долговременный резервный фонд и могут сохраняться в почве до 10 лет и более. Семена сорных растений, входящие в резервный фонд, включаются в трофические цепи почвенных ценозов, ими питаются беспозвоночные и позвоночные животные, простейшие и микроорганизмы [Семенова и др., 2010; Venech-Arnold et al., 2000; Blackshaw, 2005].

В последние годы появились исследования, свидетельствующие о влиянии семян сорных растений на формирование очагов корневых гнилей и выживание фитопатогенов в зимний период [Торопова, Глазунова, 2014]. Выявлена значительная общность видового состава патогенных микромицетов на корнях яровой пшеницы и хранящихся в почве семенах злаковых сорняков в северной лесостепи Новосибирской области [Глазунова и др., 2014].

Технологические приемы, используемые при возделывании культурных растений, оказывают существенное влияние на биологическое разнообразие и численность семян сорных растений в почве. Особую значимость среди агроприемов имеют возделываемые в рамках севооборотов культуры, характеризующиеся разной конкурентоспособностью к сорнякам, приемы обработки почвы, определяющие ее плотность, а также состав и численность

сорного ценоза в течение вегетации. На формирование фонда семян сорняков оказывают влияние и погодные условия вегетационного периода, определяющие интенсивность размножения сорных растений [Суркова, 2009; Торопова и др., 2011; Barberi, Cascio, 2001]. Нами на протяжении трех лет был изучен видовой состав семян сорных растений в почвах южной лесостепи Новосибирской и Омской областей (таблица 27).

Таблица 27 – Видовой состав семян сорных растений в почве южной лесостепи Западной Сибири (2011-2013 гг.)

№ п/п	Название сорного вида		Новосибирская область	Омская область
	русское	латинское		
Однодольные однолетние				
1	Просо сорнополевое (сем. Злаковые)	<i>Panicum miliaceum</i> (ssp. <i>ruderales</i> L. (Kitag.) Tzvei.) (сем. Gramineae)	+	+
2	Мышей сизый (сем. Злаковые)	<i>Setaria glauca</i> (L). Beauv. (сем. Gramineae)	+	+
3	Овсяг обыкновенный (сем. Злаковые)	<i>Avena fatua</i> L. (сем. Gramineae)	+	+
4	Мышей зеленый (сем. Злаковые)	<i>Setaria viridis</i> (L). Beauv. (сем. Gramineae)	+	+
Двудольные однолетние				
5	Щирица запрокинутая (сем. Амарантовые)	<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (сем. Amaranaceae)	+	+
6	Гречишка вьюнковая (сем. Гречишные)	<i>Polygonum convolvulus</i> L. (сем. Polygonaceae)	+	+
7	Марь белая (сем. Маревые)	<i>Chenopodium album</i> L. (сем. Chenopodiaceae)	+	+
8	Горец льняной (сем. Гречишные)	<i>Polygonum linicola</i> Sutul. (сем. Polygonaceae)	+	+
9	Круглец метельчатый (сем. Капустные)	<i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv. (сем. Brassicaceae)	+	+
10	Лебеда раскидистая (сем. Маревые)	<i>Atriplex patula</i> L. (сем. Chenopodiaceae)	-	+
Двудольные многолетние				
11	Осот полевой (сем. Астровые)	<i>Sonchus arvensis</i> L. (сем. Asteraceae)	+	+
12	Вьюнок полевой (сем. Вьюнковые)	<i>Convolvulus arvensis</i> L. (сем. Convolvulaceae)	+	+
13	Молочай Вальдштейна (лозный) (сем. Молочайные)	<i>Euphorbia Waldsteinii</i> (Sojak) Czer. (сем. Euphorbiaceae)	+	+
14	Горошек мышинный (сем. Бобовые)	<i>Vicia cracca</i> L. (сем. Fabaceae)	+	+

Окончание таблицы 27				
15	Липучка оттопыренная (сем. Бурачниковые)	<i>Lappulla squarossa</i> (Retz.) Dumort. (сем. Boraginaceae)	+	+
16	Свербига восточная (сем. Капустные)	<i>Bunia orientalis</i> L. (сем. Brassicaceae)	-	+
17	Черда трехраздельная (сем. Астровые)	<i>Biden stripartite</i> L. (сем. Asteraceae)	-	+
18	Щавель конский (сем. Гречишные)	<i>Rumex confertus</i> Willd. (сем. Polygonaceae)	-	+
	Итого		14	18

В почвенном биоценозе семена сорных растений были представлены 14 видами из 10 семейств в южной лесостепи Новосибирской области и 18 видами из 10 семейств в аналогичной зоне Омской области. Коэффициент Жаккара между регионами по видовому составу семян сорняков в почве был равен 0,78, что свидетельствует о значительном влиянии на сорные фитоценозы агроэкологической зоны вне зависимости от региона.

Группа яровых ранних сорняков включала 5 видов: гречишка вьюнковая, круглец метельчатый, овсюг обыкновенный, марь белая, лебеда раскидистая. Группа яровых поздних сорняков состояла из 5 видов: мышей сизый, мышей зеленый, щирица запрокинутая, просо сорнополевое, горец льняной.

Многолетние корнеотпрысковые сорняки были представлены 4 видами: осот полевой, горошек мышинный, вьюнок полевой, молочай лозный. Двулетние факультативные сорные растения были представлены 3 видами: липучка оттопыренная, свербига восточная, щавель конский.

Большая часть видов семян сорных растений – однолетние и двулетние растения, которые являются r-стратегами, характерной особенностью которых является высокая зависимость от гидротермических условий [Стецов, 2007; Торопова и др., 2011].

Доминантными видами сорняков являлись просо сорнополевое и щирица запрокинутая в обоих регионах (рисунок 18).

Эти виды сорных растений находились в банке семян в количестве 31,4-36,7%. В почве южной лесостепи Новосибирской области, также как и Омской, преобладали семена двух видов мышея – 7,9% и гречишки вьюнковой – 9,0%.

В почве южной лесостепи Омской области присутствовали семена горца вьюнкового – 11,7% и мари белой – 6,2%. Доля семян осота полевого в почве обоих регионов была практически на одном уровне - 2,0-2,6%.

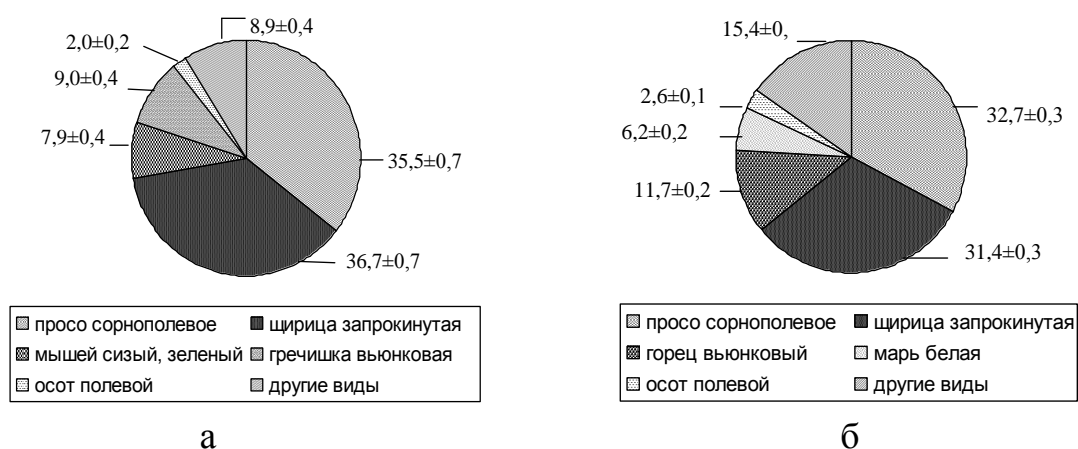


Рисунок 18 – Биологическое разнообразие семян сорных растений в почве южной лесостепи: 2011-2013 гг.

а – Новосибирской области; б – Омской области, (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

Таким образом, в почвенном банке семян сорняков южной лесостепи Западной Сибири более 40% составили семена сорных растений–хозяев возбудителя обыкновенной корневой гнили *B. sorokiniana*: овсюга обыкновенного, мышея сизого, мышея зеленого, проса сорнополевого [Чулкина, 1985; Торопова, Глазунова, 2014]. Видовой состав сорных растений-хозяев грибов рода *Fusarium* требует дополнительных детальных исследований, поскольку они паразитируют на более чем 150 видах растений многих родов и семейств [Билай, 1977; Пидопличко, 1977; Чулкина, 1985].

Численность семян сорных растений в почве южной лесостепи по видам представлена в таблице 28.

Доминантным видом среди злаковых сорняков являлось просо сорнополевое, встречаемость которого в образцах почвы составила 100% в южной лесостепи Новосибирской и 99% – Омской области. Щетинники встречались в почвенных образцах на уровне 6,3-18,8% в обоих регионах. Таким образом, все почвенные образцы в южной лесостепи Западной Сибири содержали семена злаковых сорняков, которые являются факторами сохранения и расселения возбудителей корневых гнилей.

Таблица 28 – Характеристика банка семян сорняков в почве южной лесостепи Западной Сибири (2011-2013 гг.)

Сорное растение	Новосибирская область			Омская область		
	встречаемость, %	лимиты, млн/га	среднее, млн/га	встречаемость, %	лимиты, млн/га	среднее, млн/га
Просо сорнополевое	100,0	15,6 – 671,9	296,3	99	15,6– 1156,3	325,1
Мышей сизый	18,8	93,8– 265,6	102,7	16	15,6– 281,3	71,4
Мышей зеленый	6,3	15,66 – 62,5	39,1	17	31,3 – 265,6	105,9
Овсюг обыкновенный	25,0	15,6 -78,1	25,4	8	15,6– 156,2	48,6
Щирица запрокинутая	81,3	46,9 – 562,9	201,3	91	31,3– 906,3	371,4
Гречишка вьюнковая	65,6	15,6 –187,5	49,8	73	15,6– 281,3	105,2
Марь белая	12,5	62,5 – 140,6	97,7	34,3	15,6 – 359,4	133,9
Горец льняной	25,0	15,6 - 62,5	29,3	82,4	15,6 – 562,5	105,9
Круглец метельчатый	15,6	15,6 – 62,5	43,8	44,4	15,6- 390,6	63,2
Лебеда раскидистая	-	-	-	0,9	0 – 15,6	0,8
Осот полевой	21,9	15,6 – 62,5	31,2	30,3	15,6 – 187,5	61,6
Вьюнок полевой	15,6	0 – 15,6	2,6	37,0	15,6 – 140,6	31,7
Молочай Вальдштейна (лозный)	9,4	0 - 31,3	26,1	12,9	15,6–281,3	49,1
Горошек мышиный	3,1	0 – 15,6	2,6	0,9	0 – 46,9	2,6
Липучка оттопыренная	6,3	15,6 – 93,8	54,7	5,6	0 - 16	0,8
Свербига восточная	-	-	-	1,9	0 – 31,3	1,7
Черда трехраздельная	-	-	-	1,8	0 – 16	0,8
Щавель конский	-	-	-	0,9	0 – 16	0,8
НСР ₀₅			1,8			0,5

В течение трех лет в южной лесостепи двух регионов нами были проведены исследования по влиянию агроэкологических факторов (предшественники, приемы обработки почвы, погодные условия вегетации) на состав, динамику и пространственное распределение банка семян сорняков в почве.

Данные по влиянию предшественников на засоренность почвы в южной лесостепи Новосибирской области представлены в таблице 29.

Данные таблицы свидетельствуют о высокой засоренности почвы южной лесостепи Новосибирской области семенами сорных растений. Пороговые значения (50 млн/га) были превышены до 50 раз [Захаренко, 2000; Спиридонов, 2000; Стецов, 2007]. Засоренность возрастала при монокультуре яровой пшеницы в среднем на 8,3%, оставаясь высокой после всех рассматриваемых предшественников в нулевой технологии возделывания.

Таблица 29 – Засоренность почвы семенами сорняков в южной лесостепи Новосибирской области по годам, млн. шт./га

Предшественник	2011	2012	2013	Среднее
Горох	2546,3	1265,6	1453,1	1754,9
Пшеница по гороху	1703,4	1468,7	2093,9	1755,3
Монокультура пшеницы с 2003 г.	2156,9	1718,0	1828,1	1900,9
НСР ₀₅ частных средних 31,2				

Результаты изучения влияния предшественников на состав сорного ценоза южной лесостепи Новосибирской области при нулевой обработке почвы представлены на рисунке 19.



Рисунок 19 – Биологические группы семян сорных растений по предшественникам в технологии no-till в южной лесостепи Новосибирской области в 2011 – 2013 гг. (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

Из данных рисунка видно, что доминантными видами в биоценозе почвы при нулевой обработке были семена однолетних однодольных (злаковых) и однолетних двудольных сорных растений – 44,1 и 52,2% соответственно независимо от возделываемой культуры. Семена однолетних двудольных сорных растений преобладали после зерновых предшественников – 55,3% от общего количества, семена злаковых видов – после возделывания гороха (50,1%).

Коэффициент Жаккара между составами сорных ценозов почвы после возделывания гороха и пшеницы по гороху равен 0,59; между пшеницей по гороху и монокультурой – 0,55; между горохом и монокультурой – 0,71.

На формирование банка семян сорняков при прямом посеве яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области большое влияние оказывали погодные условия года (таблица 30).

Из данных таблицы видно, что доля семян злаковых сорняков зависит от увлажненности вегетационного периода, доля влияния которого составила 68,9%.

Таблица 30 - Доля семян злаковых сорняков в зависимости от условий года в технологии no-till в южной лесостепи Новосибирской области

Год	ГТК	Доля злаковых сорняков, %
2010	0,47	-
2011	0,83	53
2012	0,44	71
2013	1,13	39

Доля семян злаковых сорняков в почвенном банке существенно возрастала в следующем после засушливого года вегетационном сезоне. Коэффициент корреляции доли семян злаковых видов и ГТК предыдущего вегетационного периода показал очень тесную отрицательную связь обсуждаемых показателей ($r=-0,971\pm 0,237$) и был статистически достоверным. Таким образом, засушливые вегетационные периоды, часто повторяющиеся в южной лесостепи Новосибирской области, способствуют сохранению и расширению очагов корневых гнилей за счет роста злакового компонента банка семян сорняков.

