



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций



БОЛЕЗНИ ПШЕНИЦЫ

БОЛЕЗНИ ПШЕНИЦЫ

М. Койшыбаев

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО)

Анкара, 2018

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Мнения, выраженные в настоящем информационном продукте, являются мнениями автора (авторов) и не обязательно отражают точку зрения или политику ФАО.

ISBN 978-92-5-130142-5

© ФАО, 2018

ФАО приветствует использование, тиражирование и распространение материала, содержащегося в настоящем информационном продукте. Если не указано иное, этот материал разрешается копировать, скачивать и распечатывать для целей частного изучения, научных исследований и обучения, либо для использования в некоммерческих продуктах или услугах при условии, что ФАО будет надлежащим образом указана в качестве источника и обладателя авторского права, и что при этом никоим образом не предполагается, что ФАО одобряет мнения, продукты или услуги пользователей.

Для получения прав на перевод и адаптацию, а также на перепродажу и другие виды коммерческого использования, следует направить запрос по адресам: www.fao.org/contact-us/licence-request или copyright@fao.org.

Информационные продукты ФАО размещаются на веб-сайте ФАО (www.fao.org/publications); желающие приобрести информационные продукты ФАО могут обращаться по адресу: publications-sales@fao.org.

Фото на обложке: М. Койшыбаев, Х. Мумиджанов и Ф. Душенчили

Напечатано в Турции

Содержание

Предисловие	v
Аббревиатуры, определения и условные сокращения.....	vii
Краткая аннотация.....	ix
Введение	xi

I. Основные болезни пшеницы: Симптомы, биологические особенности возбудителей, распространение и вредоносность.....	3
1.1 Головневые болезни.....	3
1.2 Ржавчинные болезни	13
1.3 Мучнистая роса.....	38
1.4 Септориозные пятнистости.....	42
1.5 Гельминтоспориозные пятнистости листьев	50
1.6 Корневые гнили.....	55
1.7 Болезни зерна.....	65
1.8 Бактериальные, вирусные и нематодные болезни	74
II. Интегрированная защита пшеницы от основных болезней.....	85
2.1 Система защиты пшеницы от болезней с семенной инфекцией	88
2.1.1 Эффективность протравливания семян	90
2.1.2 Эффективность системных препаратов	92
2.1.3 Сроки обработки, глубина заделки протравленных семян и длительность их хранения	101
2.1.4 Экономическая эффективность обработки семян препаратами.....	104
2.1.5 Комбинированная обработка семян препаратами и микроэлементами, физиологически активными веществами.....	105
2.2 Система защиты пшеницы от корневых гнилей	110
2.2.1 Роль предшественников в севооборотах.....	111
2.2.2 Роль обработки почвы.....	120
2.2.3 Роль органо-минеральных удобрений, гербицидов и дополнительного влагонакопления.....	123
2.2.4 Роль сроков, норм высева семян и технологии возделывания пшеницы	129
2.2.5 Роль протравливания семян и биологических методов защиты растений.....	135
2.3 Система защиты пшеницы от болезней с воздушно-капельной или аэрогенной инфекцией	143
2.3.1 Эффективность агротехнологии возделывания.....	144
2.3.2 Эффективность химической защиты посевов пшеницы	155
2.3.3 Эффективность комплекса химических средств защиты растений при интенсивной технологии возделывания пшеницы.....	167

III. Прогноз развития наиболее опасных болезней	183
3.1 Прогноз бурой ржавчины и септориоза яровой пшеницы.....	187
3.2 Прогноз развития желтой ржавчины на озимой пшенице.....	201
3.3 Районирование территории республики по частоте эпифитотий листовой ржавчины и септориоза	207
3.4 Прогноз потерь урожая пшеницы от болезней и определение целесообразности обработки посевов фунгицидами.....	213
3.5 Прогноз видов головни пшеницы и других болезней	223
IV. Основные методы мониторинга болезней.....	229
4.1 Мониторинг болезней с воздушно-капельной инфекцией	231
4.2 Виды головни, корневые гнили и другие болезни	236
4.3 Методы фитозэкспертизы семян, экономические пороги их зараженности.....	240
V. Селекция пшеницы на устойчивость к видам ржавчины, септориозу и другим болезням.....	249
5.1 Проблемы и стратегия селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине.....	249
5.2 Желтая ржавчина	260
5.3 Листовая или бурая ржавчина	266
5.4 Стеблевая ржавчина	278
5.5 Септориоз – <i>Stagonospora nodorum</i> и <i>Septoria tritici</i>	285
5.6 Желтая пятнистость (пиренофороз).....	289
5.7 Мучнистая роса, головня и корневые гнили.....	293
5.8 Групповая устойчивость сортов пшеницы к болезням с воздушно-капельной инфекцией.....	296
5.9 Определение выносливости сорта к болезням и наследование признака устойчивости в потомстве.....	302
VI. Методы создания провокационных и искусственных инфекционных фонов	309
6.1 Виды ржавчины.....	309
6.2 Септориоз и желтая пятнистость.....	316
6.3 Мучнистая роса и головневые болезни	322
6.4 Гельминтоспориозная корневая гниль.....	325
Библиографический список.....	329

Предисловие

Уважаемые коллеги!

Мы живем в эпоху, когда изобилие продуктов питания и сельскохозяйственной продукции принимается как нечто обычное и даже, в большей степени, должное. Несмотря на неуклонный рост населения, работники сельского хозяйства, прикладывая максимум усилий для того, чтобы произвести достаточное количество продукции, чтобы обеспечить растущие потребности в продовольствии. Тем не менее вопросы продовольственной безопасности все еще остаются очень важными и не должны позволять нам ослаблять нашу работу и усилия.

Одну из основных угроз продовольственной безопасности представляют болезни и вредители сельскохозяйственных культур в том числе. В том числе и для пшеницы, которая обеспечивает 20% всех потребляемых в мире калорий – болезни играют несомненно важную роль.

В последнее время, в связи с существующими системами земледелия, многообразием сортов и последствиями изменения климата, нагрузка от болезней на пшеницу все больше возрастает.

Несмотря на масштабные усилия всех ученых, до сих пор не совсем понятными и изученными остаются многие патогены. Все знают историю стеблевой ржавчины *Yg 99* и благодаря глобальным усилиям, казалось бы, проблема была решена.

Тем не менее в 2016 году произошла эпифитотия стеблевой ржавчины в Сицилии, а в 2017 году в Швеции. На севере Казахстана и в Западной Сибири эта болезнь унесла миллионы тонн зерна в 2016 и 2017 годах. Эти потери вызваны не *Yg 99*, а другими расами, происхождение и характеристики которых пока не ясны. Из чего следует, что необходимо быть постоянно мобилизованными и готовыми к отпору многообразия.

Исходя из вышеуказанных проблем книга М.К. Койшыбаева представляет собой ценное пособие, как для ученых, так и для практикующих фермеров, занимающихся выращиванием пшеницы, которое поможет найти ответы на возникающие вопросы и, возможно даже, предоставит новую информацию. Книга охватывает большинство

вопросов, связанных с болезнями пшеницы, ответы на которые базируются на результатах собственного опыта и наблюдений автора.

Особо хотелось бы отметить заслуги самого автора книги. Нам посчастливилось сотрудничать и общаться с Профессором Койшыбаевым последние 20 лет. В первую очередь нам всегда импонировала его целеустремленность и работоспособность. Мы всегда восхищались его активностью и результативностью. Он относится к тем людям, которые считают своим долгом работать и приносить пользу обществу. Эта книга в какой то степени передача эстафеты молодому поколению. Мы уверены, что каждый, кто откроет и прочтет эту книгу внесет свой вклад в сохранение урожая и повышения продовольственной безопасности на благо своим народам.

Хафиз Муминджанов,

Специалист по растениеводству и защите растений, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО)

Алексей Моргунов,

Руководитель программы улучшения озимой пшеницы, Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы (СИММИТ)

Аббревиатуры, определения и условные сокращения

ВИР	Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова
ВИЗР	Всероссийский НИИ защиты растений
гтк	гидротермический коэффициент
гг.	год, годы
д.в.	действующее вещество пестицида
ИКАРДА	Международный научно-исследовательский центр засушливого (сухого) земледелия
КазНИИЗКР	Казахский НИИ защиты и карантина растений
КазНИИЗиР	Казахский НИИ земледелия и растениеводства
КАСИБ	Казахстано-сибирская сеть по селекции яровой пшеницы
к.с.	концентрат суспензии
к.э.	концентрат эмульсии
кпп	культура после пара
млн.	миллион
млрд.	миллиард
НИИ	Научно-исследовательский институт
НИИСХ	Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
НПЦЗХ	Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева
ПМПЛА	Питомник мягкой пшеницы Латинской Америки
РФ	Российская Федерация
РК	Республика Казахстан
СХОС	Сельскохозяйственная опытная станция
СП	Селекционный питомник
СибНИИСХ	Сибирский НИИ сельского хозяйства
син.	синоним
сут.	сутки (суток)

СИММИТ	Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы
т/га	тонна на 1 гектар
с.п.	смачивающий порошок
хсзр	химические средства защиты растений
ямп	яровая мягкая пшеница
ц/га	центнер с 1 гектара
ч.	час (часов)
ФАО (FAO)	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
ФАО-СЕК	Субрегиональное отделение ФАО по Центральной Азии
Bt	<i>Bunt</i> , гены устойчивости пшеницы к твердой головне
Lr	<i>Leaf Rust</i> , изогенные линии сорта Thatcher
Sr	<i>Stem Rust</i> , сорта с известными генами
RDCB	<i>Root disease Crossing Block</i> , питомник устойчивых к корневой гнили и гельминтоспориозному ожогу гермаплазм пшеницы
TSRM	<i>Tan spot resistances material</i> , питомник сортов и образцов устойчивых к желтой пятнистости листьев
Septon	Питомник устойчивых к септориозу сортов и образцов пшеницы
Stb	<i>Septoria tritici blotch</i> , линии идентифицированные генами устойчивости к септориозу
Sr	<i>Stem Rust</i> , сорта пшеницы, имеющие идентифицированные к стеблевой ржавчине гены устойчивости
Sp. f.	Специализированная форма гриба

Краткая аннотация

В книге изложены результаты исследований автора по болезням пшеницы, выполненные в период 1976-2016 гг. в разных регионах Казахстана, в том числе в северном – основной зоне производства товарного зерна, а также обобщены результаты отечественных и зарубежных ученых, более детально российских. В первой главе книги приводятся сведения о видовом составе болезней, симптомах проявления, особенности их распространение и вредоносность в Казахстане, Российской Федерации и в республиках Центральной Азии. После приобретения республикой суверенитета ученый работал в тесном сотрудничестве со многими зарубежными фирмами по производству пестицидов и апробировал большой набор препаратов для обработки семян зерновых культур и фунгицидов, применяемых в период вегетации, в том числе нового поколения. Результаты этих исследований обобщены в второй главе монографии. Автор на основе многолетних исследований разработал прогноз развития листовой ржавчины и септориоза на яровой пшенице, возможных потерь урожая в зависимости от погодных условий, сроков и интенсивности их развития в северном регионе; желтой ржавчины – на озимой пшенице, которые изложены в третьей главе монографии.

Автор монографии более 25 лет работал в тесном сотрудничестве с международными центрами СИММИТ и ИКАРДА, участвовал во многих экспедициях, организованных при поддержке ФАО для анализа фитосанитарного состояния посевов пшеницы по Центральной Азии и Северному Казахстану. Он принимал активное участие в иммунологической оценке гермаплазм пшеницы, представленных СИММИТ из Мексики, Турции и других стран, питомников пшеницы с Yr, Lr и Sr генами в южном, юго-восточном и северном регионах Казахстана. Совместно с селекционерами Казахстана, Западной Сибири, Алтайского края и Южного Урала Российской Федерации участвовал в программе КАСИБ – по селекции яровой мягкой пшеницы. В одной из глав монографии детально анализируются достижения ученых зарубежных стран по селекции яровой пшеницы на устойчивость к видам ржавчины, особенно к желтой и стеблевой, патотипном составе их возбудителей, эффективных генах, источниках и донорах устойчивости.

Монография предназначена для научных работников и магистрантов, докторантов по специальностям защита растений и селекция.

Она имеет практическую ценность и для фермеров, крупных товаропроизводителей, работников службы защиты растений. В ней детально изложены основные методы интегрированной защиты пшеницы от основных болезней, методы их мониторинга, прогноза, создание инфекционного и провокационного фонов для оценки селекционного материала. Книга иллюстрирована цветными фотографиями, графиками, диаграммами, выполненными автором и коллегами, кому выразется огромная благодарность.

Введение

Более 8 000 лет назад виды *Triticum* и *Hordeum* стали основными источниками энергии для населения Малой Азии, которые стали вести оседлый образ жизни. Пшеница относится к одним из первых окультуренных растений и является основной продовольственной культурой для населения всей планеты. Зерно её используется для приготовления муки, выпечки хлеба и получения макарон. В 1971 году пшеницу выращивали на площади 210,3 млн. га, средняя её урожайность составляла 14,8 ц/га и увеличилась на 2,7 ц/га по сравнению с 1961-1965 гг. (Лелли, 1980).

Основная родина пшеницы – Передняя Азия с примыкающими к ней районами, где до сих пор в большом количестве встречаются дикие двузернянки и однозернянки, сосредоточено максимальное разнообразие культурных её видов. Из этой начальной территории пшеница постепенно расселилась по всем континентам планеты, дифференцируясь соответственно на различные экотипы. С пшеницей проведена большая селекционная работа, как путем индивидуального отбора из местных и иноземных популяций, так и применением гибридизации. Такие страны, как Канада, Аргентина, Австралия и большое число государств Западной Европы преимущественно возделывают гибридные её сорта (Вавилов, 1967).

По оценке экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), общим показателем национальной безопасности любой страны служит производство зерна, в развитых странах этот показатель составляет 900-1 000 кг на 1 человека. Согласно данным ФАО, в 2014 году мировое производство пшеницы составляло 729 млн. тонн, к 2024 году будет увеличено до 788 млн. тонн. Основные лидеры по её производству: Китай – 17,7%, Индия – 11,8%, США и Россия – 8,3%, которые заготовили в 2013 г. – 121,7; 93,5; 57,9 и 52,1 млн. тонн зерна соответственно. Ключевыми экспортерами зерна являются США – 32,8 млн. тонн, Франция – 20,3 млн. тонн, Австралия – 17,7 млн. тонн, Канада – 16,3 млн. тонн, и Россия – 15,2 млн. тонн.

Еще в 30-годы прошлого столетия академик Н.И. Вавилов (1967) указывал, что современное требование к пшенице очень велико. Огромный исторический период, пройденный культурой, все растущая её значимость в питании населения земного шара, все большие и большие требования мирового рынка к качеству зерна ставят новые задачи перед селекционерами.

Как указывает S. Rajaram (2003), в связи с ростом населения земного шара в 2020 году потребуется производить до 1 050 млн. тонн зерна пшеницы, т.е. её валовый сбор ежегодно нужно увеличивать от 1,6 до 2,6%, средняя её урожайность должна повыситься с 2,5 до 3,8 т/га. В развитых странах постепенно снижается её потребление, в развивающихся, с высокой плотностью населения ощущается дефицит. Если в США в 1985 году производилось 65,9 млн. тонн зерна, то в результате диверсификации растениеводства в 2013 г. объем ее производства снижен до 57,7 млн. тонн. Посевная площадь пшеницы в этой стране в 2002 г. составляла 18,6 млн. га, урожайность 2,4 т/га, общая стоимость произведенной продукции 5 863 млн. USD (Campbell, 2003). В США, Италии, Канаде и Франции в последние годы большое внимание уделяется возделыванию для макаронной промышленности твердых сортов пшеницы, в США площади их увеличены до 1,3-1,4 млн. га, в других странах – 0,5-0,6 млн. га.

После освоения целинных и залежных земель Казахстан стал крупным производителем высококачественного зерна пшеницы. В последние годы посевные площади пшеницы стабилизировались в пределах 11-12 млн. га, республика ежегодно производит от 11-12 до 25-26 млн. тонн, экспортирует от 5 до 10 млн. тонн зерна. В период 2010-2016 гг. средняя урожайность зерновых культур в зависимости от погодных условий варьировала от 8,0 до 16,9 ц/га. В наиболее благоприятном для вегетации зерновых культур 2011 году она составила 16,9 ц/га, было произведено 26,6 млн. тонн зерна. В южном и юго-восточном регионах сеют в основном озимую пшеницу в условиях орошения и богары, в северном – яровую пшеницу.

78% посевов зерновых культур сосредоточено в Северном Казахстане, в том числе, 86% яровой пшеницы, в 2005 г. в структуре посевов на их долю приходилось 86%, кормовых – 12,3%, масличных и зернобобовых – 1,5%. Одним из путей совершенствования почвозащитной системы земледелия является диверсификация растениеводства. При ограниченных количествах осадков, и нестабильных ценах на зерно пшеницы, для устойчивого развития сельскохозяйственного производства перспективным является возделывание альтернативных культур, в частности, бобовых, крупяных и масличных. В последние годы в Канаде значительно увеличены посевные площади овса в связи с потребностью населения в диетических продуктах. В Турции до недавнего времени неизвестна была

чечевица, сегодня невозможно представить кухню без этой культуры (Каскарбаев, 2006; 2008). Бобовые культуры и овес являются прекрасными фитосанитарными предшественниками пшеницы в плодосменных севооборотах, регулирующих динамику развития болезней, инфекция которых сохраняется на стерневых остатках пшеницы и в почве (Койшыбаев, 2007, 2012).

Узбекистан после приобретения суверенитета для обеспечения продовольственной безопасности страны увеличил посевные площади пшеницы до 1,4 млн. га, в том числе, более 1 млн. га в условиях орошения, средняя её урожайность составляет 4-5 тонн с гектара, в 2012 г. производил 6,5 млн. тонн зерна. В Таджикистане посевные площади зерновых культур составляют 300-350 тыс. га, средняя урожайность от 1,9 до 2,5 т/га, а в Кыргызской Республике 300 тыс. га и 2,4 т/га (Уразалиев, 2003).

В период 1980-2015 гг. Казахским НИИ растениеводства и земледелия и другими НИИ республики созданы более 20 сортов озимой пшеницы, в том числе интенсивного и полуинтенсивного типа: Дербес, Наз, Егемен, Раусин, Сапалы, Алмалы, Карасай, Алатау и другие. В сорте Карасай интегрированы два очень важных показателя: высокая продуктивность и качество зерна, урожайность его на поливе достигала 9,4, а на богаре – 5,8 т/га, содержание клейковины – 35,4%. В местном селекционном материале выделены длинноколосые сорта – доноры Аруана, Карлыгаш, Ботакос и др., где количество зерен в колосе достигало 45-50 (Уразалиев, Есимбекова, 2016).

За годы многолетней работы в бывшем Всесоюзном НИИ зернового хозяйства (ныне НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева) созданы 74 сорта яровой мягкой и 15 сортов твердой пшеницы. При этом основное внимание уделялось на продуктивность, пластичность, качество зерна сортов и устойчивость их к пыльной головне и стеблевой ржавчине. На основе использования биотехнологических, биофизических и биохимических методов разработаны схемы ускоренной селекции; оценки на засухоустойчивость, приемы отбора генотипов на продуктивность в условиях искусственного климата, а так же белковых маркеров в селекционном процессе (Каскарбаев, 2016).

Ученые международного центра СИММИТ считают, что Северный Казахстан и Западная Сибирь играют огромную роль в обеспечении

продовольственной безопасности населения Евразийского континента. Еще Н.И. Вавилов (1967) указывал, что высококачественное зерно получается в юго-восточной части Поволжья и в степной зоне Западной Сибири Российской Федерации, западном и северном регионах Казахстана. В этом регионе яровую пшеницу возделывают на площади около 20 млн. га в условиях естественного увлажнения, и она часто подвергается абиотическим стрессам в период вегетации, в частности, дефициту осадков, сопровождаемых высокой температурой. Для повышения её урожайности, устойчивости к засухе и болезням необходимо перевести селекцию на качественно новый уровень, шире используя методы биотехнологии. При изменении климата смягчение стрессовых факторов должно стать составной частью национальной политики, базисом устойчивого развития страны и региона (Браун, Моргунов, Карабаев, 2014). Агроклиматический потенциал Сибири составляет 0,56-0,58, в этом регионе производится около 20% зерна от валового его сбора по России, урожайность пшеницы в среднем составляет 18-20 ц/га, в неблагоприятные годы – 14-15 ц/га, потенциал сортов реализуется на уровне 30-40%, только в отдельные годы – 50% (Гончаров, 2005).

Качество зерна яровой пшеницы зависит от технологии её возделывания, погодных условий вегетационного периода, места культуры в севообороте. В засушливые годы формируется зерно высокого качества с высоким содержанием клейковины, особенно при её возделывании по паровому предшественнику и внесении азотных удобрений по стерневым. В годы с повышенным количеством осадков и высокой урожайностью происходит снижение качества зерна в результате эффекта разбавления. В такие годы, сопровождаемые высокой относительной влажностью и низкой температурой воздуха происходит распространение болезней с воздушно-капельной инфекцией, в частности, листовой ржавчины и септориоза (Акшалов, 2013).

Широкое внедрение нулевой или минимальной технологий возделывания полевых культур в регионах, подверженных ветровой и водной эрозии, способствует усилению интенсивности развития и вредоносности септориоза и желтой пятнистости (пиренофороз), инфекция которых сохраняется на пожнивных остатках пшеницы. В период 2000-2015 гг. эпифитотийное развитие листовой ржавчины в отдельности или совместно с септориозом происходило 8 раз, при раннем их проявлении и сильном развитии, урожай яровой пше-

ницы снижается до 20-30%. Для предотвращения больших потерь зерна проводится обработка её посевов фунгицидами, что требует дополнительных затрат. В результате не только снижается урожай яровой пшеницы, но и технологические качества зерна (Койшыбаев, 2010; 2012; 2014).

В южном и юго-восточном регионах Казахстана, Кыргызской Республике, Узбекистане и Таджикистане наиболее опасной болезнью озимой пшеницы является желтая ржавчина, которая в годы эпифитотийного развития снижает урожай до 30-40% и более. В последние годы в Центральной Азии на этой культуре наблюдается широкое распространение и усиление вредоносности желтой пятнистости листьев или пиренофороза и септориоза, что в основном обусловлено бессменными посевами, отсутствием севооборотов из-за ограниченности пахотных земель (Хасанов, 1988; Постникова, 1999; Койшыбаев, 2012).

В монографии обобщены результаты многолетних исследований автора по болезням пшеницы, выполненных в различных регионах Казахстана совместно с международными центрами СИММИТ и ИКАРДА, а также ученых республик Центральной Азии и приграничных регионов Российской Федерации, имеющих сходные почвенно-климатические условия. В ней приводятся подробные сведения о видовом составе, распространении и развитии болезней, биологических особенностях их возбудителей, эффективности агротехнических и химических приемов защиты посевов. Большое внимание уделено селекции яровой пшеницы, иммунологической оценке сортов, коллекционных образцов и изогенных линий пшеницы из международных питомников к видам ржавчины, септориозу и др.; предложены источники и доноры для её селекции на комплексную устойчивость к болезням с воздушно-капельной инфекцией с учетом патотипного состава популяций их возбудителей.

Рисунки

1. Колосья пшеницы, пораженные твердой головней, телиоспоры гриба <i>Tilletia caries</i>	6
2. Прорастание телиоспор у головневых грибов: семейства <i>Ustilaginiaceae</i> , <i>Tilletiaceae</i>	8
3. Пыльная головня пшеницы, телиоспоры <i>Ustilago tritici</i> (Pers.) Yensen	10
4. Карнальская головня пшеницы, телиоспоры <i>T. indica</i>	12
5. Стеблевая ржавчина пшеницы и её телиоспоры	16
6. Листовая ржавчина пшеницы, урединиоспоры гриба <i>P. recondita</i>	24
7. Листья пшеницы, пораженные желтой ржавчиной и урединиоспоры <i>P. glumarum</i>	33
8. Листья и колос пшеницы, пораженные мучнистой росой, клейстотеции гриба	39
9. Листья и колосья пшеницы, пораженные септориозом, возбудители <i>S. tritici</i> и <i>S. nodorum</i>	43
10. Листья пшеницы пораженные желтой пятнистостью; конидиальная и сумчатая стадия возбудителя болезни	51
11. Гельминтоспориозная (обыкновенная), гельминтоспориозно-фузариозная гнили и ее возбудитель	56
12. Влияние температуры на рост гриба <i>Bipolaris sorokiniana</i> в условиях <i>in vitro</i>	57
13. Конидии <i>Altrnaria tenues</i> и <i>Bipolaris sorokiniana</i>	70
14. Колосья озимой ржи, пораженные спорыньей	73
15. Листья пшеницы, пораженные полосчатым бактериозом	76
16. Листья пшеницы, пораженные мозаикой	79
17. Элементы интегрированного растениеводства	86
18. Модель интегрированной защиты пшеницы от комплекса болезней	89
19. Влияние протравливания семян пшеницы Витаваксом и Раксилон на их всхожесть и плесневение, пораженность всходов корневой гнилью	103
20. Влияние супергумата на пораженность пшеницы корневой гнилью	109
21. Влияние микроэлементов на пораженность пшеницы корневой гнилью в фазу кущения	109
22. Влияние предшественников на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью в севообороте и при её бессменном возделывании и зараженность почвы инфекционными зачатками гриба <i>B. sorokiniana</i>	116
23. Распространение корневой гнили на яровой пшенице в зернопаровом севообороте при возделывании по пару и второй культуре	119
24. Влияние обработки семян КФ ЦБ на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью	142
25. Особенности развития листовой ржавчины на озимой и яровой пшенице на опытном поле Костанайского НИИСХ	145
26. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы в зернопаровом севообороте на динамику пораженности листьев септориозом	154