В таблице 31 приведены данные по засоренности почвы южной лесостепи Омской области в зависимости от предшественников и приемов обработки почвы.

Согласно представленным данным, засоренность почвы в южной лесостепи Омской области достигала 83,1 ЭПВ и была особенно высокой при минимально-нулевой обработке почвы. Засоренность почвы значительно (более чем в 4 раза) варьировала по годам в аналогичных вариантах стационарного опыта, что связано с более контрастными погодными условиями вегетаций в южной лесостепи Омской области. После благоприятных увлажненных лет банк семян сорняков в почве существенно пополнялся, после засушливых – сокращался, особенно по двудольным видам.

Таблица 31 – Количество семян сорных растений в почве в южной лесостепи Омской области по годам, млн шт./га

Прием обработки почвы	Предшественник	2011	2012	2013	Среднее
Отвальная	Пар	1875,0	734,4	1175,0	1261,5
	1-я пшеница	2187,6	875,9	1306,3	1456,6
	2-я пшеница	3906,6	703,1	1593,8	2067,8
Плоскорезная	Пар	2359,4	812,5	1078,2	1416,7
	1-я пшеница	2843,8	1046,9	1375,0	1755,2
	2-я пшеница	3905,3	719,1	1268,8	1964,4
Минимально-нулевая	Пар	2178,5	671,9	859,4	1236,6
	1-я пшеница	3031,3	953,1	1062,5	1682,3
	2-я пшеница	4156,3	968,8	1421,9	2182,3
НСР ₀₅ по всем факторам 169,7					

Жизнеспособность семян разных видов сорных растений в почве южной лесостепи Омской области приведена в таблице 32.

Таблица 32 – Жизнеспособность семян сорных растений в почве по годам, %

Сорное растение	2012	2013	Среднее
Просо сорнополевое	31	60	46
Мышей (сизый, зеленый)	42	40	41
Гречишка вьюнковая	25	10	18
Круглец метельчатый	10	20	15
Щирица запрокинутая	30	15	18
Горец вьюнковый	5	30	18

Согласно данным таблицы, жизнеспособность семян доминирующих в почвенном банке, была умеренной и колебалась по годам. Так, жизнеспособность семян проса сорнополевого и горца вьюнкового была ниже после увлажненного года по сравнению с относительно засушливым. Семена щирицы и гречишки вьюнковой были более жизнеспособными после увлажненной вегетации.

В южной лесостепи Омской области по всем предшественникам отмечено доминирование семян однолетних двудольных сорняков (рисунок 20).

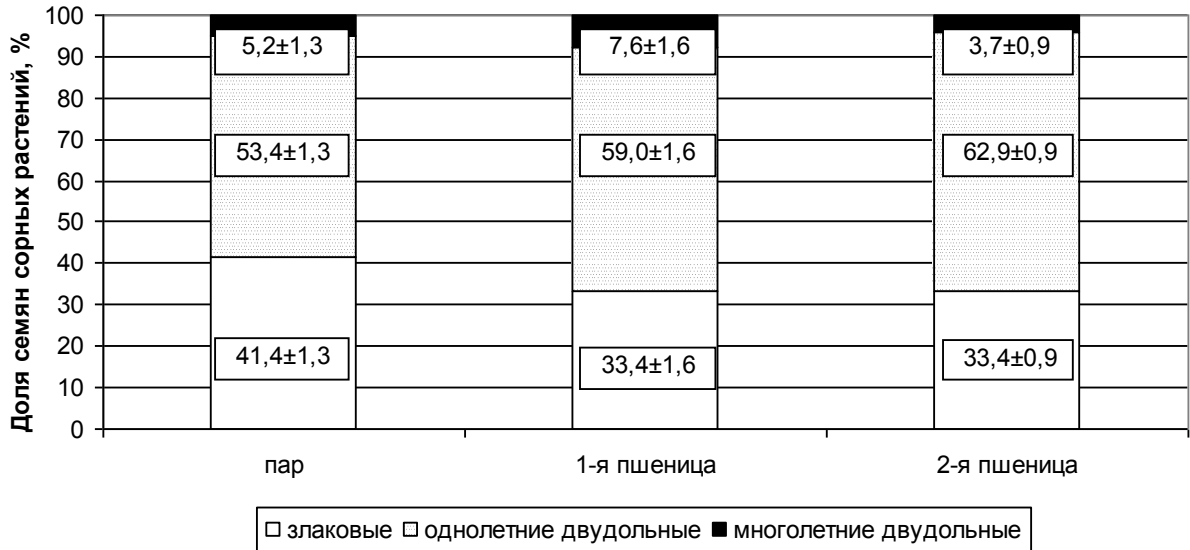


Рисунок 20 – Биологические группы семян сорных растений по предшественникам в южной лесостепи Омской области в 2011 – 2013 гг.,
(%, $p \pm s_p * t_{05}$)

Их доля постепенно нарастала с удалением пшеницы от пара, разница между паром и повторным возделыванием пшеницы составила 9,5% и была статистически значимой. Доля семян злаковых сорняков была в 1,3-1,9 раза ниже. Максимальное их количество отмечено в биоценозе почвы после пара.

Коэффициент Жаккара видового состава семян сорняков между паром и 1-й пшеницей был равен 0,85, между 1-й и 2-й пшеницами 0,82, между паром и 2-й пшеницей 0,88, что говорит об отсутствии приуроченности видов сорных растений к предшественникам яровой пшеницы.

Для оценки сходства сорного компонента почвы между южными лесостепными зонами Омской и Новосибирской областей был также определен коэффициент Жаккара. В 2011 г. он составил 0,90, в 2012 г. – 0,85, в 2013 г. – 0,60. Это говорит о стабильности таксономического состава сорных растений в южной лесостепи Западной Сибири.

На рисунке 21 представлены данные по влиянию приемов обработки почвы на состав почвенного банка семян сорняков в южной лесостепи Омской области.

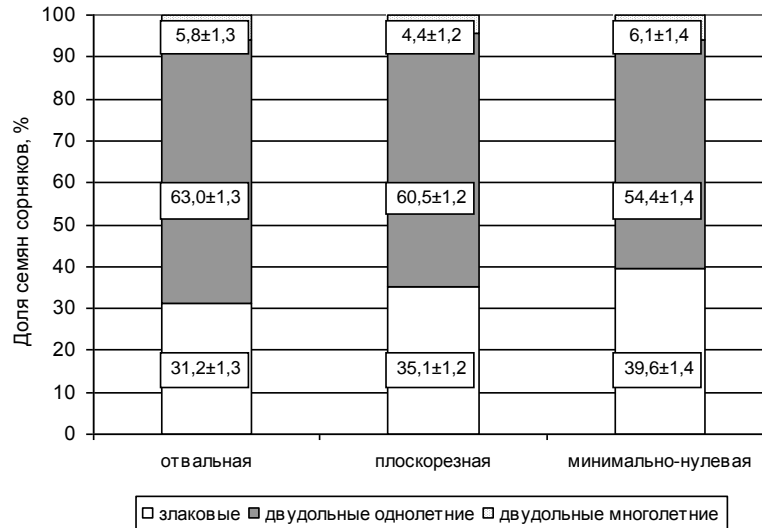


Рисунок 21 – Биологические группы семян сорняков в почве при разных способах ее обработки в южной лесостепи Омской области в 2011-2013 гг. (% , $p \pm s_p * t_{05}$.)

Из данных рисунка видно, что доля семян злаковых сорняков увеличивалась на 41% при минимизации обработки почвы. Количество семян двудольных многолетних видов сорняков в почве сохранялось практически на одном уровне при всех обработках почвы.

На колебания таксономического состава семян сорных растений в почве оказывали существенное влияние условия вегетации. Так же как и в южной лесостепи Новосибирской области, после засушливых лет доля семян злаковых сорняков в почвенном банке возрастала (рисунок 22).

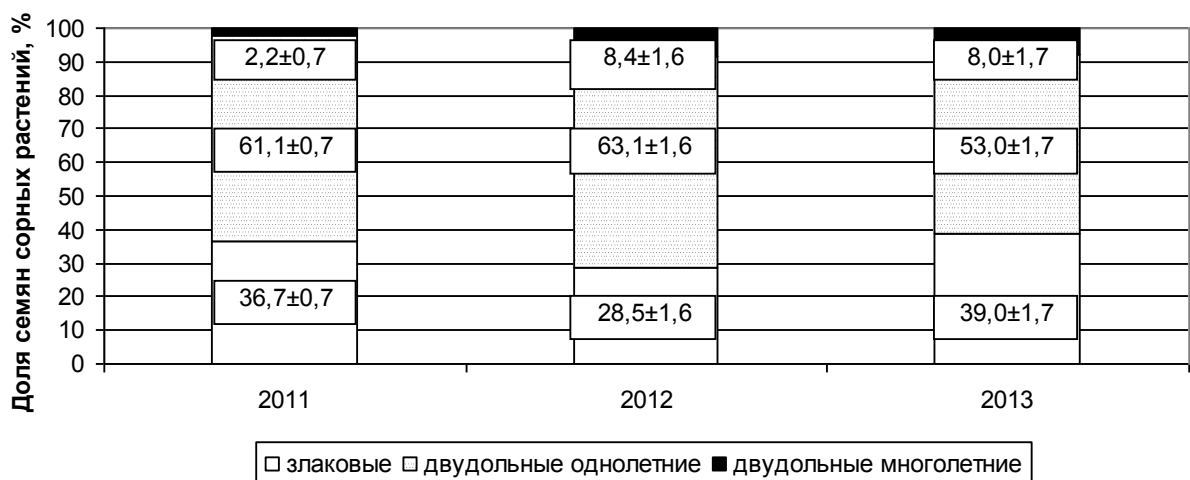


Рисунок 22 – Состав почвенного банка семян сорняков в почве южной лесостепи Омской области по годам (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

Основным фактором, определяющим биологическое разнообразие и численность семян сорняков в почве, были погодные условия года (таблица 33).

Таблица 33 – Доля влияния агроэкологических факторов на формирование банка семян сорняков в почве южной лесостепи Омской области (по Снедекору), %

Фактор	Количество семян сорных растений в почве	Доля семян злаковых сорняков
Погодные условия года	55,9*	30,9**
Предшественник	24,7*	14,7*
Обработка почвы	0,5	7,5**
Уровень значимости: *0,01; **0,05		

Погода была определяющим фактором накопления в почве южной лесостепи Омской области семян как сорных видов в целом, так и злаковых сорных растений. Общее количество семян в почве возрастало после увлажненных лет, а доля семян злаковых видов увеличивалась после засушливых вегетаций.

Предшественники оказывали умеренное влияние на общую численность семян сорняков и долю злаковых видов - 14,7 и 24,7% соответственно. Засоренность почвы возрастала при повторном возделывании яровой пшеницы, доля сорняков злаков несколько увеличивалась после пара.

Приемы обработки почвы не оказывали существенного влияния на численность семян сорняков в почве, однако изменяли распределение семян в почве по глубине (рисунок 23).

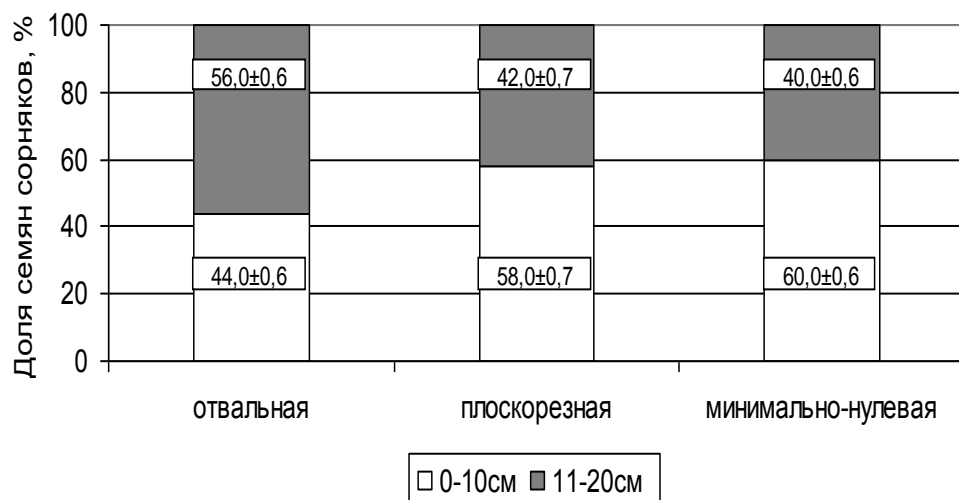


Рисунок 23 – Влияние способов обработки почвы на распределение семян сорняков в почве южной лесостепи Омской области, (%), $p \pm s_p^*t_{05}$, 2011 – 2013 гг.)

При отвальной обработке почвы отмечено относительно равномерное распределение семян сорняков в почве с некоторой тенденцией к накоплению в более глубоком слое. С переходом к ресурсосберегающим приемам обработки происходило накопление семян сорняков в верхнем (0–10 см) слое до 60%.

Выявленная в южной лесостепи Омской области закономерность концентрации семян сорняков по слоям почвы проявилась в более полной мере в аналогичной зоне Новосибирской области в технологии прямого посева культур по стерне предшественников (рисунок 24).

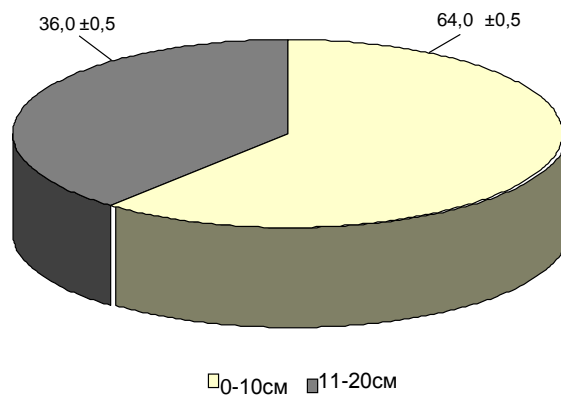


Рисунок 24 – Распределение семян сорняков в почве при прямом посеве в южной лесостепи Новосибирской области, в 2011 – 2013 гг. (% , $p \pm s_p * t_{05}$)

Данные рисунка свидетельствуют, что в технологии No-till основная часть семян сорняков концентрировалась в поверхностном слое почвы, что облегчало их дружное прорастание и являлось дополнительным фактором, осложняющим начальный период развития культурных растений.