27.	Влияние технологии возделывания яровой пшеницы в плодосменном севообороте на динамику пораженности листьев септориозом.....	154
28.	Оптимальные сроки обработки пшеницы фунгицидами	167
29.	Зависимость развития бурой ржавчины и септориоза в северном регионе от погодных условий вегетационного периода яровой пшеницы...	193
30.	Динамика развития желтой ржавчины на озимой пшенице в южном и юго-восточном регионах Казахстана в 2002 году	204
31.	Динамика желтой ржавчины на озимой пшенице в предгорной зоне Алматинской области в зависимости от суммы осадков	204
32.	Атлас районирования территории Казахстана по риску бурой и желтой ржавчины.....	209
33.	Среднесуточная температура в период вегетации пшеницы на севере Костанайской области в 2012-2014 г.....	212
34.	Сумма выпавших осадков в период вегетации пшеницы	212
35.	Маршруты мониторинга фитосанитарного состояния посевов пшеницы в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях в 2014 г.....	213
36.	Динамика развития листовой ржавчины на яровой пшенице в северном и восточном регионах Казахстана в 2000 г.....	215
37.	Динамика развития листовой и стеблевой ржавчины, септориоза на яровой пшенице	215
38.	Определение целесообразности обработки посевов пшеницы фунгицидами для защиты от болезней с воздушно-капельной инфекцией.....	220
39.	Мониторинг болезней пшеницы в зависимости от фазы развития и химические мероприятия проводимые для защиты её посевов.....	230
40.	Шкалы для оценки степени пораженности листьев пшеницы ржавчиной: Русакова – бурой ржавчины, Маннерса – желтой ржавчины	233
41.	Модифицированная Коббом шкала Петерсона для оценки степени пораженности листовой и стеблевой ржавчиной.....	233
42.	Флюгер для улавливания спор ржавчины в воздухе.....	235
43.	Прибор для учета спор ржавчины в дождевой воде.....	235
44.	Шкалы для оценки пораженности листьев и колоса пшеницы грибными пятнистостями.....	237
45.	Шкалы СИММИТ для оценки реакции и степени пораженности пшеницы видами ржавчины.....	237
46.	Шкала для оценки степени пораженности нижнего междоузлия пшеницы корневой гнилью	239
47.	Схема фитоэкспертизы семян пшеницы на зараженность грибной и бактериальной инфекцией	241
48.	Фитоэкспертиза семян пшеницы в стерильном песке и на фильтровальной бумаге для определения зараженности грибной инфекцией	243
49.	Проращивание семян на бумажных рулонах для установления пораженности их грибной и бактериальной инфекцией.....	244
50.	Колонии грибов <i>Bipolaris sorokiniana</i> , <i>A. tenuis</i> , <i>Fusarium spp</i> на искусственной питательной среде	244

51. Результаты оценки на инфекционном фоне питомника ПОЯМП к твердой головне и листовой ржавчине.....	295
52. Результаты оценки к твердой головне и листовой ржавчине питомника яровой пшеницы из стран Латинской Америки	295
53. Посевы пшеницы, прикрытые полиэтиленовой пленкой после инокуляции..	312
54. Пораженность пшеницы, листовой ржавчиной в лабораторных опытах; скрининг бензимидазольным методом	313
55. Определение устойчивости пшеницы к септориозу и желтой пятнистости на отрезках листьев бензимидазольным методом	319
56. Колония <i>Septoria tritici</i> на искусственной питательной среде	320
57. Колония <i>Drechslera tritici-repentis</i> на искусственной питательной среде	321
58. Шкала для определения степени пораженности листьев пшеницы мучнистой росой	323
59. Пораженность образцов пшеницы из питомника RDCB корневой гнилью; шкала СИММИТ для оценки степени пораженности всходов	326

Таблицы

1. Видовой состав болезней пшеницы и их возбудители, поражаемые ими органы	4
2. Степень пораженности стеблевой ржавчиной альтернативного хозяина, дикорастущих и культурных злаков (Акмолинская обл.)	18
3. Вредоносность стеблевой ржавчины на яровой пшенице (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.)	23
4. Вредоносность бурой ржавчины и септориоза в Северном Казахстане	31
5. Вредоносность ржавчины в зависимости от сортов и сроков посева яровой пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2005 г.)	32
6. Вредоносность септориоза и ржавчины на яровой пшенице в Северном Казахстане	49
7. Частота выделения дематиевых грибов из листьев яровой пшеницы в Казахстане и Западной Сибири.....	54
8. Частота выделения несовершенных грибов из листьев озимой пшеницы в южном Казахстане и Кыргызстане	55
9. Вредоносность корневой гнили на озимой пшенице (Алматинская обл., 1976-1980 гг.)	61
10. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в зернопаровом севообороте (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.)	62
11. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в степной зоне Костанайской области (1991-1993 гг.)	63
12. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в зависимости от технологии возделывания (НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева, 2001-2003 гг.)	64
13. Коэффициент вредоносности корневой гнили пшеницы	64
14. Влияние пораженности зерна «черным зародышем» на всхожесть семян пшеницы и пораженность всходов корневой гнилью	69
15. Эффективность препаратов против твердой головни и корневой гнили озимой пшеницы (Алматинская обл., 1978-1980 гг.)	93
16. Эффективность препаратов на озимой пшенице (Алматинская обл., 1994-1995 гг.)	94
17. Влияние препаратов на урожайность яровой пшеницы (Акмолинская обл., ОПХ КазНИИЗХ, 1996-2000 гг.)	95
18. Влияние обработки семян яровой пшеницы препаратами на массу 1 000 зерен и урожай (Костанайская обл., ТОО «Шеминовка», 1996-2000 гг.) ...	97
19. Эффективность препаратов из азоловой группы, против головни озимой пшеницы (Алматинская обл., 2003-2005 гг.)	97
20. Влияние препаратов на урожай яровой пшеницы и его структуру (опытное поле Восточно- Казахстанского НИИСХ, 1998-2000 гг.)	98
21. Эффективность препаратов против семенной и почвенной инфекции, влияние на урожай яровой пшеницы (ТОО «Шеминовка», 2001-2003 гг.)	98
22. Влияние препаратов на всхожесть семян яровой пшеницы, урожай и его структуру (Северо-Казахстанская СХОС, 2007 г.)	99
23. Список препаратов, рекомендованных для протравливания семян пшеницы в Казахстане, нормы их расхода и биологическая эффективность.....	100

24.	Всхожесть и плесневение семян яровой пшеницы при хранении	101
25.	Экономическая эффективность обработки семян яровой пшеницы (Акмолинская обл., 2000 г.).....	104
26.	Влияние обработки семян пшеницы супергуматом и микроэлементами на их всхожесть, плесневение, биомассу всходов и пораженность их корневой гнилью.....	107
27.	Влияние композиции микроэлементов и супергумата на всхожесть и плесневение семян пшеницы, биомассу всходов и пораженность их корневой гнилью.....	108
28.	Влияние супергумата и микроэлементов на урожай яровой пшеницы и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009 г.).....	108
29.	Пораженность озимой пшеницы корневой гнилью и инфицированность почвы её возбудителем в зависимости от предшественников в севооборотах и на бессменных посевах (Алматинская обл., 1976-1980 гг.)	114
30.	Влияние предшественников в севооборотах на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью (Алматинская обл., 1976-1981 гг.)	114
31.	Пораженность пшеницы корневой гнилью в 4-польных севооборотах и зараженность почвы её возбудителем (Торгайская СХОС, 1983-1985 гг.)	116
32.	Влияние предшественников в севооборотах на индексы корневой гнили и зараженность почвы её возбудителем (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.).....	118
33.	Пораженность озимой пшеницы корневой гнилью и зараженность почвы в зависимости от способа обработки (Алматинская обл., 1976-1980 гг.).....	121
34.	Разложение растительных остатков и зараженность почв возбудителем корневой гнили (Алматинская обл., 1976-1980 гг.).....	122
35.	Индексы корневой гнили на пшенице в зернопаровом севообороте и зараженность почвы её возбудителем в зависимости от фосфорного удобрения (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.).....	125
36.	Влияние минеральных удобрений на распространение и развитие корневой гнили пшеницы (Торгайская СХОС, 1982-1985 гг.)	126
37.	Влияние приемов влагонакопления и минеральных удобрений на пораженность пшеницы корневой гнилью в севооборотах.....	127
38.	Влияние удобрений и химвиспрополки посевов на пораженность пшеницы корневой гнилью (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.)	129
39.	Пораженность пшеницы корневой гнилью в зависимости от сроков и норм высева семян (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.).....	130
40.	Пораженность пшеницы корневой гнилью и пыльной головней в зависимости от сроков посева (Костанайский НИИСХ, 1992-1993 гг.)	130
41.	Влияние сроков посева семян пшеницы и предшественника на развитие корневой гнили и пыльной головки (КазНИИЗХ, 1996-1999 гг.)....	131
42.	Влияние технологии возделывания на развитие корневой гнили пшеницы и зараженность почвы её возбудителем	132
43.	Влияние технологии возделывания пшеницы на пораженность растений корневой гнилью и пятнистостями (Карабалыкская СХОС, 2008).....	133
44.	Влияние технологии возделывания пшеницы на индексы корневой гнили в зернопаровом севообороте (Карабалыкская СХОС, 2009-2010 гг.) ...	133

45.	Влияние технологии возделывания пшеницы на индексы корневой гнили в плодосменном севообороте (Карабалыкская СХОС, 2009 -2010 гг.)..	134
46.	Влияние обработки семян пшеницы новыми препаратами на их всхожесть, поражаемость корневой гнилью (Карабалыкская СХОС, 2010)	136
47.	Численность микроорганизмов в почвах в зависимости от предшественников в севооборотах (1988-1990 гг.)	138
48.	Влияние штаммов ЦЛБ на всхожесть и плесневение семян пшеницы, пораженность всходов корневой гнилью и их биомассу	141
49.	Влияние обработки семян культуральным фильтратом ЦЛБ на урожай яровой пшеницы и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009)	142
50.	Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на развитие болезней с воздушно-капельной инфекцией (Северо-Казахстанская СХОС)	147
51.	Влияние предшественников на развитие листовой ржавчины и септориоза на яровой пшенице (Костанайский НИИСХ, 1992-1993 гг.)	147
52.	Влияние удобрений на поражаемость пшеницы бурой ржавчиной (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ).....	149
53.	Пораженность пшеницы ржавчиной и септориозом в зависимости от сроков и норм посева семян (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.)	150
54.	Влияние сроков посева сортов яровой пшеницы на пораженность их стеблевой ржавчиной и урожайность	151
55.	Влияние технологии возделывания пшеницы на пораженность её болезнями в зернопаровом севообороте (Карабалыкская СХОС, 2007 г.)...	153
56.	Эффективность системных фунгицидов против ржавчины и септориоза яровой пшеницы (Северо-Казахстанская обл., 1986-1988 гг.) ...	158
57.	Эффективность фунгицидов против листовой ржавчины и септориоза пшеницы (ОПХ «Заречное», 1992–1994 гг.)	160
58.	Биологическая и хозяйственная эффективность обработки посевов яровой пшеницы фунгицидами (Омская 19, ТОО «Шеминовка»).....	161
59.	Эффективность обработки посевов озимой пшеницы фунгицидами (Алматинская обл., 2002 г. опытное поле КазНИИЗиР).....	162
60.	Эффективность обработки посевов сортов озимой пшеницы фунгицидом (опытное поле Каз НИИЗиР, 2003 г.).....	163
61.	Эффективность фунгицидов на озимой пшенице против болезней с листо-стеблевой инфекцией (Алматинская обл., 2004 г.).....	164
62.	Эффективность сроков и кратности обработок яровой пшеницы фунгицидами против болезней (ТОО «Шеминовка», 2003 г.)	165
63.	Эффективность фунгицида Фалькон в зависимости от сроков обработки посевов пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2005 г.)	165
64.	Эффективность обработки посевов яровой пшеницы фунгицидами (Северо-Казахстанская СХОС, 2004 г.)	166
65.	Влияние обработки сортов пшеницы фунгицидом на их урожай и его структуру (Северо-Казахстанская СХОС, 2006 г.).....	166
66.	Эффективность бинарных смесей фунгицидов с макро- микроудобрениями и инсектицидом.....	168
67.	Урожай пшеницы по пару в зернопаровом севообороте в зависимости от приемов дополнительного влагонакопления и средств химизации (Северо- Казахстанская СХОС, 1987-1990 гг.)	169

68. Урожайность пшеницы по кулисному пару на фоне применения удобрений и химических средств защиты растений (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ, 1992-1994 гг.).....	172
69. Урожай 4-й культуры пшеницы на фоне удобрений и химических средств защиты растений (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ)	173
70. Влияние удобрений и пестицидов на технологические качества зерна, хлебопекарные свойства муки пшеницы.....	174
71. Эффективность химических средств защиты растений на яровой пшенице (Костанайская обл., ТОО «Шеминовка», 1999 г.).....	175
72. Эффективность химических средств защиты растений на яровой пшенице в зависимости от предшественников (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.).....	177
73. Эффективность химических средств защиты растений при минимальной технологии возделывания яровой пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.)	178
74. Влияние обработки семян яровой пшеницы препаратами, посевов фунгицидами на урожай и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009 г.).....	179
75. Коэффициент корреляционной зависимости многолетней динамики распространение бурой ржавчины от погодных условий	190
76. Индексы корреляционной зависимости распространения септориоза от погодных условий в Северном Казахстане	192
77. Коэффициент корреляции и прогностические модели развития бурой ржавчины и септориоза	195
78. Репрезентативность прогностических моделей распространения и развития бурой ржавчины в Северном Казахстане	196
79. Репрезентативность прогностических моделей распространения и развития септориоза в Северном Казахстане	197
80. Зависимость динамики развития бурой ржавчины от качественных характеристик погоды вегетационного периода пшеницы.....	202
81. Основные параметры погоды, определяющие развитие бурой ржавчины и септориоза на яровой пшенице.....	203
82. Погодные условия и степень пораженности озимой пшеницы желтой ржавчиной в южном и юго-восточном регионах Казахстана.....	205
83. Коэффициент корреляционной зависимости пораженности озимой пшеницы желтой ржавчиной от погодных условий.....	206
84. Коэффициент корреляции и уравнения развития желтой ржавчины в Центральной Азии в зависимости от погодных условий.....	207
85. Факторы, лимитировавшие распространение и развитие видов ржавчины и септориоза в северном регионе Казахстана в период 2009-2013 гг.....	210
86. Показатели критической пораженности листьев болезнями для определения целесообразности обработки посевов фунгицидами	217
87. Статистические параметры зависимости потерь урожая яровой пшеницы от продолжительности развития бурой ржавчины и септориоза.....	218
88. Влияние сроков посева сортов яровой пшеницы на пораженность их стеблевой ржавчиной, массу 1 000 зерен и урожайность (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)	219
89. Оценка пораженности яровой пшеницы бурой ржавчиной для принятия решение целесообразности обработки посевов фунгицидом	221