Дисперсионный анализ показал, что главным фактором, определяющим распределение семян сорняков по глубине, был прием обработки почвы (таблица 34).

Таблица 34 – Влияние агроэкологических факторов на формирование банка семян сорняков в почве южной лесостепи Западной Сибири в 2011-2013 гг. (по Снедекору), %

Фактор	Количество семян сорных растений в почве	Распределение семян сорняков в почве по слоям
Погода	55,9**	4,1**
Предшественник	23,9**	5,2**
Обработка почвы	0,1	65,1**
Уровень значимости: **0,01		

Остальные агроэкологические факторы в значительной мере определяли общую засоренность почвы.

Обобщенные данные по заселенности семян злаковых сорняков фитопатогенами представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Таксономический состав патогенных микромицетов на семенах сорных растений из почвы южной лесостепи Западной Сибири, (2012-2013 гг.), %

Фитопатоген	Просо сорнополевое	Щетинник (сизый, зеленый)
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	18,9	36,2
<i>Fusarium</i> spp.	49,3	25,9
<i>Alternaria</i> spp.	7,8	6,7
Прочие	7,6	11,2

Данные таблицы свидетельствуют, что более 80% извлеченных из почвы южной лесостепи Новосибирской и Омской областей семян злаковых сорняков были заселены патогенными и токсинообразующими микромицетами. Из семян злаковых сорняков (просо сорнополевое, щетинники) были выделены следующие патогенные микромицеты: *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, представители родов *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link, *Penicillium* Link, *Epicoccum* Link, и др. Доминирующим таксоном на семенах злаковых сорняков являлись грибы рода *Fusarium*, среди которых присутствовали возбудители корневой гнили яровой пшеницы: *F. sporotrichioides* Sherb., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl., имеющие широкое распространение и на подземных органах яровой пшеницы и ячменя в Западной Сибири, в том числе в зоне южной лесостепи [Чулкина, 1985; Ашмарина, Горобей, 2008; Казакова, 2013; Торопова, Глазунова, 2014]. Из семян сорняков был выделен также вид *F. heterosporum* Nees. Коэффициент общности видового состава микромицетов семян злаковых сорняков и подземных органов яровой пшеницы составил 0,52.

Коэффициент корреляции между общим количеством семян сорняков в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы составил $0,683 \pm 0,275$, что свидетельствует об умеренной достоверной связи между этими показателями. Т.е. засоренность почвы южной лесостепи Западной Сибири семенами сорняков

является биотическим фактором, усиливающим эпифитотический процесс фузариозно-гельминтоспориозных корневых гнилей яровой пшеницы.

Заключение по главе 4

1. В южной лесостепи Западной Сибири важным биотическим фактором, определяющим развитие корневых гнилей яровой пшеницы, были сапротрофные почвенные микроорганизмы. Выявлена достоверная отрицательная связь между развитием корневых гнилей и численностью бактерий, потребляющих минеральные ($r = -0,928 \pm 0,141$) и органические формы азота ($r = -0,479 \pm 0,331$), а также целлюлозолитических микроорганизмов ($r = -0,699 \pm 0,270$) в южной лесостепи Омской области во влажные годы. В южной лесостепи Новосибирской области отрицательное влияние на развитие корневых гнилей оказывали сапротрофные почвенные микромицеты ($r = -0,810 \pm 0,414$), целлюлозолитические микромицеты ($r = -0,683 \pm 0,516$), бактерии, потребляющие органический ($r = -0,843 \pm 0,379$) и минеральный азот ($r = -0,646 \pm 0,539$).
2. Численность почвенных микроорганизмов значительно (до 130 раз) снижалась в засушливые годы, при повторном и бессменном возделывании яровой пшеницы, при переходе к ресурсосберегающим обработкам почвы и прямому посеву по стерне предшественника. Фитосанитарные предшественники яровой пшеницы - пар, горох, рапс, а также интенсивная отвальная обработка почвы, стимулировали размножение всех групп микробобиоты и повышали супрессивность почвы в отношении возбудителей корневых гнилей.
3. Численность семян сорных растений в почве южной лесостепи Западной Сибири достигала 83,1 ЭПВ и была значимым фактором развития корневых гнилей яровой пшеницы. Коэффициент корреляции между общим количеством семян сорняков в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы составил $0,683 \pm 0,275$. Более 80% извлеченных из почвы южной лесостепи Новосибирской и Омской областей семян злаковых

сорняков были заселены патогенными и токсинообразующими микромицетами, среди которых доминировали грибы рода *Fusarium*. Коэффициент общности видового состава микромицетов семян злаковых сорняков и подземных органов яровой пшеницы составил 0,52.

4. Семена сорных растений в почве южной лесостепи были представлены 14 видами из 10 семейств в Новосибирской области и 18 видами из 10 семейств в Омской области. Коэффициент Жаккара между регионами по видовому разнообразию семян сорняков был равен 0,78. Общая численность семян сорняков в почве возрастала после увлажненных благоприятных лет, повторного и бесменного возделывания яровой пшеницы, а доля злаковых видов – после засушливых вегетаций. Переход к минимально-нулевой технологии обработки почвы и прямому посеву по стерне предшественника привел к концентрации семян сорняков в верхнем (0-10 см) слое почвы.

5 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1 Статистические связи развития корневой гнили с фитосанитарными и микробиологическими параметрами почвы

Обобщение и статистический анализ эмпирических данных позволил установить регрессионные зависимости развития корневой гнили яровой пшеницы (Y) от фитосанитарных и микробиологических характеристик почвы по регионам южной лесостепи Западной Сибири (таблица 36).

Таблица 36 – Регрессионные зависимости развития корневой гнили (Y) от фитосанитарных и микробиологических параметров почвы в южной лесостепи Западной Сибири

Параметр (X1)	Новосибирская область	Омская область
Плотность конидий <i>B. sorokiniana</i> в почве	$Y=4,48+0,12 \times X1$	$Y=23,18+0,04 \times X1$
Плотность семян сорных растений	$Y=25,34+0,003 \times X1$	$Y=19,52+0,01 \times X1$
Численность сапротрофных грибов на ЧА	$Y=40,64-0,33 \times X1$	-
Численность микроорганизмов – потребителей минерального азота на КАА	-	$Y=40,03-0,23 \times X1$
Численность микроорганизмов – потребителей органического азота на МПА	$Y=52,56-0,95 \times X1$	-

Представленные уравнения свидетельствуют о том, что в обоих регионах южной лесостепи Западной Сибири развитие корневой гнили яровой пшеницы зависит от заселенности почвы конидиями *B. sorokiniana* – возбудителя гельминтоспориозной или обыкновенной корневой гнили, а также от засоренности почвы семенами сорняков, многие из которых являются растениями-хозяевами корневых гнилей яровой пшеницы.

Что касается зависимости развития корневой гнили от численности групп почвенных микроорганизмов, то исследования выявили некоторые региональные

различия, обусловленные типами почвы. Так, в южной лесостепи Омской области доминирующим типом почвы является чернозем выщелоченный, и в нем основной группой антагонистов оказались микроорганизмы – потребители минеральных форм азота. Следовательно, для повышения супрессивности почвы в отношении корневых гнилей в южной лесостепи Омской области целесообразно вносить азотные удобрения, особенно в аммонийной форме [Коробова, 1985 а, б].

В южной лесостепи Новосибирской области доминирующим типом почв в наших исследованиях был чернозем обыкновенный, и в нем основными группами антагонистов возбудителей корневых гнилей оказались сапротрофные микромицеты и бактерии, потребляющие органические формы азота. В этой связи для повышения супрессивности чернозема обыкновенного в южной лесостепи Новосибирской области особенно важно вносить в почву органические удобрения и обеспечивать поступление в почву разнообразных по химическому составу органических остатков растений за счет чередования культур в системе их прямого посева по стерне предшественников [Derpsch et al., 2010].

5.2 Влияние агроэкологических факторов на урожайность яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири

На современном этапе развития производственных отношений в сельском хозяйстве важно не только получать высокие урожаи яровой пшеницы, но и снижать затраты на производство продукции при сохранении и повышении плодородия почвы. Нами на протяжении четырех лет была определена биологическая урожайность яровой пшеницы по разным предшественникам в технологии No-till в южной лесостепи Новосибирской области (таблица 37).

Таблица 37 – Биологическая урожайность яровой пшеницы по предшественникам при прямом посеве в южной лесостепи Новосибирской области (2010-2013 гг.)

Предшественник	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Горох	392	20,9	38,6	29,9
Пшеница по гороху	350	20,2	40,5	28,5
Монокультура пшеницы с 2003 г.	335	19,0	37,8	24,1
НСР ₀₅	32,2	2,6	3,5	0,9

Данные таблицы свидетельствуют, что урожайность в значительной мере зависела от предшественника яровой пшеницы. Так, наиболее высокой урожайность была после гороха, она превышала вариант с монокультурой пшеницы на 24,1%.

Анализ элементов структуры урожайности показал, что густота продуктивного стеблестоя в среднем по годам и предшественникам была близка к оптимальному для зоны значению (350-400 экз./м²) во всех вариантах. Наименьшее количество продуктивных стеблей отмечено по монокультуре пшеницы, оно было ниже варианта с предшественником горох на 17%. Число зерен в колосе составило на всех вариантах около 20 зерен на колос, что составляет оптимум для зоны. Небольшое снижение озерненности колоса было после монокультуры пшеницы, но статистически достоверных различий между предшественниками выявлено не было. Масса 1000 зерен была близкой к потенциалу сорта после всех предшественников, и достоверных различий по вариантам не наблюдалось.

Исследования 2015-2016 гг., позволили выявить влияние рапса как предшественника на формирование урожайности яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области в технологии прямого посева (таблица 38).

Данные таблицы свидетельствуют о положительном влиянии рапса на формирование урожайности яровой пшеницы.

Таблица 38 – Влияние предшественников на элементы структуры урожая и урожайность яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области (2015-2016 гг.)

Предшественник	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Число зерен/колос, шт.	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность ц/га
Пшеница	322	18	39,2	22,7
Рапс	374	28	42,4	44,4
НСР ₀₅	45,2	4,1	3,1	

Возделывание пшеницы по рапсу обеспечило формирование на достоверно более высоком уровне всех элементов структуры урожая по сравнению с

зерновым предшественником: числа колосьев на – 16,2%, числа зерен в колосе – на 55,6%, массы 1000 зерен – на 8,2%.

Продуктивность яровой пшеницы возрастала в увлажненные годы, поэтому выявлена умеренная положительная связь увлажненности вегетационного периода и биологической урожайности яровой пшеницы при прямом посеве ($r=0,518\pm 0,331$).

Дисперсионный анализ данных по двухфакторной схеме позволил установить долю влияния погодных условий вегетационного периода и предшественников на формирование биологической урожайности яровой пшеницы (таблица 39).

Таблица 39 – Сила влияния погодных условий и предшественников на формирование биологической урожайности яровой пшеницы в системе прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области (по Снедекору), %

Фактор	Урожайность яровой пшеницы
Погодные условия года	67,7**
Предшественник	20,1**
Уровень значимости **0,01	

Продуктивность яровой пшеницы возрастала в увлажненные годы, благоприятные для развития культуры. Доля влияния этого фактора была максимальна – 67,7%. Доля влияния предшественников на формирование урожайности пшеницы при прямом посеве была в 3 раза ниже влияния погодных условий. Такой результат был вполне предсказуем, учитывая экстремальные и неустойчивые по влажности условия южной лесостепной зоны, где влага является основным лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур.

Поражение растений корневыми гнилями приводило к снижению продуктивности яровой пшеницы. Выявлена тесная отрицательная зависимость биологической урожайности от развития корневой гнили ($r=0,789\pm 0,201$), заселенности почвы конидиями *B. sorokiniana* ($r=0,876\pm 0,169$) и запаса семян сорных растений в почве и урожайностью ($r=0,846\pm 0,175$), что говорит о

значимости фитосанитарного состояния почвы для реализации продукционного потенциала яровой пшеницы.

Регрессионный анализ позволил составить уравнение зависимости урожайности (Y) от развития корневой гнили (X2) и плотности конидий в почве (X1):

$$Y=39,2 - (0,76 \times X2 + 0,04 \times X1)$$

Полученное уравнение может использоваться для прогноза урожайности и оценки вредоносности корневой гнили в южной лесостепи Новосибирской области.

Урожайность яровой пшеницы в южной лесостепи Омской области зависела от всех рассмотренных агроэкологических факторов (таблица 40).

По предшественнику пар продуктивность пшеницы была максимальной на всех обработках почвы. С удалением от пара урожайность пшеницы снижалась и была существенно (в 2 раза) ниже после 2-й пшеницы по пару во всех вариантах обработки почвы.

Таблица 40 – Урожайность яровой пшеницы по предшественникам, приемам обработки почвы и годам в южной лесостепи Омской области, ц/га

Обработка почвы	Предшественник	2011	2012	2013	Среднее
Отвальная	Пар	37,7	21,4	22,4	27,2
	1-я пшеница по пару	17,4	14,8	16,2	16,1
	2-я пшеница по пару	15,1	9,2	10,8	13,8
Плоскорезная	Пар	22,1	17,6	18,7	19,5
	1-я пшеница по пару	14,2	10,5	12,8	12,5
	2-я пшеница по пару	11,0	6,9	5,2	7,7
Минимально-нулевая	Пар	28,6	15,1	19,4	21,0
	1-я пшеница по пару	16,0	11,6	8,8	12,1
	2-я пшеница по пару	11,1	7,8	6,3	8,4
НСР ₀₅ частных средних 2,75					
Доля влияния факторов: год 17,2%*, предшественник 56,7%***, обработка почвы 10,5%**.					
Уровень значимости **0,01; *0,05					

Доля влияния предшественников на урожайность составила 56,7%, что выше влияния погодных условий в 3,3 раза. Это отражает более стабильную увлажненность вегетационных сезонов в южной лесостепи Омской области в

годы исследований по сравнению с аналогичным регионом Новосибирской области, где влагообеспеченность была основным лимитирующим фактором урожайности яровой пшеницы. Обработка почвы оказывала незначительное по сравнению с погодой и предшественниками влияние на формирование урожайности яровой пшеницы. Некоторое снижение урожайности по всем предшественникам отмечено при переходе от вспашки к плоскорезной обработке и составило 30,5%. При переходе к минимально-нулевой обработке почвы снижение урожайности по сравнению с интенсивной отвальной обработкой было несколько меньше и составило 27,3%.

Выявлена высокая отрицательная корреляционная зависимость между развитием корневой гнили яровой пшеницы и урожайностью ($r=-0,916\pm 0,151$), между урожайностью и плотностью конидий *B.sorokiniana* в почве ($r=-0,769\pm 0,241$), между запасом семян сорных растений в почве и урожайностью яровой пшеницы ($r=-0,745\pm 0,245$), что подтверждает полученные в южной лесостепи Новосибирской области данные о необходимости поддержания благоприятного фитосанитарного состояния почвы для реализации продукционного потенциала яровой пшеницы.

Регрессионный анализ позволил составить регрессионное уравнение зависимости урожайности яровой пшеницы (Y) от развития корневой гнили (X1) в южной лесостепи Омской области:

$$Y=61,84-1,26\times X1.$$

Это уравнение может быть использовано для определения потерь урожайности от корневых гнилей и оценки вредоносности болезни.

Были также получены уравнения регрессии урожайности яровой пшеницы (Y) в зависимости от плотности конидий *B. sorokiniana* (X1) в почве:

$$Y=33,84-0,06\times X1,$$

а также регрессионное уравнение урожайности (Y) в зависимости от засоренности почвы семенами сорняков:

$$Y=40,52-0,08\times X1.$$

Последние два уравнения могут быть использованы для прогноза урожайности при анализе фитосанитарного состояния почвы в осенне-зимний период по показателям заселенности почвенных образцов конидиями *B. sorokiniana* и засоренности семенами сорняков.

5.3 Экономическая эффективность применения фитосанитарных предшественников яровой пшеницы в технологии No-till

Одной из крупнейших отраслей земледелия является производство зерна. Зерновое хозяйство составляет основу растениеводства и всего сельскохозяйственного производства. Зерно – это не только продукт питания для населения, но и незаменимый корм для скота и птицы. Объем производства зерна является одним из основных показателей, характеризующих деятельность сельскохозяйственных предприятий. От его величины зависят объем реализации продукции, уровень ее себестоимости, сумма прибыли, уровень рентабельности, финансовое положение предприятия, его платежеспособность и другие экономические показатели.

Эффективность сельскохозяйственного производства – результативность финансово-хозяйственной деятельности хозяйствующего субъекта в сельском хозяйстве, способность обеспечивать достижение высоких показателей производительности, экономичности, доходности, качества продукции [Борисова, 2012].

Доходность производства лежит в основе оценки любой технологии, любого агротехнического приема, направленного на совершенствование возделывания сельскохозяйственных культур. В современных рыночных условиях применяемые технологии производства зерна должны окупаться уровнем прибавки урожайности при снижении себестоимости производимой продукции. С ростом цен на удобрения, пестициды, ГСМ затраты на производство дополнительной единицы продукции могут быть экономически не оправданы, а бессистемное применение удобрений, средств защиты растений приводит к необоснованному увеличению затрат [Лабынцев А.В., Губарева В.В., 2012].

В связи с этим в повышении продуктивности и экономической эффективности производства зерна яровой пшеницы важная роль принадлежит предшественникам.

Полевой эксперимент по изучению экономической эффективности фитосанитарных предшественников яровой пшеницы проводился на полях ООО «Рубин» Краснозерского района. Посев яровой пшеницы сорта Алтайская 325 производили посевным комплексом John Deere 9420 на опытных полях. Обработка почвы – прямой посев. Предшественники: горох, пшеница по гороху, монокультура пшеницы. Норма высева 190 кг/га. Протравители семян: Гидромикс (100 г/т), Радифарм (100 мл/т), Винцит (1,5 л/т); удобрения: аммиачная селитра (90 л/га), аммофос (50 кг/га); фунгицид: Импакт (0,5 л/га); гербицид: Пума Супер (0,9 л/га). Уборка урожая проводилась комбайном John Deere STS 9670. Для расчета основных экономических показателей использовали технологическую карту. Все расчеты проведены в ценах 2013 г. (таблица 41).

Таблица 41 – Экономическая эффективность фитосанитарных предшественников яровой пшеницы при прямом посеве в южной лесостепи Новосибирской области

Показатели	Предшественник			
	монокультура пшеницы с 2003 г. (контроль)	пшеница по гороху	горох	рапс
Урожайность, ц/га	24,1	28,5	29,6	44,0
Валовый сбор, ц	2410,0	2850,0	2960,0	4400,0
Затраты на производство, руб.	1685331,4	1885259,0	1939371,0	2239889,3
Себестоимость 1 ц продукции, руб.	699,3	661,5	655,2	509,1
Цена реализации, руб./ц	900,0	900,0	900,0	900,0
Стоимость продукции, руб.	2169000,0	2565000,0	2664000,0	3960000,0
Прибыль, руб.	483668,6	679741,4	724628,6	1720111,0
Уровень рентабельности производства, %	28,7	36,1	37,4	76,8

Из данных таблицы видно, что использование рапса и гороха как предшественников для яровой пшеницы в технологии прямого посева позволяет увеличить урожайность на 19,9 и 5,8 ц/га соответственно, в связи с этим валовой сбор увеличивается на 580 ц и 1990 ц.

Уровень рентабельности составляет при применении в качестве предшественника рапса 76,8 %, гороха – 37,4 % при уменьшении себестоимости зерна на 190,2 руб./га и 44,1 руб./ц соответственно по сравнению с монокультурой пшеницы. Использование в качестве предшественника пшеницы, выращенной по гороху, позволяет увеличить урожайность на 4,4 ц/га и уменьшить себестоимость зерна на 37,8 руб./ц. Уровень рентабельности в этом варианте составляет 36,1 %.

Использование монокультуры пшеницы в технологии прямого посева приводит к снижению урожайности в среднем на 9,9 ц/га по сравнению с остальными предшественниками. Уровень рентабельности снижается до 28,7 %, при этом увеличивается себестоимость продукции.

Заключение по главе 5

1. В обоих регионах южной лесостепи Западной Сибири развитие корневой гнили яровой пшеницы зависит от заселенности почвы конидиями *B. sorokiniana* – возбудителя гельминтоспориозной или обыкновенной корневой гнили, а также от засоренности почвы семенами сорняков, многие из которых являются растениями-хозяевами корневых гнилей яровой пшеницы. Построены уравнения регрессии, которые можно использовать для прогноза корневых гнилей.
2. Зависимость развития корневой гнили от численности групп почвенных микроорганизмов обусловлена типами почвы: в южной лесостепи Омской области в черноземе выщелоченном основной группой антагонистов возбудителей корневых гнилей являются микроорганизмы – потребители минеральных форм азота. В южной лесостепи Новосибирской области в черноземе обыкновенном основными антагонистами возбудителей корневых гнилей оказались сапротрофные микромицеты и бактерии, потребляющие органические формы азота.
3. Продуктивность яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири возрастала в увлажненные годы, благоприятные для развития культуры. Доля влияния этого фактора в засушливой южной лесостепи

Новосибирской области была максимальна – 67,7%. В более увлажненной южной лесостепи Омской области урожайность яровой пшеницы определяли предшественники, доля их влияния – 56,7%.

4. Выявлена тесные отрицательные зависимости биологической урожайности яровой пшеницы от развития корневой гнили ($r=-0,789...0,916$), заселенности почвы конидиями *B.sorokiniana* ($r=-0,769...0,876$) и между запасом семян сорных растений в почве и урожайностью ($r=-0,745...0,846$), что говорит о значимости фитосанитарного состояния почвы для реализации продукционного потенциала яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири. Разработаны регрессионные уравнения для прогноза урожайности.
5. Экономическая оценка использования рапса и гороха как предшественников для яровой пшеницы в технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области показала, что рапс позволяет увеличить урожайность на 19,9 ц/га, а горох – на 5,8 ц/га, в связи с этим валовый сбор увеличивается на 1990 ц и 580 ц. Уровень рентабельности составляет 76,8 % при использовании в качестве предшественника рапса и 37,4 % гороха, при уменьшении себестоимости зерна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В южной лесостепи Новосибирской и Омской областей развитие корневых гнилей яровой пшеницы на фазе всходов достигало 5,2 и 6,7 ПВ соответственно, в конце вегетации – 2,6 ПВ. Основным фактором, определяющим развитие корневых гнилей были предшественники, биологическая эффективность гороха и рапса по сравнению с зерновым предшественником составила 37,5% и 44,2% соответственно, эффективность пара - 20-24% по приемам обработки почвы по сравнению со второй пшеницей по пару.

2. На подземных органах яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской и Омской областей доминировали представители родов *Fusarium* Link (62,9-65,3%), *Bipolaris* Shoemaker (*Helminthosporium* Link) (22,3-27,7%), *Alternaria* Nees (3,7-9,2%). Существенную долю возбудителей фузариозных корневых гнилей составили *F. sporotrichioides* (Sherb.), *F. poae* (Peck) Wr., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. equiseti* (Corda) Sacc. и *F. oxysporum* (Schlecht). С переходом на ресурсосберегающие обработки почвы соотношение темноцветных и светлоокрашенных возбудителей корневых гнилей изменяется: растет доля фузариевых грибов, особенно на первичных корнях, а *B. sorokiniana* сохраняет или даже несколько увеличивает распространенность на основаниях стеблей.

3. В южной лесостепи Новосибирской и Омской областей плотность конидий возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых культур *B. sorokiniana* достигала 10,2 и 27 биологических порогов вредоносности соответственно, что определяло высокий уровень развития корневых гнилей. Корреляционная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Новосибирской области на фазе всходов ($r=0,853\pm 0,202$) и в конце вегетации ($r=0,826\pm 0,234$), в Омской южной лесостепи корреляция между развитием корневой гнили и числом конидий составила ($r=0,706\pm 0,224$).

4. Основным фактором, определяющим плотность и выживаемость конидий возбудителя обыкновенной корневой гнили зерновых культур *B. sorokiniana* были предшественники, эффективность гороха и рапса в технологии No-till в южной лесостепи Новосибирской области была 52% и 44,2% соответственно, с увеличением доли деградированных конидий до 2,5 раз, эффективность пара в южной лесостепи Омской области составила 46,5% по сравнению с предшественником вторая пшеница, при снижении доли жизнеспособных конидий на 35,6%.

5. Переход к ресурсосберегающим обработкам в южной лесостепи Западной Сибири привел к повышенной (до 66%) концентрации конидий *B. sorokiniana* и семян сорняков в верхнем (0-10см) слое почвы.

6. Важным биотическим фактором, определяющим развитие корневых гнилей яровой пшеницы, были сапротрофные почвенные микроорганизмы: в южной лесостепи Омской области - бактерии, потребляющие минеральные формы азота ($r=-0,928\pm 0,141$), в южной лесостепи Новосибирской области - сапротрофные почвенные микромицеты ($r=-0,810\pm 0,414$) и бактерии, потребляющие органический азот ($r=-0,843\pm 0,379$). Численность почвенных микроорганизмов значительно (до 130 раз) снижалась в засушливые годы, при повторном и бессменном возделывании яровой пшеницы, при переходе к ресурсосберегающим обработкам почвы и нулевой технологии возделывания.

7. Численность семян сорных растений в почве южной лесостепи Западной Сибири достигала 83,1 ЭПВ и была значимым фактором ($r=0,683\pm 0,275$) развития корневых гнилей яровой пшеницы. Более 80% семян злаковых сорняков были заселены патогенными и токсинообразующими микромицетами, среди которых доминировали грибы рода *Fusarium*. Коэффициент общности видового состава микромицетов семян злаковых сорняков и подземных органов яровой пшеницы составил 0,52. Общая численность семян сорняков в почве возрастала после увлажненных лет, повторного и бессменного возделывания яровой пшеницы, а доля злаковых видов – после засушливых вегетаций.

8. Выявлены тесные отрицательные зависимости биологической урожайности яровой пшеницы от развития корневой гнили ($r=-0,789\dots0,916$), заселенности почвы конидиями *B.sorokiniana* ($r=-0,769\dots0,876$) и между запасом семян сорных растений в почве и урожайностью ($r=-0,745\dots0,846$), что говорит о значимости фитосанитарного состояния почвы для реализации продукционного потенциала яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири. Разработаны регрессионные уравнения для прогноза урожайности.