90. Основные органы для учета болезней пшеницы с воздушно-капельной инфекцией	234
91. Критические параметры инфицированности семян и почвы возбудителями болезней	246
92. Тип инфекции (L, H) некоторых рас <i>P. recondita</i> f. sp. <i>tritici</i> на линиях пшеницы Thatcher (по Михайловой с соавт., 2003 г.)	259
93. Реакция изогенных линий сорта Thatcher с Lr генами на популяцию <i>Puccinia recondita</i> в различных зонах Казахстана	273
94. Устойчивость к листовой и желтой ржавчине сортов пшеницы, содержащих пирамиду Lr генов	278
95. Групповая устойчивость образцов пшеницы питомника Septon к видам ржавчины и септориозу (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)	287
96. Реакция генотипов пшеницы к патотипам <i>Mycosphaerella graminicola</i>	288
97. Пораженность линии пшеницы с Stb генами септориозом и видами ржавчины	289
98. Дифференциация рас <i>Phyrenophora tritici-repentis</i>	290
99. Пораженность сортов-дифференциаторов пшеницы желтой пятнистостью и видами ржавчины в Казахстане	291
100. Результаты скрининга гермоплазмы пшеницы из международных питомников (Карабалыкская СХОС, 2013-2014 гг.)	299
101. Пораженность сортообразцов пшеницы питомников ЯМП СИММИТ-2000 видами ржавчины и септориозом (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)	300
102. Сортообразцы пшеницы с Sr генами с групповой устойчивостью к листовой и стеблевой ржавчине, септориозу, высокой массой 1 000 зерен (Северо-Казахстанская СХОС, 2016)	301
103. Поражаемость видами ржавчины и септориозом, продуктивность селекционных линий пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2016)	302
104. Тип инфекции, реакция и характер поражения пшеницы ржавчиной	315

ГЛАВА I

© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Основные болезни пшеницы: симптомы,
биологические особенности возбудителей,
распространение и вредоносность**

ГЛАВА I

Основные болезни пшеницы: симптомы, биологические особенности возбудителей, распространение и вредоносность

По данным ученых международного центра СИММИТ на пшенице встречаются 25 грибных, 3 бактериальных, 1 вирусное, 3 нематодных, 4 физиолого-генетических болезней и 8 заболеваний, обусловленных недостатком минерального питания и другими абиотическими факторами. Видовой состав возбудителей болезней озимой и яровой пшеницы особо не различается, за исключением отдельных. Она поражается четырьмя видами головни, тремя ржавчинами, мучнистой росой, септориозом и гельминтоспориозными пятнистостями, корневыми гнилями. На этой культуре встречаются: бактериальные, желтые или слизистые, базальные и вирусные болезни (Prescott et al., 1986; Койшыбаев, 2002; Dubeiller, Singh et al, 2014).

Возбудители головни и ржавчины узкоспециализированны, например, гриб *Tilletia tritici* паразитирует только на пшенице и не поражает другие культурные и дикорастущие злаки. В процессе длительной эволюции они приспособились к определенному растению-хозяину. В то же время возбудители бактериальных и вирусных болезней поражают большой круг культурных и дикорастущих злаков: например, вирус русской мозаики пшеницы – ячмень, рожь и просо. Широко специализированные патогены лучше выживают в природе, сохраняются на пожнивных растительных остатках и в почве, дикорастущие злаки являются часто резервуарами их инфекции.

1.1 Головневые болезни

Возбудители головни злаков относятся к семействам *Tilletiaceae* и *Ustilaginaceae* порядка *Ustilaginales* или головневых грибов. Для них характерно образование на репродуктивных или вегетативных органах растения-хозяина головневых вздутий или мешочков, состоящих из черной сажистой массы – телиоспор, которые являются покоящейся стадией гриба. У видов семейства *Tilletiaceae* телиоспоры прорастают в одноклеточные базидии с базидиоспорами (споридии), располагающимися на их верхушке. Для представителей семейства *Ustilaginaceae* характерно образование 4-клеточных базидий или промицелий с латеральными и верхушечным базидиоспорами [табл. 1].

Таблица 1. Видовой состав болезней пшеницы и их возбудители, поражаемые ими органы

Болезни	Возбудители	Пшеница		Поражаемые органы
		озимая	яровая	
1	2	3	4	5
Твердая головня	<i>Tilletia caries, T. levis</i>	+	+	колоски
Карликовая головня	<i>Tilletia controversa</i>	+	–	то же
Пыльная головня	<i>Ustilago tritici</i>	+	+	колос полностью
Стеблевая головня	<i>Urocystis tritici</i>	+	–	стебли, листья
Индийская головня	<i>Tilletia indica</i>	+	–	зерновки
Спорынья	<i>Claviceps purpurea</i>	+	+	зерновки
Стеблевая ржавчина	<i>Puccinia graminis f. sp. tritici</i>	+	+	стебли, колосковые пленки, листья
Бурая ржавчина	<i>Puccinia recondita f. sp. tritici</i>	+	+	листья
Желтая ржавчина	<i>Puccinia striiformis</i>	+	+	листья, колосковые пленки
Мучнистая роса	<i>Erysiphe graminis</i>	+	+	листья, стебли, колосковые пленки
Септориоз	<i>Stagonospora nodorum</i> <i>Septoria tritici</i>	+	+	листья, стебли, колосковые пленки
Желтая пятнистость	<i>Drechslera tritici repentis</i>	+	+	листья, стебли
Корневая гниль: гельминтоспориозная	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (син. <i>Helminthosporium sativum</i>)	+	+	первичные и вторичные корешки, междоузлия стебля
фузариозная	<i>Fusarium spp.</i>	+	+	то же
церкоспореллезная	<i>Cercospora herpotrichoides</i>	+	–	нижние междоузлия стебля
офиоболезная	<i>Ophiobolus graminis</i>	+	–	то же
Черный зародыш	<i>Alternaria alternata</i> , <i>B. sorokiniana</i>	+	+	зерно, семена
Русская мозаика	<i>Triticum virus</i>	+	+	листья
Полосчатая мозаика	<i>Hordeivirus</i>	+	+	листья
Слизистый или желтый бактериоз	<i>Rathayibacter tritici</i>			колос, листья
Базальный бактериоз	<i>Pseudomonas syringae pv. atrofaciens</i>		+	листья

У некоторых видов этого семейства они отсутствуют, слияние клеток противоположного пола базидий дает начало двухядерному мицелию (Шварцман, 1960; Ульянищев, 1968).

На пшенице паразитируют 5 видов головневых грибов: *Tilletia caries*, *T. levis*, *Ustilago tritici*, *Tilletia indica* и *Uromyces tritici*, наиболее широко распространены первые два вида. Карликовая головня, несмотря на ограниченный ареал, является очень вредоносной. Инфекция головневых болезней, в основном сохраняется на поверхности или внутри семян, у некоторых видов на стерневых остатках и в почве. По характеру её передачи и особенностям заражения растений они разделяются на 3 группы.

Первая группа. Инфекция сохраняется на поверхности семян или в виде головневых примесей к ним. Телиоспоры прорастают в мицелий и проникают в coleoptile пшеницы, далее развивается внутриклеточно, достигает конуса нарастания, превращая зачаточный колос в головневый сорус. По такому циклу развивается твердая головня пшеницы.

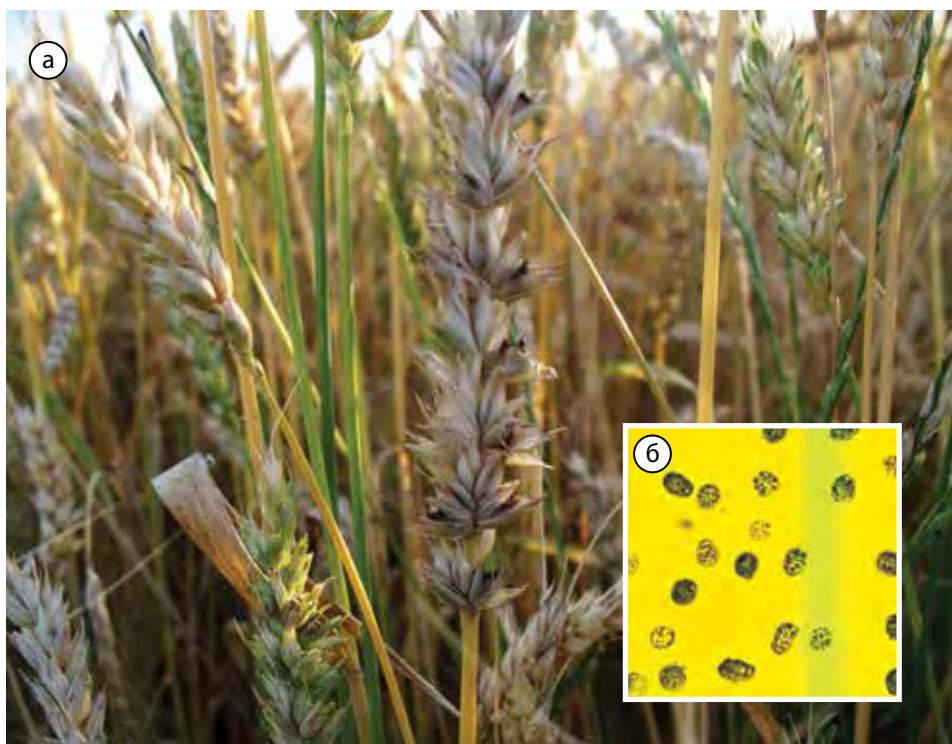
Вторая группа. Телиоспоры распыляются и в период цветения оседают на рыльце завязи пшеницы. При наличии капельножидкой влаги они прорастают в 4-клеточные базидии, клетки противоположного пола копулируют между собой, и образуется диплоидный мицелий, который через рыльца цветка проникает в завязь. Мицелий гриба сохраняется в зародыше зерна в покоящемся состоянии до следующего года, реже в эндосперме. Зараженные головней семена внешне не отличаются от здоровых. По такому циклу развивается возбудитель пыльной головни.

Третья группа. По циклу развития особо выделяется карликовая головня. Возбудитель сохраняется в почве, телиоспоры прорастают в мицелий и заражают всходы с момента прорастания семян до кущения. Заболевание передается также семенами, которые заспоряются при уборке, телиоспоры в почве не теряют жизнеспособность до 5-7 лет.

1.1.1 Твердая (мокрая) головня

Возбудителями болезни твердой головни пшеницы являются грибы: *Tilletia caries* (DC) Tul. (син.: *Tilletia foetidia* Liro) и *Tilletia levis* (син.: *Tilletia tritici* Wint).

Симптомы болезни и морфология возбудителя. Признаки болезни более отчетливо проявляются в период восковой спелости зерна. У больных растений колосковые пленки несколько растопырены, и из них виден головневый мешочек [рис. 1а и б]. При раздавливании колоска из него выделяется сероватая жидкость или темная сажистая масса. Пораженные колосья легковесные, не поникают, имеют серовато-фиолетовый оттенок, издают селечный запах, что обусловлено наличием триметиламина в составе телиоспор. При уборке пшеницы головневые мешочки разрушаются и происходит распыление телиоспор, которые оседают на зерне, стерне и почве. *T. caries* и *T. levis* различаются по морфологии телиоспор. У *T. levis* они светло-коричневые, гладкие, эллипсоидальные или продолговатые, округлые 18,5 × 14,5-16,6 мкм в диаметре, а у *T. caries* – шаровидные или слегка овальные, темно-коричневые, имеют сетчатые утолщения, образующие 5-угольные петли. *T. levis* наиболее вирулентен, поражает почти все виды пшеницы. Установлено, что он дифференцируется на физиологические расы, специализированные на определенные сорта (Ульянищев, 1968).



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 1. Колосья пшеницы, пораженные твердой головней (а), телиоспоры гриба *Tilletia caries* (б)

Основным источником инфекции твердой головни пшеницы являются семена, которые заспоряются во время уборки. В условиях Центральной Азии с засушливым климатом возбудитель болезни сохраняет жизнеспособность и в почве. Вместе с высеянными семенами прорастают и споры головни, образуя одноклеточные базидии с верхушечными базидиоспорами [рис. 2а и 2б]. Последние попарно копулируют и дают начало инфекционной гифе, проникающей в coleoptile пшеницы. Далее гриб развивается диффузно, достигает конуса нарастания, у зараженных растений вместо зерен в колосе образуются головневые мешочки, покрытые сверху пленками (Шварцман, 1960).