9. Экономическая оценка использования рапса и гороха как предшественников для яровой пшеницы в технологии прямого посева в южной лесостепи Новосибирской области показала, что урожайность увеличивалась на 19,9 ц/ га по рапсу и 5,8 ц/га по гороху, уровень рентабельности составляет 76,8 % и 37,4 % соответственно при уменьшении себестоимости зерна по сравнению с монокультурой пшеницы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Для контроля корневых гнилей и увеличения продуктивности яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири целесообразно включать в севообороты фитосанитарные предшественники: пар, горох, рапс, исключая бессменные и повторные посевы пшеницы. Для прогноза развития корневых гнилей и урожайности яровой пшеницы следует определять перед посевом численность микроорганизмов и фитосанитарное состояние почвы по заселенности конидиями *Bipolaris sorokiniana* и семенами сорняков, использовать для расчетов предложенные уравнения регрессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Новосибирской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 155 с.
2. Агроклиматический справочник по Омской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 188 с.
3. Агропромышленный комплекс России в 2013 году. – М.: МСХ РФ, 2014. – 667с.
4. Агротехнический метод защиты растений / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Ю.И. Чулкин [и др.]. – М.: ИВЦ «Маркетинг», 2000. – 336с.
5. Алабушев, А.В. Производство зерна в России / А.В. Алабушев, С.А. Раева. – Ростов-н/Д.: Книга, 2013. – 144 с.
6. Алиновский, П.Г. Агротехника и коревая гниль зерновых / П.Г. Алиновский // Защита растений. – 1966. – № 6. – С. 15-17.
7. Алиновский, П.Г. Выживаемость в почве возбудителей корневой гнили / П.Г. Алиновский // Защита растений. – 1970. – № 8. – С. 42.
8. Альтергот, В.Ф. Физиолого-морфологическая модель интенсивного сорта пшеницы для Сибири / В.Ф. Альтергот, С.Ф. Коваль, С.С. Мордович // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1974. – № 5. – С. 94-99.
9. Афанасьева, М.М. Влияние минеральных удобрений на численность конидий *Helminthosporium sativum* в почве / М.М. Афанасьева, В.А. Чулкина // Микология и фитопатология. – 1977. – Т. 11, Вып. 2. – С. 131-135.
10. Афанасьев, Н.И. Основная обработка дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, ее агрофизические свойства и урожайность культур / Н. И. Афанасьев, Л. В. Круглов, Г. В. Симгенков // НТИ и рынок. – 1998. – № 1. – С.15-18.
11. Ашмарина, Л.Ф. Видовой состав и динамика численности возбудителей обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы в Западной Сибири:

- автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.011 / Людмила Филипповна Ашмарина. – Киев, 1984. – 19 с.
12. Ашмарина, Л.Ф. Видовой состав возбудителей фузариозов сельскохозяйственных культур в Западной Сибири / Л.Ф. Ашмарина, И.М. Горобей // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – №12. – С. 42-46.
 13. Баздырев, Г.И. Возможности и проблемы минимизации обработки почвы при длительном ее использовании / И.Г. Баздырев, И.А. Заверткин // Изв. ТСХА. – 2008. – № 4. – С.4-16.
 14. Белкин, А.А. Влияние обработки почвы на агрофизические, агрохимические свойства почвы и урожайность зерновых культур / А.А. Белкин, Н.В. Беседин // Вестн. Курган. ГСХА. – 2010. – № 5, т. 5. – С. 54-57.
 15. Беляева, О.Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта / О.Н. Беляева // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 16-18.
 16. Бенкен, А.А. Роль растительных выделений в развитии грибных инфекций / А.А. Бенкен // Микология и фитопатология. – 1969. – Т. 3. – № 6. – С. 507–512.
 17. Бенкен, А.А. Проблема корневой гнили злаков / А.А. Бенкен, Л.К. Хацкевич, А.Н. Нестеров // Микология и Фитопатология. – 1987. – Т. 21. – Вып. 6. – С. 566-573.
 18. Бессонова, Е.А. Энергоресурсосбережение – важнейший фактор агротехнологий и повышения плодородия почв / Е.А. Бессонова // Вестн. Курган. ГСХА. – 2010. – №1. – С.44-49.
 19. Билай, В.И. Фузариозы / В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1977. – 443с.
 20. Бобко, Т.Г. Развитие обыкновенной (корневой) гнили при почвозащитной обработке почвы в Кулундинской степи / Т.Г. Бобко // Эпифитотиология инфекционных болезней растений: научн.-техн. бюл. – Вып. 7 (41). – 1980. – С. 14-18
 21. Борисова, Е.Е. Экономическая и энергетическая эффективность производства зерна яровой пшеницы по различным предшественникам на светло-серых

- лесных почвах Волго-Вятского региона / Е.Е. Борисова // Вестн. НГИЭИ. – 2012. – № 12(19). – С. 13-22.
22. Боровой, М.В. Видовой состав и биоэкологические особенности патогенных комплексов в агроценозах озимой пшеницы при разных способах обработки почвы / М.В. Боровой, Н.Д. Добрынин, В.И. Абеленцев // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – № 4. – С. 19–21.
23. Булгакова, А. Пахать или не пахать? Западноевропейский подход в выборе технологии и техники почвообработки / А. Булгакова // Беларус. сель. хоз-во. – Минск, 2005. – № 3. – С. 40-42.
24. Ветров, Ю.Ф. Этиология корневой гнили пшеницы в Иркутской области и обоснование методов борьбы с заболеванием: автореф дисс. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Юрий Федорович Ветров. – Иркутск, ИГУ, 1970. – 24 с.
25. Власенко, Н.Г. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till / Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких, И.Г. Бокина. – Новосибирск, 2013. – 123 с.
26. Власенко, Н.Г. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы при технологии No-till / Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких, О.В. Кулагин, А.А. Слободчиков // Защита и карантин растений. – 2014 а. – № 1. – С. 18-22.
27. Власенко, Н.Г. Вредители и болезни в посевах яровой пшеницы, выращиваемой по технологии No-till / Н.Г. Власенко, А.А. Слободчиков, Н.А. Коротких, О.В. Кулагин // Вестник защиты растений. – 2014 б. – № 3. – С. 21-24.
28. Власова, О.И. Способ обработки почвы как фактор регулирования потенциальной и реальной засоренности пшеничного агроценоза на светло-каштановых почвах / О.И. Власова, В.М. Передериева, А.В. Иващенко // Вестн. БГСХА им. В.П. Филиппова. – 2009. – № 3(16). – С. 32-35.
29. Волынкин, В.И. Продуктивность бессменной пшеницы в системе минимизации обработки почвы и применение гербицидов / В.И. Волынкин, О.В. Волынкина // Защита и карантин растений. – 2015. – № 12. – С. 20-23.

30. Воробьева, И.Г. Экологические ниши патогенных микромицетов растений в Западной Сибири: дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08 / Ирина Геннадьевна Воробьева. – Новосибирск, 2011. – 264 с.
31. Воронкова, Н.А. Агроэкологическая оценка влияния предшественников на элементы плодородия чернозема выщелоченного и урожайность яровой пшеницы / Н.А. Воронкова, О.Ф. Хамова // Вестн. Алт. ГАУ. – 2012. – № 5 (55). – С. 24–29.
32. Вышегуров, С.Х. Урожайность яровой пшеницы Новосибирская-22 в северной лесостепи Приобья / С.Х. Вышегуров, Дымина Е.В. // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 2. С.18-23.
33. Гагкаева, Т.Ю. Фузариоз зерновых культур / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова // Защита и карантин растений. – 2009. – № 12. – С. 13-15.
34. Ганнибал, Ф.Б. Новости систематики низших растений / Ф.Б. Ганнибал, Е.Л. Гасич, А.О. Берестецкий [и др.]. – СПб., М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 105-117.
35. Гамзиков, Г.П. Проблемы агрохимии в современном земледелии / Г.П. Гамзиков // Инновации и продовольственная безопасность. – 2013. – № 1 (1). – С. 88-100.
36. Гешеле, Э.Э. Фузариозно-гельминтоспориозная корневая гниль яровой пшеницы в западной Сибири и Северо-Восточном Казахстане / Э.Э. Гешеле // Селекция и семеноводство. – 1952. – № 12. – С. 51–56.
37. Гешеле, Э.Э. Влияние приемов почвозащитной основной обработки почвы в севообороте на поражаемость яровой пшеницы корневой гнилью / Э.Э. Гешеле, И.Т. Зинченко // Доклады ВАСХНИЛ, 1970. – № 2. – С. 5-7.
38. Гилев, С.Д. Результаты изучения технологий производства зерна по нулевой системе обработки почвы в условиях лесостепного Зауралья / С.Д. Гилев, Н.В. Степных, А.П. Курлов // Аграр. вестн. Урала. – 2011. – №5(84). – С.7-9.
39. Глазунова, Е.Б. Роль злаковых сорняков в развитии корневой гнили яровой пшеницы / Е.Б. Глазунова, Е.Ю. Торопова // Корневые гнили сельскохозяйственных культур: биология, вредоносность, системы защиты:

- материалы Междунар. науч.-практ. конф.; отв. ред. М.И. Зазимко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – С. 6-9.
40. Глазунова, Е.Б. Таксономический состав фитопатогенов на семенах и подземных органах злаковых сорняков / Е.Б. Глазунова, Е.Ю. Торопова, О.А. Казакова // Экология, окружающая среда и здоровье человека: XXI век: материалы междунар. (заочн.) науч.-практ. конф. – Красноярск, 2014. – С.9-10.
41. Глинушкин, А.П. Фитопатогенный комплекс пшеницы и меры борьбы с ним: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07 / Алексей Павлович Глинушкин. – М.: МСХА, 2013. – 38 с.
42. Глинушкин, А.П. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве / А.П. Глинушкин, М.С. Соколов, Е.Ю. Торопова. – М.: Агрорус, 2016. – 288 с.
43. Голощяпов, А.П. Гельминтоспориозная корневая гниль яровой пшеницы (*Helminthosporium sativum* P.K. et B.) и разработка мер борьбы с ней в Курганской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / А.П. Голощяпов. – Ереван, ЕСХИ, 1969. – 26 с.
44. Городилова, Л.М. Корневая гниль пшеницы в Северном Казахстане / Л.М. Городилова // Вестник с.-х. науки, Алма-Ата. – 1967. – № 8. – С. 45–50.
45. Городилова, Л.М. Корневая гниль яровой пшеницы в условиях почвозащитной системы земледелия на севере Казахстана / Л.М. Городилова, В.И. Шевцов. – Целиноград, 1972. – 44 с.
46. Горьковенко, В.С. Распространение грибов рода *Pythium Pringsh.* в агроценозе пшеницы / В.С. Горьковенко // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 51-54.
47. Григорьев, М.Ф. Корневые гнили зерновых культур в Нечерноземной зоне России: география, видовой состав возбудителей, патогенез, устойчивость мирового генофонда пшеницы и ячменя: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук: 06.01.11 / Михаил Федорович Григорьев. – М.: ТСХА, 1996. – 40 с.

48. Григорьев, М.Ф. Региональные исследования корневых гнилей в Центральном Нечерноземье России / М.Ф. Григорьев // *Зерновое хозяйство России*. – 2010. – № 6 (12). – С. 37-40.
49. Григорьев, М.Ф. Изучение патогенных комплексов возбудителей наиболее распространенных типов корневых гнилей зерновых культур в Центральном Нечерноземье России / М.Ф. Григорьев // *Изв. ТСХА*. – 2012. – № 2. – С. 111-125.
50. Гришечкина, Л.Д. Препараты на основе флудиоксонила для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции / Л.Д. Гришечкина, В.И. Долженко, А.И.Силаев, С.Д. Здрожевская [и др.] // *Вестник защиты растений*. – 2015. – № 1 (83). – С. 31-35.
51. Груздев, Г.С. Научные основы разработки комплексных мер борьбы с сорняками в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Г.С. Груздев // *Борьба с сорняками при возделывании сельскохозяйственных культур*. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – С. 3-8.
52. Демина, Е.А. Патогенность и вредоносность возбудителей коневых гнилей пшеницы в Самарской области / Е.А. Демина, А.И. Кинчаров // *Защита и карантин растений*. – 2010. – № 11. – С. 23-24.
53. Денисов, Е.П. Эффективность энергосберегающих технологий обработок почвы при возделывании яровой пшеницы // Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Р.К. Биктеев // *Нива Поволжья*. – 2011. – № 3 (20). – С.21-25.
54. Денисов, Е.П. Влияние приемов минимизации обработки почвы и применения гербицидов на продуктивность ячменя в Поволжье / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Ф.П. Четвериков, Ю.А. Тарбаев // *Нива Поволжья* – 2013. – № 1(26). – С.7-11.
55. Двуреченский, В.И. Основные агротехнические правила возделывания зерновых культур по нулевой технологии / В.И. Двуреченский. – Заречный, 2008. – 56с.
56. Добрецов, А.Н. Гельминтоспориоз пшеницы в Сибири и меры борьбы с ним / А.Н. Добрецов. – Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1962. – 66 с.

57. Доброхотов, В.Н. Семена сорных растений / В.Н. Доброхотов. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 464 с.
58. Долженко, В.И. Зональные системы защиты яровой пшеницы от сорняков, болезней и вредителей / В.И. Долженко, Н.Г. Власенко, А.Н. Власенко [и др.]. – Новосибирск, 2014. – 124 с.
59. Дорожко, Г.Р. Способ обработки – фактор регулирования фитосанитарного состояния почвы и посевов озимой пшеницы на черноземах выщелоченных зоны умеренного увлажнения Ставропольского края / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, В.М. Передериева // Научн. Жур. КубГАУ. – 2011. – № 04 (68). – С. 69-77.
60. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
61. Дридигер В.К. Технология прямого посева в Аргентине / В.К. Дридигер // Земледелие. – 2013. – №1. – С.21-24.
62. Дробышев, А.П. Влияние предшественников на эффективность способов основной обработки почвы под яровую пшеницу / А.П. Дробышев // Вестн. Алт. ГАУ. – 2011. – № 6 (80). – С. 13–15.
63. Дурынина, Е.П. Роль почвы в сохранении и распространении фитопатогенных грибов / Е.П. Дурынина, Т.Б. Чичева // Итоги науки и техники: сер. защита растений. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1980. – Т. 11. – С. 73–115.
64. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н Мишустин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропроиздат. – 368 с.
65. Жалиева, Л.Д. Видовой состав возбудителей корневых и прикорневых гнилей пшеницы / Л.Д. Жалиева // Микология и фитопатология. – 2001. – Т. 35. – Вып. 6. – С. 52–56.
66. Жукова, Р.В. Этиология корневых гнилей яровой пшеницы в Башкирской АССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Раиса Васильевна Жукова. – Л.: ВИЗР, 1974. – 26 с.

67. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / А.А. Жученко. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
68. Завалин, А.А. Роль бобовых культур в Кировской области / А.А. Завалин, А.В. Пасынков, М.И. Пономарева [и др.] // Агрехимия. – 2002. – № 6. – С. 66-70.
69. Зазимко, М.И. Основы экологизации защиты колосовых культур на Северо-Кавказском регионе / М.И. Зазимко, Н.В. Лактионова, Л.А. Гузь // Сб. тр. Всерос. съезда по защите растений. – СПб.: Изд-во ВИЗР, 1997. – С. 209–213.
70. Захаренко, А.В. Действие разных систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на сорный компонент агрофитоценоза и урожайность полевых культур / А.В. Захаренко // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности. – Пушино, 1995. – С. 51-55.
71. Захаренко, В.А. Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства / В.А. Захаренко // Сб. тр. Всерос. съезда по защите растений. – СПб., 1997. – С. 25-34.
72. Захаренко, А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия / А.В. Захаренко. – М.: МСХА, 2000. – 467 с.
73. Захаренко, В.А. Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве России (методика оценки и показатели) / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2013. – № 10. – С. 3-7.
74. Захаренко, В.А. Интегрированное управление фитосанитарным состоянием агроэкосистем России / В.А. Захаренко // Материалы междунар. конф. с элементами науч. школы для молодых ученых, аспирантов, студентов. – Большие Вяземы, 2015. – С. 21-25.
75. Захаров, А.Ф. Технологические приемы фитосанитарной оптимизации агроэкосистем яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07; 06.01.01 / Андрей Федорович Захаров. – Курган, 2008. – 21 с.

76. Зилинг М.К. Материалы к познанию микофлоры почв Западной Сибири / М.К. Зилинг // Болезни зерновых культур. – Омск, 1932. – С. 40–61.
77. Зиганшин, А.А. Оценка влияния почвозащитной технологии возделывания озимой пшеницы на этиологию корневых гнилей / А.А. Зиганшин, Т.Я. Зацепина // Сб. науч. тр. – М. : ВИМ, 1987. – Т. 111. – С. 159–161.
78. Зиганшин, А.А. Особенности развития корневых и прикорневых гнилей сельскохозяйственных культур / А.А. Зиганшин // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы II Всерос. съезда по защите растений. – СПб: Изд-во ВИЗР, 2005. – Т. 1. – С. 167–169.
79. Зиганшин, А.А. Борьба с корневыми гнилями приносит успех / А.А. Зиганшин, И.Х. Хабибрахманов, О.В. Шибеева [и др.] // Защита и карантин растений. – 2007. – № 10. – С. 25–26.
80. Иващенко, В.Г. Некоторые аспекты этиологии и патогенеза чернозародышевости семян пшеницы / В.Г. Иващенко // Науч.-техн. бюлл. Всес. селекционно-генетического ин-та. – 1981. – № 2/140. – С.70–74.
81. Исмаилова, А.И. Особенности развития и приемы контроля корневых гнилей в адаптивных технологиях возделывания яровой пшеницы в Предкамье Республики Татарстан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09, 06.01.11 / Асия Иркиновна Исмаилова. – Казань, КГСХА, 2005. – 15 с.
82. Казакова, О.А. Экологическая оценка патогенного микоценоза семян ячменя в лесостепи Западной Сибири и Восточного Зауралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Ольга Александровна Казакова. – Новосибирск, 2013. – 20 с.
83. Каличкин, В.К. Минимальная обработка почвы в Сибири: проблемы и перспективы / В.К. Каличкин // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 24-26.
84. Каракулев, В.В. Зависимость вредоносности гриба *Bipolaris sorokiniana* от технологии подготовки пара при выращивании твердой пшеницы / В.В. Каракулев, А.П. Глинушкин, А.А. Соловых [и др.] // Изв. Оренбург. ГАУ. – 2013. – № 1(39). – С. 25-27.

85. Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929-2008 гг./ РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2009. – Вып. 4, т.1. – 272 с.
86. Качалова, З.П. О фузариозах пшеницы в Московской области / З.П. Качалова, Н.Д. Яценко // Изв. Москов. с.-х-ва. – 1974. – Вып. 2. – С. 122–130.
87. Кириченко, А.А. Биологические особенности сибирской популяции грибов рода *Alternaria* / А.А. Кириченко, Е.Ю. Торопова // Вестник НГАУ. – 2013. – №1 (26). – С.21-25.
88. Кирюшин, В.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / В.И. Кирюшин, А.Н. Власенко, В.К. Каличкин [и др.] – Новосибирск, 2002. – 388 с.
89. Кирюшин, В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: Росинформагротех, 2005. – 761 с.
90. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5. – С. 12-14.
91. Койшибаев, М. Болезни зерновых культур. / М. Койшибаев. – Алматы: Бастау, 2002. – 368 с.
92. Коломиец, Т.М. Патогенный комплекс возбудителей корневой гнили пшеницы в различных регионах Российской Федерации / Т.М. Коломиец // Материалы первого съезда микологов России. – М., 2002. – 197 с.
93. Коломиец, Т.М. Фитопатогенные грибы в микрофлоре сорных растений Краснодарского края / Т.М. Коломиец, Ж.М. Мухина, Д.К. Бернер [и др.] // Защита и карантин растений. – 2013. – № 4. – С. 23-26.
94. Комаревская, Л.Г. Микробиологическая активность дерновоподзолистой глееватой почвы по фону энергосберегающей обработки / Л.Г. Комаревская, С.С. Сивкова // Вестн. АПК Верхнеповолжья. – 2011. – № 4. – С. 31-35.
95. Кондрашкина, М.И. Изменение численности семян сорняков в почве, прошедшей стадию залежи / М.И. Кондрашкина, В.П. Самсонова, А.В. Зоткина // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 1. – С. 57-60.

96. Коржов, С.И. Изменение микробиологической активности почвы при разных способах ее обработки / С.И. Коржов, В.А. Маслов, Е.С. Орехова // АгроХХ. – 2009. – № 1-3. – С. 47-49.
97. Коробова, Л.Н. Влияние погодных условий, инфекционного фона и форм азотных удобрений на споруляцию *B. sorokimana* (Sacc.) Shoemaker / Л. Н. Коробова // Интегрированная защита растений от болезней и вредителей в Сибири / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1985 а. – С. 22-27.
98. Коробова, Л.Н. Микробиологическое обоснование влияния разных форм азотных удобрений на корневую гниль яровой пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Лариса Николаевна Коробова. – Л.: 1985 б. – 19 с.
99. Коробова, Л.Н. Реакция почвенной микрофлоры на длительное применение разных по уровню интенсификации технологий растениеводства / Л.Н. Коробова, А.В. Танатова // Растениеводство и селекция. – 2010. – № 2. – С. 17-21.
100. Коршунова, А.Ф. Защита пшеницы от корневых гнилей / А.Ф. Коршунова // Вопросы защиты зерновых и зернобобовых культур от болезней. – М.: Колос. – 1967. – С. 40–98.
101. Коршунова, А.Ф. Влияние корневых гнилей на пораженность семян яровой пшеницы гельминтоспориозом и альтернариозом / А.Ф. Коршунова // Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними. – М.: Колос. – 1970. – С. 50–52.
102. Коршунова, А.Ф. Корневые гнили яровой пшеницы / А.Ф. Коршунова, С.М. Тупеневич, Г.А. Краева. – Л., 1974. – 63 с.
103. Коршунова, А.Ф. Защита пшеницы от корневых гнилей / А.Ф. Коршунова, А.Е. Чумаков, Р.И. Щекочихина. – Л.: Колос, 1976. – 184 с.
104. Краева, Г.А. Корневые гнили яровой пшеницы в засушливых районах освоения целинных и залежных земель и агробиологическое обоснование мероприятий в борьбе с ними: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Г.А. Краева. – Л.: ВИЗР, 1960. – 22 с.

105. Крицкая, В.И. Влияние обработки почвы на уровень зараженности ее конидиями *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker и развитие обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы / В.И. Крицкая // Болезни зерновых культур и меры борьбы с ними: научн.-техн. бюл. – 1977. – Вып. 19. – С. 33-34.
106. Крюкова, Е.А. Роль сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительности в инфекционных процессах аграрных и агролесных ландшафтов / Е.А.Крюкова, З.И. Маланина, С.В. Колмукиди // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 20-23.
107. Кузнецова, Т.Т. Антагонистическая активность почвенной микрофлоры к возбудителю обыкновенной (корневой) гнили зерновых культур *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker / Т.Т. Кузнецова, Л.Н. Коробова // науч.–техн. бюл. / Сиб. НИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. – Новосибирск, 1982. – Вып. 1. – С. 11-17.
108. Кузнецова, Т.Т. Роль микрофлоры в регулировании популяции *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker в севообороте и при бессменном возделывании пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири / Т.Т. Кузнецова, Т.Г. Кривощекова // Эпифитотиология инфекционных болезней растений: науч.-техн. бюл.: ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние. – 1985. – Вып. 39. – С. 13-20.
109. Кузнецова, Т.Т. Влияние биологического состояния почвы на популяцию *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.). Shoemaker / Т.Т. Кузнецова, Т.Г. Кривощекова, Н.А. Земенков // Эпифитотиология инфекционных болезней растений: науч.-техн. бюл.: ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние, 1985. – Вып. 39. – С. 13-20.
110. Кузнецова, Т.Т. Микробиологическое обоснование фитосанитарного состояния почв при различном насыщении севооборотов зерновыми культурами // Интегрированная защита сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей в Сибири: сб. науч. трудов: ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние, 1986. – С. 11-21.

111. Кудрявцева, М.Н. Влияние основной обработки на засоренность почвы и посевов, урожайность яровой пшеницы / М.Н. Кудрявцева // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. – № 3(27). – С. 15-20.
112. Кукишева, А.А. Влияние экологических факторов на микрофлору и ферментативную активность дерново-подзолистой почвы Томской области и чернозема выщелоченного Алтайского края: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.02.08 / Анна Анатольевна Кукишева. – Новосибирск, 2011. – 20 с.
113. Лабынцев, А.В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно при различных уровнях интенсивности технологий / А.В. Лабынцев, В.В. Губарева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 4(08). – С. 46-55.
114. Лапина, В.В. Роль предшественников в снижении поражаемости яровой пшеницы корневыми гнилями / В.В. Лапина, Н.В. Смолин, Н.С. Жемчужина // Вестн. Ульянов. ГСХА. – 2013. – № 1(21). – С. 29-33.
115. Лапина, В.В. Агроэкологическое обоснование защиты зерновых культур от корневых гнилей в условиях юга Нечерноземной зоны России: Автореф. дисс...д-ра с.-х. наук: 06.01.07 / Валентина Васильевна Лапина. – Саратов, 2014. – 45 с.
116. Латыпов, Ф.Х. Оптимизация способов обработки почвы под яровую пшеницу / Ф.Х. Латыпов, В.Ф. Мареев, И.Г. Манюкова // Вестн. Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2011. – № 1(22). – С. 41-46.
117. Левитин, М.М. О видовом и внутривидовом разнообразии грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах / М.М. Левитин, В.Г. Иващенко, Н.П. Шипилова, Т.Ю. Гагкаева // Сб. трудов междунар. конференции «Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии», - М., 1998. – с.64 – 66.
118. Левитин, М.М. Фузариоз колоса зерновых культур / М.М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2002. – № 1. – С. 16.

119. Левитин, М.М. Распространение болезней растений в условиях глобального изменения климата / М.М. Левитин // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2016. – № 13. – С. 97-101.
120. Ломова, Т.Г. Фитомелиоративное окультуривание солонцов Барабы и его влияние на биологическую активность почвы / Т.Г. Ломова, Л.Н. Коробова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – № 1. – С. 12-18.
121. Лухменев, В.П. Гельминтоспориозная корневая гниль яровой пшеницы и меры борьбы с ней в центральной зоне Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Василий Павлович Лухменев. – Киев, 1974. – 24 с.
122. Лухменев В.П. Пути оптимизации защиты зерновых культур от болезней на Южном Урале: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11 / Василий Павлович Лухменев. – Оренбург, ОГАУ, 2000. – 38 с.
123. Лысов, А.К. Применение Стерниофага на зерновых культурах / А.К. Лысов, И.И. Новикова, О.Д. Морозов // Защита и карантин растений. – 2015. – № 7. – С. 23-24.
124. Максимова, Е.В. Зависимость состава микробоценоза от способа обработки почвы / Е.В. Максимова, О.Н. Макурина // Вестн. СамГУ. Естественно-научная серия. – 2006. – № 7(47). – С. 118-122.
125. Мальцев, Т.С. Новая система обработки почвы / Т.С. Мальцев // Вопросы земледелия. – М., 1971. – С. 219.
126. Марьин, Г.С. Вредоносность корневой гнили озимой пшеницы и ячменя в Марийской АССР / Г.С. Марьин, Т.Г. Щепелева, В.А. Коротков // Продуктивность почв Марийской АССР. – Йошкар-Ола, 1983. – С. 126–134.
127. Марьина-Чермных, О.Г. Биоэкологическое обоснование защиты зерновых культур от корневых гнилей на северо-востоке Нечерноземной зоны РФ: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.11 / Ольга Геннадьевна Марьина-Чермных. – Йошкар-Ола, 2008. – 40 с.

128. Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам / сост. В.А. Чулкина. – Новосибирск, 1972. – 23 с.
129. Методы экспериментальной микологии: справочник. – Киев: Наукова Думка, 1982. – 549 с.
130. Милащенко, Н.З. Освоение систем интенсивных технологий производства зерна пшеницы с научным сопровождением / Н.З. Милащенко, А.А. Завалин, Л.Н. Самойлов // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 8-10.
131. Михайлина, Н.И. Корневая гниль яровой пшеницы в условиях Саратовской области и меры борьбы с ней: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.07 / Н.И. Михайлина. – М.: ТСХА, 1968. – 18 с.
132. Монастырский, О.А. Способность сортов пшеницы, тритикале и ячменя накапливать в зерне фузариотоксины / О.А. Монастырский, Н.Н. Алябьева, Л.Н. Шубина, И.А. Деренкова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 10. – С. 19.
133. Мурашкинский, К.Е. Материалы по изучению фузариоза хлебов. Виды рода *Fusarium* на хлебах в Сибири / К.Е. Мурашкинский // Тр. Сиб. с.-х. академии. – Омск, 1924. – Т. 3. – С. 87–120.
134. Немченко, В.В. Системы защиты растений в ресурсосберегающих технологиях: монография / В.В. Немченко, А.Ю. Кекало, Н.Ю. Заргарян [и др.]; под общ. ред. В.В. Немченко. – Куртамыш, 2011. – 524 с.
135. Немченко, В.В. Агротехнические приемы борьбы с корневыми гнилями / В.В. Немченко, А.Ю. Кекало, Н.Ю. Заргарян [и др.] // Защита и карантин растений. – 2014. – № 8. – С. 15-17.
136. Нестеров, А.Н. Этиология корневой гнили яровой пшеницы в экологических зонах Южного Урала // Защита сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков / А.Н. Нестеров, Л.К. Хацкевич. Л.: Колос, 1991. – С. 61–65.
137. Овсинский, И.Е. Новая система земледелия / И.Е. Овсинский. – Киев, 1899. – 138с.