Распространение и вредоносность. Твердая головня широко распространена во всех регионах Центральной Азии, в южном и юго-восточном Казахстане, где в основном возделывают озимую пшеницу, а также в восточном. В северном и западном регионах на яровой пшенице она встречается крайне редко. Широкое внедрение почвозащитной технологии возделывания этой культуры, для более эффективного использования июльских осадков перенесение сроков её посева на вторую половину мая, нарушило установившуюся взаимосвязь между возбудителем болезни и растением-хозяином. Как известно, оптимальная температура для прорастания спор гриба *T. caries* и заражения ими пшеницы находится в пределах 8-13°C (Ишпайкина с соав., 1972). В северном регионе республики почва на глубине заделки семян во второй и третьей декадах мая прогревается до 15-20°C и более, что способствует быстрому и дружному прорастанию семян и уходу проростков от заражения патогеном.

В 90-е годы прошлого столетия в южном, юго-восточном и восточном регионах Казахстана посев непротравленных семян приводил к резкому увеличению пораженности озимой пшеницы твердой и карликовой головней. Так, фитоэкспертиза семян, засыпанных под урожай 1994 г. в Саркандском районе Алматинской области показала, что 21,9% не кондиционны по зараженности инфекцией головни. Заспоренность их достигала 15-20 тыс. спор на 1 зерно, что в сотни раз превышало допустимый уровень. В ПК «Пограничник» 2 000 тонн семян элиты сорта Богарная 56 были не пригодны для посева и пищевых целей. В 1997-1998 гг. в отдельных хозяйствах южного и юго-восточного регионов Казахстана убранное зерно озимой пшеницы непригодно для переработки на муку и корм животным, т.к. содержит высокотоксичное вещество со

специфическим запахом. Пораженность колосьев твердой и карликовой головней достигала 15-38%, т.е. только от одной болезни допущены потери 1/3 части урожая (Койшыбаев, 1995; 2002).

1.1.2 Карликовая головня

Возбудитель болезни – гриб *Tilletia controversa* Kuehn., состоит из двух физиологических форм: *T. controversa* f. sp. *tritici* поражает только озимую пшеницу и *T. controversa* f. sp. *agropyri* – пырей ползучий.

Симптомы болезни и морфология возбудителя. Отличается от твердой головни по характеру проявления болезни, морфологии телиоспор и биологическим особенностям возбудителя. Пораженные карликовой головней растения сильно кустятся (от 4 до 50 шт.) и заметно отстают в росте, колос становится ветвистым, в колосках образуются до 6-7 округлых, глубоко расположенных головневых мешочков. Телиоспоры *T. controversa* более крупные (21,2-20,4 мкм), хорошо выраженной сетчатой оболочкой, высотой ребра 1,5-4 мкм [рис. 2а и б], прорастают после дозревания при температуре от +2-3 до 10-15°C, влажности почвы от 15 до 60%, сохраняют жизнеспособность в почве до 5-7 лет (Шварцман, 1960; Ульянищев, 1968).

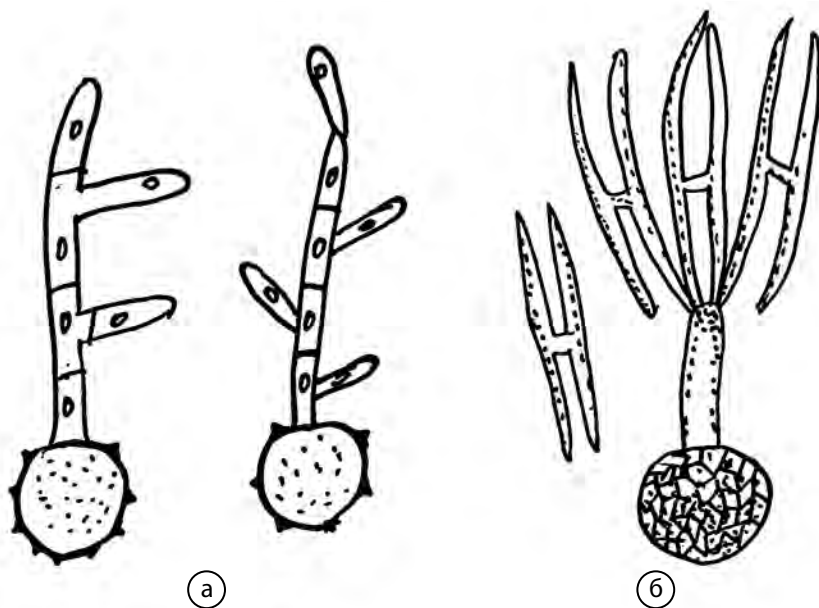


Рисунок 2. Прорастание телиоспор у головневых грибов: семейства *Ustilaginiaceae* (а), *Tilletiaceae* (б)

Распространение и вредоносность. Заболевание распространено в Центральной Азии и Закавказье на видах пырея (*Agropyrum*) и волоснце (*Elymus multicaulis*), при искусственном заражении поражает пшеницу – *Tilletia aestivum* и *T. carthlicum*. Наиболее вредоносная болезнь озимой пшеницы. В Казахстане впервые была обнаружена в начале 60-х годов прошлого столетия, в предгорной и горной зонах, расположенных на высоте 800-1 000 м и более над уровнем моря. В 1971 г. в Саркандском районе обнаружена на площади 3 656 га с распространением 18%, сорт Мироновская 808 на 28 га был поражен ею на 70%, а Безостая 1-27%. В 1987 г. в бывшей Талдыкорганской области заболевание было выявлено на 30,7% обследованной площади, а в отдельных хозяйствах количество пораженных им колосьев в посевах достигало 13%. Анализ динамики карликовой головни на озимой пшенице на Саркандском сортоучастке в период 1988-2000 гг. показал, что заметное её проявление (до 10-15%) отмечалось в 1991, 1992, 1995-1997 и 2000 гг. что, связано с оптимальными условиями погоды в период посев-всходы (Койшыбаев, 2002). Как известно, успешное заражение озимой пшеницы возбудителем болезни происходит при низкой температуре почвы (4-6°C). В Кыргызстане карликовая головня распространена на Ферганском хребте на высоте 900-1 200 м над уровнем моря, пораженность колосьев озимой пшеницы достигала 10-15%. В Ошской области из обследованных в 1988 г. заболевание выявлено на 49% площади (Кошеляева, 1992).

1.1.3 Пыльная головня

Возбудитель болезни – гриб *Ustilago tritici* (Pers.) Yensen.

Симптом болезни, морфологические и биологические особенности возбудителя. Все органы колоса, за исключением стержня, до выхода из влагалища верхних листьев, полностью превращаются в черную, сажистую массу [рис. 3а], состоящую из телиоспор гриба [рис. 3б]. По форме они шаровидные, эллипсоидальные, иногда угловатые светло-оливковые или коричневые, с одной стороны слегка утолщенные, с другой – прикрытой, маленькими бородавочками, оболочкой; размер их колеблется в зависимости от зоны возделывания и часто составляет 7-9 × 5-7 мкм.

В период цветения пшеницы происходит интенсивное распыление телиоспор, они попадают на рыльце завязи, где прорастают в

промицелий [рис. 3б]. В результате слияния 2-х его клеток образуется инфекционная гифа, которая проникает через пыльцевую трубку в завязь. Грибницу возбудителя можно обнаружить в различных тканях семян: плодовой оболочке, щитке, зародыше и зачаточном колоске. Зараженные мицелием пыльной головни семена внешне не отличаются от здоровых. Она сохраняется в состоянии покоя до следующего года и когда высеянные в почву семена прорастают, трогаются в рост и возбудитель болезни. Развиваясь диффузно, мицелий достигает зачаточного колоса, где сильно разрастается, утолщается, ослизняется и распадается на хламидоспоры, полностью уничтожая колос. В отдельных случаях, поражается болезнью только нижняя его часть, на верхней – формируется зерно. Частичное поражение колоса не является защитной реакцией растения-хозяина и не наследуется в потомстве (Шварцман, 1960; Ишпайкина с соав., 1972).

Распространение и вредоносность. Степень поражения посевов пыльной головней зависит от особенностей цветения пшени-



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 3. Пыльная головня пшеницы (а), телиоспоры *Ustilago tritici* (Pers.) Yensen (б)

цы, погодных условий этого периода, а также устойчивости сорта. Прорастание телиоспор гриба и заражение растений происходят только при наличии капельно-жидкой влаги или при влажности воздуха 60-70%, температуре – 20-25°C. Заметное проявление болезни наблюдается в северном и северо-восточном регионах Казахстана, где в период колошения-цветения пшеницы часто выпадают осадки, среднесуточная влажность воздуха достигает 65-75%. Установлено, что характер цветения пшеницы и его продолжительность, длительность пребывания цветка в открытом состоянии существенно влияют на поражаемость сорта (Пенчукова, 1974).

В связи с широким внедрением системных препаратов из групп карбоксина, карбендазима и триазолов для протравливания семян заметно сократились пораженные пыльной головней площади и снизилось её распространение. В начале 90-х годов в Казахстане она обнаружена только на 7,6% апробированной площади со средним количеством больных колосьев 0,1-0,01%, максимальным – 1,6%. При мониторинге посевов озимой пшеницы в период 2001-2005 гг. и 2012-2014 гг. в южном и юго-восточном регионах она не обнаружена, а в северном регионе на яровой пшенице она встречалась крайне редко, количество пораженных колосьев не превышало 0,1-0,01%, т.е. было очень низкое.

1.1.4 Индийская (карнальская) головня

Возбудитель болезни – гриб *Tilletia indica* (син.: *Neovossia indica* Mand.).

Заболевание является эндемичным для субконтинента Азия; впервые обнаружено в Индии в 1936 году, затем распространилось в Афганистан, Пакистан и Непал. Позже его завезли семенами в Мексику, где патоген успешно акклиматизировался. Является карантинным объектом для республик Центральной Азии. По симптомам проявления она заметно отличается от других видов головни. Характерный признак болезни – черная сажистая споровая масса, образующаяся на бороздке зерна под эпидермисом, часто на зародышевой его части. Поражаются отдельные зерновки на колосе, заболевание заметно в период восковой и полной спелости зерна, как твердая головня, издает селедочный запах (Sing et al. 1980; 1982; Prescott et al, 1986).

Телиоспоры гриба значительно крупнее, чем у *T. caries*, коричневые или темно-коричневые, шаровидные, диаметром 22-42, чаще 25-40 мкм, с темно-красноватой или коричневой сетчатой оболочкой. Незрелые споры желтоватые, субгиалиновые, округлые, 10-28 мкм в диаметре, с тонкой светлой оболочкой. Источником инфекции служит в основном почва, где телиоспоры сохраняются длительное время; заражение пшеницы происходит в период цветения от спор, переносимых воздушным потоком. Они прорастают на поверхности цветка, образуя многочисленные базидии (до 30-50 и более) с базидиоспорами, которые дают ростковые трубочки, внедряющиеся под колосковые чешуи формирующегося зерна. Затем мицелий развивается между эндоспермой и семенной оболочкой, образует головневый сорус, состоящий из черных телиоспор. Многолетние исследования ученых Индии показали, что степень проявления болезни зависит от погодных условий периода колошение-налив зерна. Оптимальная температура для прорастания спор патогена находится в пределах 18-22°C, относительная влажность воздуха – 70-80%. Заболевание в новые регионы распространяются семенами (Sing et al, 1980) [рис. 4].



Рисунок 4. Карнальская головня пшеницы (а), телиоспоры *T. indica*

Карнальской головней поражаются дикие виды пшеницы: *Triticum shareonensis*, *T. variaabilis*, *T. ovatum*, *T. scerrit*, а также тритикале, рожь и близкие к ним злаки. Воздушными потоками споры могут переноситься из Афганистана в приграничные территории Узбекистана и Таджикистана, семенами в любую страну. Трудноискоренимое заболевание, инфекция его в виде телиоспор сохраняется в почве до 5 лет. В связи с этим необходимо проводить постоянный карантинный досмотр импортируемых семян пшеницы, тритикале и озимой ржи из стран, где оно распространено. В случае проникновения болезни, искоренить её путем применения комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических и химических приемов. Семена обязательно протравливать одним из системных препаратов из групп беномила, пропиконазола, тиабендозола, которые высоко эффективны против головневых болезней (Prescott et al, 1986).

1.1.5 Стеблевая головня

Возбудитель болезни – гриб *Urocystic tritici* Korn, чаще поражает дикорастущие злаки, в частности пырей ползучий и мягкую пшеницу (*T. aestivum*). На листьях, влагалище и стеблях развиваются удлиненные черные полосы, прикрытые эпидермисом. Головневый сорус содержит округлые или эллипсоидальные клубочки телиоспор диаметром 20-45 × 12-38 мкм, состоящие из 3-5 центральных спор коричнево-бурого цвета шириной 12-16 мкм и периферических, эллипсоидальных или шаровидных, светло-желтых. Инфекция семенами не передается, сохраняется на пораженных органах растений. В южном, юго-восточном и северном регионах Казахстана встречается редко и не имеет экономического значения (Шварцман, 1960).

1.2 Ржавчинные болезни

Возбудители ржавчинных болезней – грибы, относящиеся к порядку *Uredinales* – облигатные организмы, т.е. рост их возможен только на живом субстрате. Цикл их развития сложный и состоит из 5 стадий, которым соответствуют столько же типов спороношения: 0 – спермогонии со спермациями; I – эции с эциоспорами; II – урединии с урединиоспорами; III – телии с телиоспорами и IV – базидии с базидиоспорами. Если весь цикл гриба проходит на одном растении, то он называется однодомным, а на двух, относящихся к разным семействам или порядкам – двудомным или разнохозяйным. Например, у стеблевой ржавчины злаков спермации и эции развиваются

на видах барбариса, урединии и телии – на злаках. Базидиальная стадия образуется на пожнивных остатках растений, где грибок зимует в виде телиоспор. Барбарис является промежуточным, а злаки – основным его хозяином (Лавров, 1951; Неводовский, 1956).