138. Орлова, В.В. Климат СССР: Западная Сибирь / В.В. Орлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Вып. 4. – 360 с.
139. Орлова, Л.В. Анализ развития сберегающего земледелия в России / Л.В. Орлова // Сберегающее земледелие – будущее сельского хозяйства России. – Самара, 2005. – С. 4-10.
140. Очерк к почвенной карте территории ОПХ СибНИИСХоза (машинописный) / сост.: В.М. Прудникова, Л.Н. Мищенко. – Омск, 1969. – 14 с.
141. Павлова, О.И. Особенности выживания и паразитической активности возбудителя гельминтоспориозной корневой гнили зерновых культур в разных типах почв Западной Сибири: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Ольга Ивановна Павлова. – М., 1988. – 20 с.
142. Пахомова, И.С. Гельминтоспориозная корневая гниль яровой пшеницы и некоторые приемы борьбы с ней в условиях Заволжья Саратовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / И.С. Пахомова. – Харьков, Харьковский СХИ, 1965. – 20 с.
143. Песенко, Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 283 с.
144. Передериева, В.М. Влияние предшественников и способов обработки почвы на биологические показатели плодородия / В.М. Передериева, Д.А. Ткаченко // Агрехим. вестн. – 2005. – №4. – С. 14-15.
145. Пересыпкин, В.Ф. Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания / В.Ф. Пересыпкин, С.Л. Тютюрев, Т.С. Баталова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 272 с.
146. Пидопличко, Н.М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель. Т.2. Грибы несовершенные. – Киев: Наукова думка, 1977. – 300с.
147. Порсев, И.Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья: монография / И.Н. Порсев; под ред. ВА. Чулкиной. – Шадринск: Изд-во ОГУП «Шадринский дом», 2009. – 320 с.

148. Порсев, И.Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.11 / Игорь Николаевич Порсев. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 38 с.
149. Постовалов, А.А. Реакция ризосферных микроорганизмов и возбудителей корневой гнили ячменя на минеральные удобрения и биопрепараты в условиях Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Алексей Александрович Постовалов. – Курган: Курганский ГАУ. – 2004. – 18 с.
150. Пыхтин, И.Г. Продуктивность зерновых культур в зависимости от интенсивности технологий / И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев // Земледелие. – 2012. – №8. – С.21-23.
151. Районы Новосибирской области (Природно-экономическая характеристика). – Новосибирск. кн. изд-во, 1959. – 512 с.
152. Разина, А.А. Экологический метод снижения вредоносности корневой гнили яровой пшеницы в Предбайкалье / А.А. Разина, С.А. Луценко, Ю.С. Корзинников // Вестн. ИРГСХА. – 2008. – № 30. – С. 14-18.
153. Савенко, Д.Б. Агрэкологическое обоснование защиты посевов ячменя от скрытостеблевых вредителей и корневых гнилей в Степном Заволжье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Денис Борисович Савенко. – Саратов: СГАУ, 2007. – 20 с.
154. Санин, С.С. Основные составляющие звенья систем защиты растений от болезней / С.С. Санин // Защита и карантин растений. – 2003. – № 10.1. – С. 16-21.
155. Санкина, Е.М. Роль агротехнических приемов в защите пшеницы от корневых гнилей: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Екатерина Михайловна Санкина. – Горький: ГСХИ, 1974. – 24 с.
156. Сафин, Х.М. Первые успехи и неудачи внедрения системы земледелия No-till в республике Башкортостан / Х.М. Сафин, Д.С. Аюпов, Ф.М. Давлетшин // Сберегающее (биологическое) земледелие в современном сельском хозяйстве. – Уфа, 2014. – С.5-10.

157. Селюк, М.П. Динамика и видовое разнообразие почвенного банка семян сорняков в ресурсосберегающих технологиях / М.П. Селюк, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, А.Ф. Захаров // RJOAS. – 2016. – № 7 (55). – С. 35-39.
158. Семендяева, Н.В. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: учеб. пособие / Н.В. Семендяева, Л.П. Галева, А.Н. Мармулев; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2010. – 187с.
159. Семенова, Н.Н. Оценка засоренности посевов с учетом встречаемости, обилия и вредоносности сорных растений / Н.Н. Семенова, Н.Н. Лунева, Тарунин М.В. // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. – СПб., 2010. – С. 97-100.
160. Семынина, Т.В. Совершенствование защиты ярового ячменя от видов головни и корневых гнилей в условиях ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Татьяна Васильевна Семынина. – Л.: ВИЗР, 2003. – 20 с.
161. Сидоров, А.А. Корневые гнили зерновых культур: этиология, патогенез, сортоустойчивость, защита от болезни: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.11 / Александр Аркадьевич Сидоров. – Самара, 2011. – 322 с.
162. Синещеков, В.Е. Тактика борьбы с сорной растительностью в полевых севооборотах в почвозащитном земледелии / В.Е. Синещеков, Н.В. Васильева; РАСХН. Сиб. Отд-ние, ГНУ СибНИИЗиХ. – Новосибирск, 2012. – 111с.
163. Скилягина, Т.С. Роль микробного населения в сохранности фитопатогенных грибов в почве / Т.С. Скилягина // Тр. Централь. Сиб. бот. сада. – Новосибирск, 1967. – 67 с.
164. Сокирко, В.П. Актуальность и особенности развития фузариозных болезней в современных условиях агропромышленного комплекса / В.П. Сокирко, М.С. Болатов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 20. – С. 149-152.
165. Сокирко, В.П. Агробиологическое оздоровление почв кубани - стабильный путь повышения урожая зерновых культур / В.П. Сокирко, К.Н. Довбуш //

- Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 48. – С. 95-97.
166. Сокирко, В.П. Новая органотрофная специализация *Fusarium oxysporum* на растениях озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / В.П. Сокирко, А.М. Девяткин, К.Н. Довбуш // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 48. – С. 97-99.
167. Соколов, М.С. Разработка и реализация институтами Российской академии сельскохозяйственных наук эколого-биоценотической концепции и стратегии долгосрочной агроценотической регуляции / М.С.Соколов // Агрехимия. – 1996. – № 6. – С. 103-119.
- 168.Соколов, М.С. Здоровье почвы агроценозов как атрибут ее качества и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам / М.С. Соколов, А.И. Марченко, С.С. Санин [и др.] // Изв. ТСХА. – 2009. – Вып. 1. – С. 13-22.
- 169.Соколов, М.С. Экологический мониторинг здоровья почв в системе «ОВОС» (методология выбора критериев оценки) / М.С. Соколов, А.И. Марченко // Агрехимия. – 2013. – № 3. – С. 3-18.
- 170.Соколов, М.С. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты / М.С. Соколов, А.П. Глинушкин, Е.Ю. Торопова // Агрехимия. – 2015. – № 8. – С. 81-94.
- 171.Сорокин, Н.В. О некоторых болезнях культурных растений Южно-Уссурийского края / Н.В. Сорокин. – Казань, 1890.
- 172.Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере // О.Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с .
- 173.Спиридонов, Ю.Я. Программа интегрированной защиты посевов от сорной растительности / Ю.Я. Спиридонов // Защита и карантин растений. – 2000. – № 2. – С.17-20.
- 174.Способ определения супрессивности почвы: пат. 2 568 913 С1: Рос. Федерация / Е.Ю. Торопова, А.А.Кириченко; заявитель и патентообладатель Новосибирский ГАУ. – № 2014126924/15; заявл. 01.07.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.

175. Стецов, Г.Я. Эволюционно-экологические особенности сорных растений и совершенствование мер борьбы с ними в агроэкосистемах полевых культур юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / Григорий Яковлевич Стецов. – Барнаул, 2007. – 32 с.
176. Стрелков, Е.В. Разработка ресурсосберегающей технологии защиты озимой пшеницы от корневых гнилей и твердой головни: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Евгений Владимирович Стрелков. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 23 с.
177. Сулейменов, М.К. Главные направления в ресурсосберегающих системах земледелия Северного Казахстана / Ресурсосбережение и диверсификация как новый этап развития идей А.И. Бараева о почвозащитном земледелии / М.К. Сулейменов. – Астана-Шортанды, 2008. – С.7-11.
178. Суркова, Ю.В. Новые схемы севооборотов и ресурсосберегающие технологии в современных условиях / Ю.В. Суркова // Инновационные пути решения АПК: материалы междунар. научн.-практ. конф. – Курган: Изд-во Курганская ГСХА, 2009. – Т. 2. – С. 307–309.
179. Сэги, Йо. Методы почвенной микробиологии / Йо Сэги; И.Ф. Куренного; под ред. и с предисл. акад. ВАСХНИЛ Г.С. Муромцева. – М.: Колос, 1983. – 294 с.
180. Теппер, Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 237 с.
181. Ткаченко, М.Н. Приемы защиты ярового ячменя от гельминтоспориозной корневой гнили и темно-бурой пятнистости листьев в условиях Курганской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Марина Николаевна Ткаченко. – Курган: КГАУ, 2004 – 20 с.
182. Торопова, Е.Ю. Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири / Е.Ю. Торопова; под ред. В.А. Чулкиной. – Новосибирск, 2005. – 370 с.

- 183.Торопова, Е.Ю. Фитосанитарные технологии растениеводства в обеспечении устойчивого развития АПК Сибири / Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, Г.Я. Стецов // Вестн. НГАУ. – 2008. – №7. – С. 26-28.
- 184.Торопова, Е.Ю. Влияние основной обработки почвы и предшественников на развитие корневых гнилей яровой пшеницы в лесостепи Новосибирской области / Е.Ю. Торопова, М.П. Иванова // Вестник НГАУ. – 2010. – № 13(1). – С. 12-15.
- 185.Торопова, Е.А. Оценка банка семян сорных растений в почве по разным предшественникам и в период уборки урожая яровой пшеницы / Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, Г.Я. Стецов [и др.] // Вестн. НГАУ. – 2010. – № 2 (14). – С. 18-20.
- 186.Торопова, Е.Ю. Влияние способов обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов / Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, Г.Я. Стецов // Защита и карантин растений. – 2010 а. – №1. – С.26-27.
- 187.Торопова, Е.Ю. Эпифитотология / Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, В.А. Чулкина; под ред. акад. РАСХН А.А. Жученко и академика МАНЭБ, проф. В.А. Чулкиной. – Новосибирск, 2011. – 711 с.
- 188.Торопова, Е.Ю. Фитосанитарные последствия приемов обработки почвы в лесостепи Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, М.П. Селюк, Л.В. Юшкевич [и др.] // Вестн. БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2012. – № 3(28).– С. 86-91.
- 189.Торопова, Е.Ю. Агротехнический метод защиты растений в ресурсосберегающих технологиях Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, А.Ф. Захаров, М.П. Селюк // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2013. – С. 29-33.
- 190.Торопова, Е.Ю. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье / Е.Ю. Торопова, О.А. Казакова, И.Г. Воробьева [и др.] // Защита и карантин растений. – 2013 а. – № 9. – С. 23-26.
- 191.Торопова, Е.Ю. Динамика развития корневой гнили яровой пшеницы, возделываемой по технологии No-till / Е.Ю. Торопова, М.П. Селюк //

- Корневые гнили сельскохозяйственных культур: биология, вредоносность, системы защиты: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2014. – С. 87-90.
- 192.Торопова, Е.Ю. Влияние состава агроценоза на развитие корневой гнили яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, Е.Б. Глазунова // Вестн. Алт. ГАУ. – 2014. – № 4(114). – С. 38-42.
- 193.Торопова, Е.Ю. Индукция супрессивности почвы – важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций / Е.Ю. Торопова, М.С. Соколов, А.П. Глинушкин // Агрехимия. – 2016 а. – № 8. – С. 44-55.
- 194.Торопова, Е.Ю. Роль климатических факторов в развитии почвенных инфекций / Е.Ю. Торопова, А.П. Глинушкин, М.П. Селюк // Защита зерновых культур от болезней, вредителей и сорняков: достижения и проблемы: материалы междунар. науч.-практ. конф. с элементами науч. школы для молодых ученых, аспирантов и студентов. – Большие Вяземы, 2016 б. – С. 329-337.
- 195.Торопова, Е.Ю. Факторы индукции супрессивности почвы / Е.Ю. Торопова, О.А. Казакова, М.П. Селюк, М.С. Соколов, А.П. Глинушкин // Агрехимия. – 2017. – № 4. – С. 58-71.
- 196.Тулайков, Н.М. Способы обработки почвы, посевов и ухода за растениями / Н.М. Тулайков // Борьба с засухой: материалы Всерос. конф. по борьбе с засухой. – М.; Л., 1932. – С.70-79.
- 197.Тупеневич, С.М. Корневая гниль и побурение зерна у пшеницы под влиянием *Helminthosporium sativum* Р.К. et В // Науч. тр. ВИЗР. – Л., 1948. – Вып. 1. – С. 3–31.
- 198.Турусов, В.И. Засоренность посевов в различных условиях агроландшафта / В.И. Турусов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная // Защита и карантин растений. – 2014. – № 4. – С. 15-17.
- 199.Ульянова, Т.Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств / Т.Н. Ульянова. – Барнаул: Азбука, 2005. – 295 с.