Возбудители ржавчины пшеницы относятся к роду *Puccinia*, отличительным признаком являются 2-х клеточные, темно-бурые (в массе черные) телиоспоры, сидящие на коротких ножках. Урединиоспоры – эллипсоидальные, неправильной формы, желтой, оранжевой или бурой окраски. Виды этого рода развиваются по полному циклу, в урединию- и телиостадии паразитируют на диких и культурных злаках, спермогонииальном и эцидииальном – на двудольных растениях (барбарис, лещица, василистник и др.). Они могут развиваться и по неполному циклу, например, возбудитель желтой ржавчины – *P. triiformis* сохраняется в виде урединиомицелий на озимых или дикорастущих злаках, летом развивается на яровой пшенице и ячмене.

На одном виде или роде злаков может встречаться несколько видов ржавчины, например, на пшенице – стеблевая, бурая и желтая, на ячмене – карликовая, желтая и стеблевая, на овсе – корончатая и стеблевая. Они узкоспециализированны, отдельные виды, поражающие многие дикорастущие и культурные злаки, состоят из специализированных форм, паразитирующих на одном или нескольких видах растений, которые в свою очередь распадаются на физиологические расы или биотипы, приспособленные к определенным сортам.

После проникновения в ткань растения грибок развивается в межклетниках, высасывая питательные вещества из клеток хозяина с помощью гаусторий. Под эпидермисом листьев на коротких ножках, отходящие от грибницы, образуются многочисленные урединию- и телиоспоры, которые при созревании разрывают эпидермис и разносятся воздушным потоком. Заболевание, как правило, проявляется локально, только в отдельных случаях наблюдается диффузное распространение патогена по ткани. В зависимости от температуры воздуха с момента заражения до проявления болезни (инкубационный период) проходит от 5-7 до 10-15 суток. Вредоносность ржавчинных болезней заключается в том, что в результате образования некротических пятен и пустул на листьях резко снижается ассимиляционная их поверхность, из-за разрыва их эпидермиса усиливается интенсивность испарения воды. При поражении стебля ухудшается

снабжение растений водой и отток запасных веществ с листьев на репродуктивные органы. Все это приводит к снижению урожая и качества зерна.

1.2.1 Стеблевая (линейная или черная) ржавчина

Возбудитель болезни – гриб *Puccinia graminis Pers.*, состоит из нескольких специализированных форм: *P. graminis f. sp. tritici* поражает пшеницу, ржаная *f. sp. secalis* – рожь и ячмень.

Симптомы болезни, цикл развития и биологические особенности патогена, пути сохранения и резервации инфекции. Поражаются преимущественно стебли, реже листья, колосковые пленки, где образуются крупные, оранжевые пустулы, расположенные линейными рядами. Телиоспоры зимуют на пожнивных растительных остатках, весной прорастают и образуют базидии с базидиоспорами. Последние заражают листья и ягоды барбариса, где появляются шаровидные спермогонии со спермациями. В результате слияния последних, из различных спермогониев возникают чашевидные эции, содержащие шаровидные и бесцветные эциоспоры. Последние разносятся ветром, заражают дикие и культурные злаки: на междоузлиях стебля, реже на листовых пластинках образуются крупные, оранжевые или кирпично-красные урединиопустулы, располагающиеся линейными рядами [рис. 5а]. Урединиоспоры имеют продолговатую форму, шиповато-бородавчатую оболочку, желтовато-бурые, овальные, размером 21-35×12-20 мкм. К концу вегетации пшеницы пустулы становятся почти чёрными, блестящими, что свидетельствует о наступлении телиостадии гриба. Телиоспоры 2-х клеточные, веретеновидные или булабовидные, с гладкой оболочкой, сильно утолщенной, темно-бурой верхушкой, размером 27-77 × 13-22 мкм [рис. 5б].

Еще в 1913 году Е. Стэкман установил, что барбарис является промежуточным хозяином возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы, анализировал эволюцию рас патогена в США. Многие исследователи изучали биологические его особенности, специализацию, пути сохранения и резервации инфекции в природных условиях. Н.Н. Лавров (1951) на основе многолетних исследований и наблюдений сделал вывод, что в условиях Западной Сибири барбарис не играет особой роли в жизненном цикле гриба, и возбудитель перезимовывает в урединиостадии в тканях многолетних злаков, в частности пырея ползучего (*Agropyron repens*).

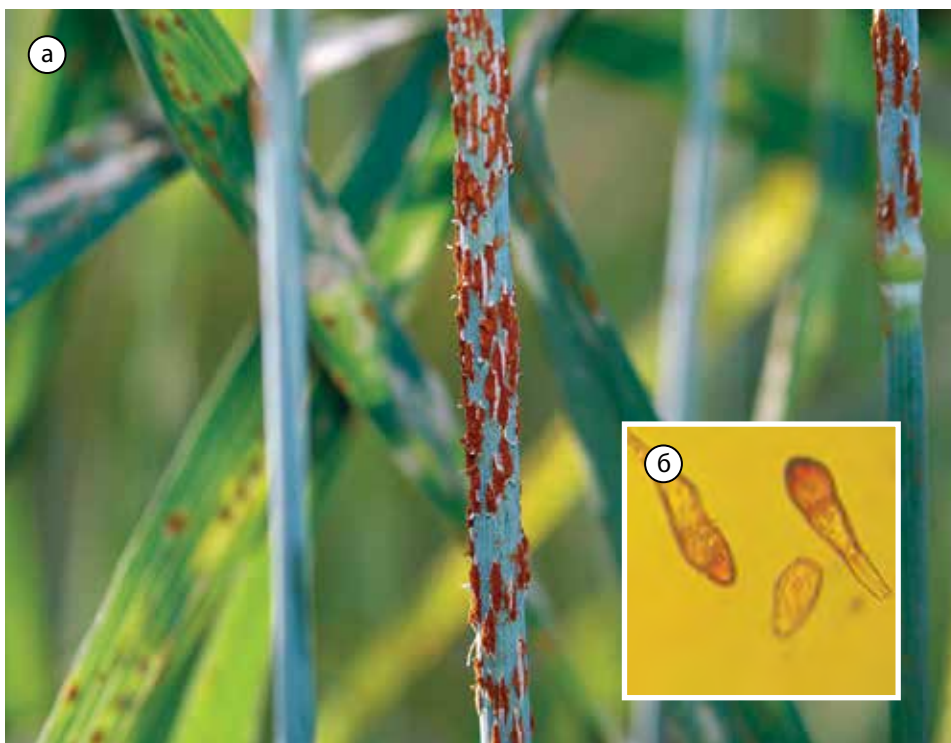


Рисунок 5. Стеблевая ржавчина пшеницы (а) и её телиоспоры (б)

В Казахстане гриб *P. graminis* развивается в спермогониальной стадии на видах барбариса (*Berberis vulgaris* и др.), уредиинии – на пшенице, а также на других культурных и дикорастущих злаках (Неводовский, 1956). В то же время исследования В.В. Плахотника (1974) показали, что в лесах и парках Северного Казахстана произрастает около 600 кустов барбариса, на которых развивается ржаная форма гриба, а пшеничная встречается крайне редко. В опыте с искусственным заражением 13 видов злаков пшеница поражалась только мятликовой формой. Резерваторами инфекции могут служить многолетние культурные и дикорастущие злаки из трибы ячменных, в частности виды пырея (*Agropyrum repens*, *A. ramosum*), волоснеца (*Elymys multicaulis*, *E. junceus*, *E. sibiricus*) и житняка (*A. tenerum*, *A. cristatum*, *A. pectiniforme*).

Выживаемость уредииниоспор гриба зависит от условий послеуборочного периода. При сухой осени и мягкой зиме возбудитель сохраняет жизнеспособность до июня, однако частые осадки в октябре и ноябре в сочетании с теплыми днями для него губительны.

В.П. Турапин и В.А. Мостовой (1995) считают, что в Северном Казахстане барбарис и дикие злаки не являются резерваторами инфекции стеблевой ржавчины пшеницы и эпифитотии болезни в основном обуславливаются заносом спор из сопредельных стран ближнего и дальнего зарубежья. В 1981 и 1986 гг. развитие болезни на ней не превышало 5-10%, при пораженности ею дикорастущих злаков на 50-100%. Она на яровой пшенице обычно проявляется в начале августа от инфекции, заносимой из Западной Сибири. При наличии капельно-жидкой влаги или высокой относительной влажности воздуха (90-100%) урединиоспоры прорастают через 2 часа. При оптимальной температуре (25°C) инкубационный период болезни составляет 7-9 суток. Они устойчивы к низким отрицательным температурам, под глубоким слоем снега сохраняют жизнеспособность на стерне.

Наши наблюдения в 1996-2000 гг. в дендропарке возле поселка Шортанды (Акмолинская обл.) показали, что на барбарисе во второй и третьей декадах мая развиваются спермогонии и эции стеблевой ржавчины. В 1999 г., несмотря на слабое её развитие на промежуточном хозяине, сильно поразились ею волоснец ситниковый (до 50-75%). В 2000 г. в начале первой декады июня её урединиопустулы обнаружены на мятлике луговом. В результате благоприятных условий, сложившихся в июне (выпало 62 мм осадков, средняя относительная влажность воздуха в пределах 68-73%), наблюдалось эпифитотийное развитие болезни на многих дикорастущих и культурных злаках. Анализ во второй декаде июля показал, что наиболее сильно (до 75-100%) поразились ею мятлик луговой, ячмень дикий (или собачий), житняк ширококолосый, волоснец ситниковый, пырей бескорневищный, несколько слабее – житняк узкоколосый; заболевание не проявилось на костре безостом и костреце, которые росли рядом. Многолетние злаковые травы, посеянные на расстоянии до 10-15 км от промежуточного хозяина, сильно поразились стеблевой ржавчиной. На ячмене выявлены единичные её пустулы, на пшенице заболевание не проявлялось, несмотря на то, что посевы житняка, находящиеся на расстоянии 50-100 метров поразились стеблевой ржавчиной в сильной степени. Полученные данные свидетельствуют о том, что на барбарисе развивалась не пшеничная форма, а мятликовая – *P. graminis* f. sp. poa [табл. 2].

В 2003 г. в РГКП «Заречное» (Костанайская обл.) озимая рожь была поражена стеблевой ржавчиной в начале налива зерна (I дека-

Таблица 2. Степень пораженности стеблевой ржавчиной альтернативного хозяина, дикорастущих и культурных злаков (Акмолинская обл.)

Вид растений	Годы исследований				
	1999	2000	2001	2002	2003-2005
Барбарис обыкновенный	+	+++	+	+	++
Мятлик луговой	+++	++++	++	++	+++
Пырей корневищный	+++	++++	+++	++	++++
Житняк узкоколосый	++	++++	+++	++	++++
Кострец	–	–	–	–	–
Волоснец ситниковый	+++	++++	+++	+++	++++
Костер безостый	–	–	–	–	–
Ячмень дикий	–	++++	+++	+++	++++
Ячмень посевной (<i>Hordeum sativum</i>)	–	–	+	+	++
Яровая пшеница (<i>Triticum aestivum</i> , <i>T. durum</i>)	–	–	–	–	–
– не поражается; + – поражается в слабой степени; ++ – средней; +++ – сильной степени					

да июля) до 10-25%, единичные урединии обнаружены на житняке и нижних междоузлиях яровой пшеницы. Слабое её проявление на последней культуре дает основание считать, что на озимой ржи паразитировала *f. sp. secalis*, которая поражает и ячмень: распространение болезни на нем колебалось от 20 до 50%, степень пораженности – до 10-25%. На Карабалыкской опытной станции на озимой пшенице наблюдали слабое проявление стеблевой ржавчины, на яровой заболевание не выявлено. В 2005 г. она заметно развивалась на пырее ползучем, растущем на обочинах полей и лесопосадках, а также на житняке; на яровой пшенице первые её признаки были обнаружены в начале июля: в период трубкования – флаг листа происходило умеренное развитие. В Северном Казахстане возможна перезимовка возбудителя стеблевой ржавчины на озимой пшенице, которая высевается в основном для экспериментальных целей. Так, в 2007 г. на Карабалыкской СХОС в период трубкования-колошения (конец июня) обнаружены на ней пустулы гриба, в середине июля ею сильно поразились сорта яровой пшеницы, посеянные в питомнике конкурсного испытания. Инфекция распространялась от первоначального очага до 10-15 км (Койшыбаев, 2010).

В Западной Сибири из-за отсутствия промежуточного хозяина стеблевая ржавчина развивается по сокращенному циклу: зимует

урединиомицелий на многолетних дикорастущих злаках. Пшеничная или ржаная форма переходит на яровую пшеницу, где циркулируют в урединиостадии (Чулкина с соавт., 1981).

Среднеазиатский НИИ фитопатологии (САНИИФ) проводил исследования для определения возможности заноса спор ржавчины воздушными потоками. В 1981-1986 гг. с помощью прибора ПАРЗ-1, монтированного под фюзеляжем самолета АН-2, определяли наличие спор ржавчины в приземном слое воздуха на высоте от 100 до 3 500 м. Установлено, что концентрация спор заметно варьируется по годам и месяцам. Наибольшее их количество в воздухе зарегистрировано в северном регионе Казахстана в 1983 и 1987 гг., плотность их достигала 54-794 шт/м³. В 1990 г. над территорией Западно-Казахстанской и Оренбургской областей обнаружены споры бурой и стеблевой ржавчины на высоте от 500 до 2 500 м с концентрацией от 3-5 до 50-90 шт/м³ (Мостовой, Бережнова, 1985; Мостовой с соавт., 1988).

Распространение, многолетняя динамика и вредоносность болезни. В период 1920-1930 гг. в США происходили 4 эпифитотии стеблевой ржавчины, в 1931-1940 гг. – 2, 1951-1960 гг. – 2. Особенно опустошительными они были в 1935, 1953 и 1954 гг., катастрофически снизив урожай пшеницы. В последние 50 лет в странах Северной и Южной Америки, Западной Европы, Центральной и Южной Азии заметное развитие болезни не отмечено, за исключением Китая, Австралии и Северной Африки. В 1999, 2013 и 2014 гг. происходили эпифитотии стеблевой ржавчины в горных районах Эфиопии, в 2008 г. в Кении на необработанных фунгицидом полях урожай пшеницы снижался до 60-70% (Hodson, 2015; Patpour, 2015).

В Зауралье России эпифитотийное развитие стеблевой ржавчины происходило в 1967-1969 гг., в последние 40 лет в отдельные годы очажное развитие болезни в конце вегетации пшеницы (Немченко, 2011). В 2003-2005 гг. она проявлялась заметно в Приволжском и Западно-Сибирском агроклиматических регионах, в 2007 г. – в лесостепной зоне последнего, совместно с желтой ржавчиной (Санин с соавт., 2007).

Стеблевая ржавчина в Казахстане распространена в лесостепной и степной зонах северного региона. В 1962 г. происходило заметное развитие этой болезни на яровой пшенице в Северо-Казахстанской

и Кокшетауской областях. В 1964 г. при эпифитотии болезни пораженность пшеницы в северном регионе достигала 50-60%, потери урожая составляли – от 20-30 до 50% и более. В 1967 г. на площади около 5-6 млн. га происходило сильное развитие стеблевой и листовой ржавчины, урожайность коммерческих сортов Саратовская 29, Безенчукская 98, Костанайская 14, Жана-Кызыл и других снизилась на 50,8-65,4% (Джиембаев с соавт., 1974).

В последние 50 лет в северном и других регионах республики не наблюдали заметное развитие стеблевой ржавчины на пшенице, несмотря на благоприятные погодные условия в отдельные годы. Она развивалась на диких злаках: так, в 1978-1980 гг. в пустынно-степной и предгорной зонах Алматинской области сильно поражался ею ко-стер японский, растущий в посевах и вокруг них, на озимой пшенице она не выявлена. При мониторинге фитосанитарного состояния зерновых культур в 1998-2004 гг. в южном и юго-восточном регионах Казахстана в Чуйской и Иссык-кульской долинах Кыргызстана на озимой пшенице стеблевая ржавчина не обнаружена, в отдельные годы она заметно поражалась желтой и листовой. В 2000 г. в предгорной зоне Жамбылской области заметно поразились стеблевой ржавчиной падалица озимой ржи.

В 1999-2000 гг. в Акмолинской области погодные условия были благоприятны и происходило сильное развитие на яровой пшенице листовой ржавчины, стеблевая не обнаружена, в Костанайской области она развивалась от слабой до умеренной степени. В 2001 г. на Карабалыкской опытной станции в фазу восковой спелости зерна пораженность коммерческих сортов не превышала 5-10%.

В 2000 и 2002 гг. в Костанайской области происходило заметное распространение стеблевой ржавчины на озимой пшенице, яровая пшеница поразились до 10-25%. В 2006 г. в Северо-Казахстанской области она обнаружена в основном на поздних её сроках посева, пораженность стеблей не превышала 5-10%. Низкая ночная температура (8-10°C) в конце июля и в первой половине августа сдерживала её развитие, повышение её в третьей декаде месяца способствовало более интенсивному распространению болезни. В степной и лесостепной зонах оно варьировало от 20-40 до 90-100%, степень пораженности стеблей не превышала 5-10%, только в редких случаях достигала 20%. В 2007 г. в Костанайской области

первые ее пустулы на озимой пшенице обнаружены в начале 2 декады июля – в период молочной и молочно-восковой спелости зерна. Распространение болезни не превышало 5-10%, пораженность стеблей – 10-25%. В горно-сопочной зоне Акмолинской области посевы озимой пшеницы ТОО «Есиль-агро» были поражены бурой ржавчиной в сильной степени, встречались единичные пустулы стеблевой, заметное её развитие наблюдали на озимой ржи. На Карабалыкской СХОС в питомнике конкурсного сортоиспытания яровой пшеницы, удаленного от посевов озимой на 0,5-1 км, происходило сильное развитие (до 50-100%) стеблевой ржавчины. На производственных посевах, удаленных от очага инфекции на 10-15 км, развитие болезни было слабое (1-5%) или умеренное (10-25%). В 2008 г. в Северо-Казахстанской области стеблевая ржавчина более интенсивно развивалась на среднепоздних сортах яровой пшеницы: Омская 19 и Шортандинская 95, особенно на сроках посева 25 и 30 мая (Койшыбаев, 2000; 2010).

В 2014 и 2015 гг. в Северо-Казахстанской области стеблевая ржавчина проявлялась в период молочно-восковой и восковой спелости зерна, в основном на позднеспелых сортах, степень пораженности их не превышал 10-20%, а в 2016 г. она обнаружена в начале налива зерна и коммерческие сорта поразились ею на 40-60% и более. Инфекция болезни, на наш взгляд, была занесена воздушными потоками из Западной Сибири, где на посевах озимой и яровой пшеницы заболевание в последние годы проявляется заметно (Шаманин с соавт., 2010).

Исследованиями ученых установлена возможность заноса воздушными потоками инфекции видов ржавчины из одной страны или континента в другой. Для переноса спор на дальние расстояния, прежде всего, важно направление ветра и турбулентность воздуха. Чередование сухого и влажного воздуха благоприятны для заражения, массового образования и высвобождения спор из соруса. Споры стеблевой ржавчины из Южной Африки распространяются в Западную, более высокая вероятность заноса инфекции из Эритреи в Йемен и Уганду, из Египта в Судан. Возможно распространение спор стеблевой ржавчины из Ирана в Афганистан, Пакистан и Индию. Так происходило распространение расы Ug 99 из Кении в Эфиопию, далее в Йемен и Иран (Meyer, 2015).

Вредоносность стеблевой ржавчины зависит от сроков заражения растений и интенсивности развития болезни. При эпифитотии, наблюдавшейся в 1967 г., урожай восприимчивых к стеблевой и бурой ржавчине сортов Жана-Кызыл, Кустанайская 14 и других снижался до 50-70% (Джиембаев, 1972). При инокуляции яровой пшеницы стеблевой ржавчиной в период трубкования, к восковой спелости зерна интенсивность ее развития достигала 60%, потери урожая – 39,4%, в фазу колошения – 27,3%, в период цветения и молочной спелости зерна – на 18,8% соответственно. Ухудшается качество зерна: уменьшается содержание крахмала, моно- и дисахаров, общего и белкового азота, увеличивается – небелкового азота (Мостовой, 1975; Турапин, 1986).

В 2001 г. на фоне искусственного заражения определяли вредоносность стеблевой и листовой ржавчины яровой пшеницы в Акмолинской области. В связи с особо благоприятными условиями погоды в фазе восковой спелости зерна пораженность листьев и стеблей двумя видами ржавчины достигала 75-100%, продолжительность паразитирования грибов составляла 50-60 суток, потери зерна достигали 50-60%. Масса 1 000 зерен снижалась более чем в 2 раза: у искусственно зараженных растений она не превышала 20-25 г, контрольных – 48-50 г.

В 2008 году в Северо-Казахстанской области на позднеспелых сортах и поздних сроках посева яровой пшеницы заметно проявилась стеблевая ржавчина. Анализ структуры урожая у сорта Омской-19 показал, что при средней пораженности стеблей (20-40%), масса зерна с колоса снижается до 3,2, 1 000 зерен – 6,9%, а в сильной степени – на 24,4 и 23,1% соответственно. У среднераннего сорта Памяти Азиева при пораженности стеблей на 10-25% потери урожая не превышали 4 – 6,4%, а при 50% – 13,3% [табл. 3].

В 2016 г. на Северо-Казахстанской СХОС несмотря на позднее проявление стеблевой ржавчины происходило интенсивное развитие болезни, особенно на поздних сроках посева пшеницы, заметное снижение не только урожайности, но и качества зерна. Например, у сорта Астана 2 при посеве 20 мая уровень пораженности болезнью составил 14,2%, 30 мая – 50%, масса 1 000 зерен – 27 и 19,7, натура – 643 и 592 г, у Омской 35 – 5,2 и 27,8%, 28,2 и 26,9, 602 и 577 г, соответственно.

Таблица 3. Вредоносность стеблевой ржавчины на яровой пшенице (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.)

Сорт	Срок посева	Степень поражения, %	Масса зерна, г		Озерненность колоса, шт.	Снижение, %		
			с 1 колоса	с 1 000 шт.		массы зерна,		озерненности колоса
						с 1 колоса	с 1 000 шт.	
Омская 19	25.05.	1-5	0,93	37,6	25,7	–	–	–
		10-25	0,90	35,0	25,7	3,2	6,9	–
		50-75	0,71	28,2	24,1	24,4	23,1	6,2
Омская 19	30.05.	10-25	0,94	36,7	25,7	–	–	–
		50-75	0,74	28,7	25,2	21,3	21,8	1,9
Память Азиева	30.05. и 05.06.	1-5	0,75	35,7	21,0	–	–	–
		10	0,75	34,5	21,8	–	3,3	–
		25	0,72	33,4	20,9	4,0	6,4	1,9
		50-75	0,65	33,7	19,3	13,3	5,6	6,2
Астана	30.05.	1-5	0,67	28,7	25,8	–	–	–
	30.05.	10-25	0,71	28,7	25,7	–	–	0,4

1.2.2 Бурая (листовая) ржавчина

Возбудитель болезни – гриб *Puccinia recondita* Desm. (син. – *Puccinia tritici* Eriks.).

Симптомы болезни, биологические особенности патогена, источники инфекции. Проявляется преимущественно на нижней стороне листьев в виде округлых, мелких, охряно-бурых пустул, содержащих бурые урединиоспоры. Они одноклеточные, округлой или эллипсоидальной формы, с буроватой оболочкой, мелкими шиповидными бородавочками, размером 20-28 мкм [рис. 6а и б]. К концу вегетации растений на нижней стороне листьев образуются блестящие черные пустулы, содержащие продолговато-булавовидные, 2-клеточные, с более утолщенной светло-бурой верхней клеткой телиоспор.

В северном регионе Казахстана эцидиальная стадия возбудителя бурой ржавчины развивается на василистнике (*Thalictrum fumarioides* L. Rehb.), растущем, в посевах примыкающих к березовым колкам (Эльчибаев, 1972).



Рисунок 6. Листовая ржавчина пшеницы (а),
урединиоспоры гриба *P. recondita* (б)

Она на озимой пшенице может развиваться по неполному циклу, возбудитель перезимовывает в виде урединиомицелий на её всходах, проявляется рано, затем переходит на яровую пшеницу. За лето гриб дает несколько урединиогенераций, которые способствуют распространению патогена. В районах, где одновременно возделывают озимую и яровую пшеницу, вероятность возникновения эпифитотии болезни больше и вредоносность выше.

Встречаются 2 специализированные формы возбудителя бурой ржавчины: *P. tritici f. thalictri* и *P. tritici f. isopyri*. В условиях Западной Сибири на видах василистника: *Thalictrum minus*, *Th. flavum* и *Th. simplex*. паразитирует не пшеничная форма *P. recondita*. На прилегающих к ней территориях Северного Казахстана широко распространена лещица (*Isopyrum fumarioides*), которая в основном произрастает на залежах, вдоль дорог и вспаханных землях. В.А. Брызгалова (1955) впервые установила, что она является промежуточным хозяином возбудителя бурой ржавчины пшеницы (Гешеле, 1956).

Возбудитель болезни развивается при температуре от 6 до 35°C, относительной влажности воздуха от 63 до 77%. При температуре 21°C его споруляция отмечается на 6 сутки, 16°C – 10 суток, при 30- 38°C жизнеспособность урединиоспор сохраняется до трех месяцев. Осенью на отмирающих листьях пшеницы формируются телии с телиоспорами, которые хорошо переносят низкие температуры (до –30-40°C). Весной они прорастают в базидию с базидиоспорами, которые заражают промежуточного хозяина – василистника или лещицу. Урединиоспоры гриба прорастают в капельно-жидкой влаге при 18-25°C через 2-3 ч и дают ростки, которые через эпидермис листа проникают в межклетники. Для заражения растений достаточно кратковременного дождя или росы. При среднесуточной температуре 20-25°C продолжительность инкубационного периода болезни составляет 6-7 суток, при 15-18°C удлинится до 10 суток (Гешеле, 1955; Приходько, 1981; Эльчибаев, 1972; Турапин, Эльчибаев, 1972, 1981).