200. Фитопатологическая оценка почвозащитной технологии: метод. рекоменд. / Сост: В.А. Чулкина, Т.Т. Кузнецова, Т.Г. Крицкая [и др.]. – Сиб. отд-ние ВАСХНИЛ, 1983. – 25 с.
201. Хацкевич, Л.К. Корневые гнили яровой пшеницы в чулымо-енисейской лесостепи Красноярского края / Л.К. Хацкевич, А.А. Бенкен, В.И. Мудров // Корневые гнили зерновых культур. – 1977. – Вып. 56. – С. 21-30.
202. Холмов, В.Г. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
203. Хохряков, М.К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / М.К. Хохряков. – Л., 1974. – 69 с.
204. Чулкина, В.А. Влияние «черноты зародыша» на посевные качества ячменя в Горном Алтае / В.А. Чулкина // Микология и фитопатология. – 1970. – Т. 4. – Вып. 5. – С. 435–440.
205. Чулкина, В.А. Влияние гельминтоспориозной гнили на реализацию потенциальной продуктивности яровой пшеницы / В.А. Чулкина // Микология и фитопатология. – 1975. – Т. 9. – Вып. 6. – С. 513–518.
206. Чулкина, В.А. Развитие обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы при минимальной обработке почвы в системе почвозащитного земледелия южной лесостепи Западной Сибири / В.А. Чулкина, В.И. Крицкая, В.Г. Холмов // Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в Сибири и на Дальнем Востоке. – Новосибирск, 1982. – С. 3-24.
207. Чулкина, В.А. Корневые гнили хлебных злаков в Сибири / В.А. Чулкина; отв. ред. Р. Б. Кондратьев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. – 322 с.
208. Чулкина, В.А. Современные экологически безопасные системы фитосанитарной оптимизации растениеводства в Сибири (теория, методология, практика) / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, В.М. Медведчиков [и др.]. – Новосибирск, 2003. – 116 с.
209. Чулкина, В.А. Корневые гнили / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова // Защита и карантин растений. – 2004. – № 2. – С. 16-18.

- 210.Чулкина, В.А. Агротехнический метод – фундаментальная основа фитосанитарных мероприятия / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов [и др.] // Защита и карантин растений. – 2004. – № 5. – С. 18-24.
- 211.Чулкина, В.А. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов; Под ред. М.С. Соколова и В.А. Чулкиной. – М.: Колос, 2009. – 670 с.
- 212.Чумаков, А.Е. Корневая гниль яровой пшеницы и использование биотического фактора в борьбе с возбудителем заболевания *Helminthosporium sativum*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / А.Е. Чумаков. – Л.: ВИР, 1946. – 19 с.
- 213.Шабаев, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев. – Саратов, 2003. – 284 с.
- 214.Шевченко, Ф.П. Корневые гнили и фузариозы Алтайского края / Ф.П. Шевченко // Тр. Алтайской станции защиты растений. – Барнаул, 1949. – № 1. – С.155–171.
- 215.Шевченко, Ф.П. Рекомендации по защите пшеницы от корневой гнили в Алтайском крае / Ф.П. Шевченко, П.Г. Алиновский. – Барнаул, 1971. – 36 с.
- 216.Шешегова, Т.А. Зависимость развития корневой гнили зерновых культур от погодных условий и сорта / Т.А. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Защита и карантин растений. – 2016. – № 10. – С. 17-20.
- 217.Шиятый, Е.И. Системное ведение земледелия на ландшафтной основе / Е.И. Шиятый. – Челябинск, 2008. – 343с.
- 218.Шпаар, Д. Защита растений в устойчивых системах землепользования / Д. Шпаар, У. Бурт, Т. Ветцел [и др.]. – Торжок: Вариант, 2003. – Кн. 1. – 392 с.
- 219.Шпаар, Д. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование) /Д. Шпарр. – М.: ДЛВ Агродело, 2008. – Т. 1. – 656 с.
- 220.Шпанев, А.М. Защита яровой пшеницы на северо-западе Нечерноземья / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиев, Н.Р. Гончаров [и др.] // Защита и карантин растений. – 2015. – № 6. – С. 14-17.

- 221.Щекочихина, Р.И. Биоэкологическое обоснование зон вредоносности гельминтоспориозной корневой гнили пшеницы в СССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Раиса Ивановна Щекочихина. – Л.: ВИЗР, 1978. – 22 с.
- 222.Юшкевич, Л.В. Совершенствование технологии возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Н.И. Егорова [и др.] // Земледелие. – 2013. – № 2. – С. 26-28.
- 223.Bacon, C.W. Endophytic Root Colonization by Fusarium species: History, Plant Interactions, and Toxicity / C.W. Bacon, I.E. Yates // Microbial Root Endophytes: Soil Biology. – 2006. – Vol. 9. – P. 133-152.
- 224.Bailey, K.L. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments / K.L. Bailey, G. Lazarovits // Soil & Tillage Research. – 2003. – Т. 72, N. 2. – С. 169-180.
- 225.Barbery, P. Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition / P. Barbery, L.O. Cascio // Weed research. – 2001. – Т.41, – N 4. – P. 325-340.
- 226.Bashyal, B.M. Association of melanin content with conidiogenesis in *Bipolaris sorokiniana* of barley (*Hordeum vulgare* L.) / B.M. Bashyal, Ramesh Chand, Chanda Kushwaha [et al.] // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 26, Iss. 2. – P. 309-316.
- 227.Benech-Arnold R.L. Environmental control of dormancy in weed seed banks / R.L. Benech-Arnold, R. Sánchez, F. Forcella, B.C. Kruk, C.M. Ghersa // Field Crops Research – 2000. – N. 67. – P. 105-122.
- 228.Bernhoft, P. Fusarium infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals / P. Bernhoft, E. Clasen, A.Kristoffersen [et al.] // Food Additives & Contaminants: Part A. – 2010. – Vol. 27. – N. 6. – P. 842-852.
- 229.Blackshaw, R.E. Tillage intensity affects weed communities in agroecosystems / R.E. Blackshaw // Invasive Plants: Ecological and Agricultural Aspects. – Switzerland: BurkhauserVerlag. – 2005. – P. 209-221.

230. Bottanico, A. Toxigenic *Fusarium* species and Mycotoxins Associated with Head Blight in Small-Grain Cereals in Europe / A. Bottanico, G. Perrone // *European Journal of Plant Pathology*. – 2002. – Vol. 108, N. 7. – P. 611-624.
231. Buyer, J.S. Soil and plant effects on microbial community structure / J.S. Buyer, D.P. Roberts, E. Russek-Cohen // *Canadian Journal of Microbiology*. – 2002. – N 48. – P.955-964.
232. Clements, D.R. Tillage effects on weed seed return and seed bank composition / D.R. Clements, D.L. Benoit, S.D. Murphy [et al.] // *Weed science*. – 1996. – Vol. 44. – P. 14-32.
233. Dal Bello, G.M. Antagonistic effect of soil rhizosphere microorganisms on *Bipolaris sorokiniana*, the causal agent of wheat seedling blight / G.M. Dal Bello, M.N. Sisterna, C.I. Monaco // *International Journal of Pest Management*. – 2003. – Vol. 49, Is. 4. – P.313-317.
234. Derpsch, R. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits / R. Derpsch, T. Friedrich, A. Kassam, [et al.] // *International Journal of Agriculture and Biology*. – 2010. – Vol. 3, N 1. – P. 1-25.
235. Dill-Macky, R. Effect of Previous Crop Residues and Tillage on *Fusarium* Head Blight of Wheat / R. Dill-Macky, R.K. Jones // *Plant Disease*. – 2000. – Vol. 84, N 1. – P. 71-76.
236. Dixon, G.R. Soil-borne Pathogens and Their Interactions with the Soil Environment / G.R. Dixon, E.L. Tilston // *Soil Microbiology and Sustainable Crop Production*. – 2010. – Vol. 14. – P. 167-203.
237. Fernando, W.G.D. Head blight gradients caused by *Gibberella zeae* from area sources of inoculum in wheat field plots / W.G.D. Fernando, T.C. Paulitz, W.L. Sea-man, P. Dutilleul et al. // *Phytopathology*. – 1997. – V. 87. – P. 414–421.
238. Fernandez, M.R. Fungal populations in roots and crowns of common and durum wheat in Saskatchewan / M.R. Fernandez, P.G. Jefferson // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2004. – Vol. 26. – P.325-334.
239. Fernandez, M.P. Impact of agronomic practices on populations of *Fusarium* and other fungi in cereal and noncereal crop residues on the Canadian Prairies / M.R.

- Fernandez, D. Huber, P. Basnyat, R.P. Zentner // Soil & Tillage Research - SOIL TILL RES. – 2008. – Vol. 100, N. 1. – P. 60-71.
240. Fernandez, M.P. Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian Prairies/ M.R. Fernandez, R.P. Zentner [et al.] // European Journal of Agronomy – EUR J AGRON. – 2009. – Vol. 31, N. 3. – P. 133-143.
241. Ferreira, A. Population dynamics of weeds in No-tillage and conventional crop systems / A. Ferreira, M. Lopes, A. Jakelaitis [et al.] // Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes. – 2005. – Vol.5. – P. 119-128.
242. Hajihassani, A. Interaction between *Heterodera filipjevi* and *Fusarium culmorum*, and between *Heterodera filipjevi* and *Bipolaris sorokiniana* in winter wheat / A. Hajihassani, Z.T. Maafi, A. Hosseininejad // Journal of Plant Diseases and Protection. – 2013. – T. 120, N. 2. – P. 77-84.
243. Johal, G.S. Glyphosate effects on diseases of plants / G.S. Johal, D.M. Huber // European Journal of Agronomy – EUR J AGRON. – 2009. – Vol. 31, N. 3. – P. 144-152.
244. Kassam, A. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake / A. Kassam, T. Friedrich, F. Shaxson, J. Pretty // International Journal of Agricultural Sustainability. – 2009. – № 7(4). – P. 292- 320.
245. Krupinsky, J.M. Managing plant disease risk in diversifield cropping systems / J.M. Krupinsky, K.L. Bailey, M.P. McMullen [et al.] // Agronomy Journal.– 2002. – Vol. 94. – P. 198-206.
246. Ledingham, R.J. A flotation method for obtaining spores of *Helminthosporium sativum* from soil / R.J. Ledingham, S.H.F. Chin // Can. J. Bot. – 1955. – Vol. 33, Is. 4. – P. 298-303.
247. Ludwig, R.A. The role of chemicals in the biological control of soil-borne plant pathogens / R.A. Ludwig // Ecology of soil-borne plant pathogens. – Los Angeles, 1965. – P. 471-475.

248. Mathienson, T. Effect of tillage on common root rot on wheat in Texas / J.T. Mathienson, S.M. Rush, L.E. Clark [et al.] // *Plant Diseases*. – 1990. – Vol. 74, N. 12. – P. 1006-1008.
249. Myriam, R. Survival of wheat pathogens in wheat and soybean residues under conservation tillage systems in southern and central Brazil / R. Myriam, J. Fernandes // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 1990. – Vol. 12, Is. 3. – P. 289-294.
250. Parikka, P. Expected shifts in *Fusarium* species' composition on cereal grain in Northern Europe due to climatic change / P. Parikka, K. Hakala, K. Tiilikkala // *Food AdditContam.* – 2012. – N. 29. – P. 1543-1555.
251. Pretty, J. Sustainable intensification in African agriculture / J. Pretty, C. Toulmin, S. Williams // *Int. Journal of Agric. Sust.* – 2011. – T. 9, N. 1. – P. 5-24.
252. Roslon, E. Crop and weed growth in a sequence of spring barley and winter wheat crops established together from a spring sowing (relay cropping) / E. Roslon, H. Fogelfors // *Journal of agronomy and crop science*. – 2003. – N 3, T. 189. – P. 185-190.
253. Schroeder, K.L. Root Diseases of Wheat and Barley During the Transition from Conventional Tillage to Direct Seeding / K.L. Schroeder, T.C. Paulitz // *Plant Disease*. – 2006. – P. 1247-1253.
254. Simmons, E.G. *Alternaria*. An Identification Manual / E.G. Simmons // Utrecht: CBS, 2007. – 775 p.
255. Stack, R.W. A comparison of the inoculum potential of ascospores and conidia of *Gibberella zeae* / R.W. Stack. – *Can. J. Plant Pathology*. – 1989. – V. 11. – P. 137–142.
256. Summerell, B.A. Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review / Brett A. Summerell, Matthew H. Laurence, Edward C.Y. Liew, John F. Leslie // *Fungal Diversity*. – 2010. – Vol. 44, Is. 1. – P. 3-13.
257. Toropova, E.Yu. Soil Infections of Grain Crops with the Use of The Resource-saving Technologies in Western Siberia, Russia / E.Yu. Toropova, A.A.

- Kirichenko, G.Ya. Stetsov [et al.] // *Biosciences Biotechnology Research Asia*, August. – 2015. – Vol. 12(2) – P. 1081-1093.
258. Verma, P.R. The epidemiology of common root rot in Manitou wheat: disease progression during the growing season / P.R. Verma, R.A. Morral, R.D. Tinline // *Canad. J. Plant. Sei.* – 1974. – Vol. 52, N. 7. – P. 1757-1764.
259. Xiangsheng, L. Application of rare earth phosphate fertilizer in western area of China / L. Xiangsheng, W. Jiachen, Y. Jun [et al.] // *Journal of Rare Earths.* – 2006. – T. 24, N. 1. – P. 423-426.
260. Wang, Y. Recent advances in soil seed bank research / Y. Wang, D. Lang, O. Toscio, Q. Zhou // *Сибирский экологический журнал.* – 2013. – N 5. – P. 389-394.
261. Wildermuth, G.B. Geographic distribution of common root rot and *Bipolaris sorokiniana* in Queensland wheat soils / G.B. Wildermuth // *Australian Journal of Experimental Agriculture.* – 1986. – Vol. 26, N. 5. – P. 601 – 606.
262. Wildermuth, G.B. Effect of cropping history on soil populations of *Bipolaris sorokiniana* and common root rot of wheat / G.B. Wildermuth, R.B. McNamara // *Australian Journal of Agricultural Research.* – 1991. – Vol. 42, N. 5. – P. 779-790.
263. Wilhelm, S. Analysis of biological balance in natural soil. Ecology of soil-borne plant pathogens / S. Wilhelm. – Los Angeles, 1965. – P. 509-518.