Резерваторами инфекции бурой ржавчины могут быть многие дикорастущие злаки. При инокуляции урединиоспорами гриба, собранными с пшеницы, поражались ими некоторые виды волоснеца (*Elymus giganteus* Vahl., *E. Junceus* Fisch., *E. pavonus* Claus.), житняк ширококолосьй, регнерия омская, эгилопс Крапса, ячмень и озимая рожь.

С.С. Санин (2007) указывает, что в европейской части Российской Федерации основной источник инфекции – пораженные посевы озимой пшеницы и её падалицы, где возбудитель перезимовывает и весной возобновляет свое развитие, а также дикорастущие злаки и споры, переносимые воздушными потоками. Оптимальная температура для заражения растений 15-20°C и сохранение капельно- жидкой влаги не менее 4-5 часов.

А.А. Эльчибаев (1972) считает, что в Северном Казахстане лещица дымянковидная (*L. fumarioides* L.) не имеет широкого распространения, на лугах и березовых колках растет василистник простой (*T. simplex*). При инокуляции пшеницы эциоспорами из василистника на 8 день обнаруживались единичные урединии гриба (до 1%). Однако в полевых условиях не всегда удавалось заразить эциоспорами с промежуточного хозяина пшеницу.

По данным В.П. Турапина и В.А. Мостового (1995), василистник не имеет особой роли в резервации и передаче инфекции бурой

ржавчины на пшеницу. В июне и первой половине июля на поймах рек Ишима и Тобола, а также в лесных колках происходило развитие эции ржавчины на промежуточном хозяине, однако заболевание не проявилось на яровой пшенице. Авторы считают, что потенциальными резерваторами инфекции являются культурные и дикие злаки, в частности виды житняка, волоснец ситниковый и гигантский, пырей бескорневищный, ячмень, рожь озимая. В то же время, при многократной инокуляции пшеничной формой *P. recondita* многих дикорастущих злаков на их листьях образовывались только хлоротичные пятна и некрозы, что свидетельствует об узкой специализации возбудителя болезни.

Многолетние наблюдения в северном регионе показали, что дикорастущие злаки и промежуточные хозяева не играют особой роли в циркуляции патогена. Так, в 2000 и 2001 гг. в Акмолинской области происходило эпифитотийное её развитие на яровой пшенице, коммерческие её сорта поразились до 50-100%. Однако заболевание не проявлялось на житняке, пырее бескорневищном, волоснце ситниковом, костре безостом, за исключением кострицы, на которой заболевание проявилось в умеренной степени (Койшыбаев 2000; 2012).

В резервации возбудителя бурой ржавчины в западном, северном и восточном регионах Казахстана определенное значение имеет озимая пшеница. Возможна перезимовка патогена в виде урединиомицелий на её всходах и раннее возобновление болезни. Исследования в Уральской области в 1986-1990 гг. показали, что пораженность её всходов осенью составляла 80-100%, отрастающих растений весной 15%. При благоприятных погодных условиях распространение болезни на озимой пшенице в конце мая и начале июня достигало 90-100%, степень пораженности листьев от 20-30% до 80-100% (Турапин, Мостовой, 1995).

В северном регионе озимая пшеница возделывается для опытных целей на ограниченной площади. Её сеют во второй и третьей декадах августа, и с осени всходы поражаются ржавчиной; патоген перезимовывает в виде урединиомицелий, весной происходит раннее возобновление болезни и распространение на яровую пшеницу. Так, в 1992 г. в ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ осенью всходы озимой пшеницы поразились бурой ржавчиной до 90-100%: в период молочно-восковой спелости зерна (первая декада июля)

пораженность её листьев болезнью достигала 25-50%, инфекция распространялась на яровую пшеницу. Установлена определенная зависимость в степени поражения её посевов от удаленности источника резервации патогена. Яровая пшеница, размещенная на расстоянии 100-200 метров от озимой, поражалась бурой ржавчиной на 10-25%, на 2-3 км – 1-5%. В 2002 г. наблюдали раннее проявление листовой ржавчины на озимой пшенице, эпифитотийное её развитие – на яровой. В 2003 г. на первой культуре происходило слабое развитие болезни, на второй – очень сильное. В 2005 г. из-за зимних морозов озимая пшеница вымерзла, несмотря на это, происходило сильное развитие болезни на яровой пшенице в северном регионе на огромной территории, что свидетельствует о заносе инфекции воздушными потоками.

В 2007 г. в горно-сопочной зоне Акмолинской области в начале налива зерна посевы озимой пшеницы ТОО «Есиль-агро» были поражены бурой ржавчиной до 50-100%. На яровой пшенице, размещенной от озимой на расстоянии 5-6 км, пораженность листьев болезнью достигала 10-25%, удаленных на 25-30 км и более – не более 1-5%.

В Западной Сибири бурая ржавчина развивается, как правило, по сокращенному, реже полному циклу. Возбудитель перезимовывает часто на озимой пшенице и многолетних злаковых травах: пырее ползучем, овсянице луговой, мятлике обыкновенном, ломкоколоснике ситниковом и др. Яровая пшеница заражается урединиоспорами патогена, заносимыми воздушными потоками из других регионов. Заболевание проявляется в первой и второй декадах июля, т.е. в фазу стеблевания -колошения яровой пшеницы, максимальное её развитие происходит в период молочно-восковой спелости зерна, в течение вегетации растений дает 5-8 урединиогенераций: в июле – 1-2, августе – 4-6. Продолжительность ее зависит от температуры воздуха: при 10°C – 16 суток, 15°C – 10, 20°C – 7; сильное развитие болезни наблюдается при ГТК 1,2-1,4 (Чулкина с соавт., 1987).

В.А. Мостовой с соавторами (1985; 1987) изучали пути заноса урединиоспор возбудителя бурой ржавчины по облачной системе и атмосферными осадками. Авиазондирования воздуха на высоте 3 600 м показали, что концентрация спор в июне составляла 0,1-5 шт/м³, она возрастала, в августе достигала 1 500 спор на 1 м³. В 1990 г. в Западном Казахстане на высотах 500-1 100 и 2 050-2 500 м в

начале второй декады июня отмечалось до 50-90 спор *P. recondita* на 1 м³ воздуха. Установлено, что при наличии конвективных потоков над очагами развития болезни на высоте 1 300-2 000 м содержание спор в воздухе достигает 10-200 шт. на 1 м³, а на 1 900-3 400 м встречались уже единично. Количество спор в кучевых облаках увеличивалось до 30 раз (3-40 экз. /м³) по сравнению с подоблачным и надоблачным слоями воздуха. В Северном Казахстане в мае-июле в выпадающих осадках обнаруживалось до 37-86% спор ржавчины с концентрацией 832 тыс. шт/м³, прорастаемостью до 26,9%. Максимальное их количество (300-832 тыс. шт/м³) фиксировалось в мае-июне при очень слабом развитии бурой ржавчины на диких злаках. Установлено высокое сходство западной популяции спор возбудителя с северной, как при анализе наземной, так воздушной её популяции с высоким коэффициентом корреляции ($r=0,59-0,81$). В 1988 г. из 173 изолятов возбудителя болезни, собранных в приземном слое воздуха Западного Казахстана, выделен 61 патотип, в т.ч. 31 общий для обоих регионов, из 92 изолятов северного региона идентифицированы 48 патотипов, в т.ч. 25 сходных. На основе исследований сделан вывод, что воздушными потоками споры бурой ржавчины переносятся из западного региона в северный, вызывая эпифитотии болезни.

Л.А. Михайлова и Л.Г. Тырышкин указывают на возможность распространения инфекции бурой ржавчины из Северного Кавказа в соседние регионы, в частности Северный Казахстан и Западную Сибирь воздушными потоками. В период 2001-2008 гг. в Поволжском агроклиматическом регионе её эпифитотии происходило 6 раз, т.е. в 2001, 2003-2006 гг. и 2008 г., что связано в основном с увеличением доли посевов озимой пшеницы. В Нижнем Поволжье в патогенном комплексе пшеницы бурая ржавчина занимает далеко не последнее место, вызывая угрозу урожаю. В 2006-2008 гг. и 2011 и 2012 гг. пораженность посевов ею заметно возросла по сравнению с 2001- 2005 гг., составляя в среднем 20% (Маркелова с соавт., 2013). В Западной Сибири сильное развитие болезни наблюдалось в 2005 и 2007 гг., умеренное – в 2008, 2010 и 2011, слабое – 2006, 2008 и 2012 гг. В период 2000-2008 гг. в Северном Казахстане 5 раз происходило эпифитотийное развитие бурой ржавчины, т.е. в 2000, 2002, 2003, 2005, 2006; 3 раза умеренное – 2001, 2007 и 2008 гг., что примерно совпадает с Поволжским и Западно-Сибирским регионами России.

И.Г. Одинцова с соавторами (1989) считают, что европейская часть бывшего Советского Союза, Северный Казахстан и Западная Сибирь составляют по бурой ржавчине пшеницы один эпидемиологический район и популяции возбудителя в этих регионах имеет среднее и сильное сходство.

Анализ многолетней динамики бурой ржавчины в Казахстане за 1974-2000 гг. показал, что эпифитотии болезни в северном регионе не всегда связаны с заносом спор из западного. Из анализированных 27 лет в последнем регионе заметное её развитие происходило 8 раз: 1974, 1976, 1979, 1983, 1985, 1990, 1993 и 1994 гг., в Костанайской области – 14 раз, т.е. совпадало на 57,2%. В западном регионе в период 2004-2014 гг. острозасушливыми были 8 лет, т.е. неблагоприятными для развития ржавчины и заноса инфекции воздушными потоками в северный регион, более увлажненными только 2 года (Койшыбаев, 2001, 2014).

Распространение и вредоносность. Листовая ржавчина широко распространена во всех континентах и странах (Adnan, 2015). В Российской Федерации она встречается в подтаежной, предгорной и лесостепной зонах Сибири и Зауралья, наиболее интенсивно развивается в первой зоне, где ГТК составляет 1,2-1,4, сумма температур выше 10°C – 1 600-1 800°C. В северной и южной лесостепи и степи снижаются частота и интенсивность её проявления, за исключением пойм рек Иртыша и Оби (Чулкина с соавт., 1987).

С.С. Санин (2010) указывает, что в Российской Федерации бурая ржавчина в отдельные годы может охватить большие территории, при сильном развитии болезни потери могут достигать 20-30%. В период 1991-1996 гг. в Краснодарском крае она была распространена на 40-60% площадей посевов озимой пшеницы, в 2004 г. в связи с благоприятными условиями погоды происходило эпифитотийное её развитие.

По данным В.П. Шаманина (2009) в Западной Сибири продуктивность новых сортов яровой пшеницы достигает 5 тонн с 1 гектара, однако средняя урожайность не превышает 1,5-2 тонн, что связано с абиотическим стрессом или дефицитом осадков в период её вегетации, или в годы достаточного или избыточного увлажнения по-

терями от бурой ржавчины. В годы эпифитотийного развития этой болезни урожайность её снижается до 30%, по Омской области потери составляют около 660 млн, по региону 1 500 млн. тонн. Вредоносность бурой ржавчины зависит от сроков и степени проявления: при пораженности листьев яровой пшеницы в начале формирования-молочной спелости зерна на 10-25% потери не превышают 4,5%, в период колошения на 50-75% достигают 18,5-27,9%, в начале трубкования – 36-47,2% (Турапин,1991).

Бурая ржавчина распространена во всех регионах Казахстана, где возделывают пшеницу. В южном и юго-восточном она обычно проявляется поздно, заметно ею поражаются позднеспелые сорта озимой пшеницы. В северном и восточном регионах республики через каждые 2-3 года она развивается до эпифитотийного уровня. В северном регионе бурая ржавчина и септориоз проявляются часто совместно, превалярованием той или иной болезни. Исследования в период 1999-2001 гг. в Костанайской и Северо-Казахстанской областях показали, что при их распространении в период трубкования-колошения пшеницы и сильном развитии потери урожая достигают 30-40%, в начале налива-молочной спелости зерна – 7-10%.

В 2000 г. в Костанайской области при сильном развитии бурой и умеренном – стеблевой ржавчины и септориоза на сорте Омская 18 недобор урожая достигал 31,5%, масса 1 000 зерен снижалась до 10-15%, что приводило к щуплости и снижению технологических его свойств. В Акмолинской области при умеренном развитии бурой ржавчины и септориоза на сорте Акмола 2 потери составили 14,1, Целинная 3С – 7,4 и 22,9% [табл. 4].

В 2005 г. на Северо-Казахстанской опытной станции на 5 сортах яровой мягкой пшеницы определяли вредоносность бурой и стеблевой ржавчины по 2 срокам посева. Для защиты от болезней с воздушно-капельной инфекцией в период колошения часть посевов была обработана фунгицидом фалькон (0,5 л/га), его биологическая эффективность составляла 80-95%. Сорта мягкой пшеницы поразились первой болезнью до 75-100%, второй – 10-20%. Результаты анализа показали, что от комплекса болезней урожай зерна снижался от 7,2 до 17,2%, в том числе, за счет уменьшения массы 1 000 семян от 2,5 до 14,4: наибольшие потери происходили на сортах Астана, Омская 18 и Омская 28 [табл. 5].

Таблица 4. Вредоносность бурой ржавчины и септориоза в Северном Казахстане

Сорт	Год	Вариант	Пораженность болезнями, %				Урожай, ц/га	Масса 1 000 зерен, г	Снижение, %	
			ржавчина		септориоз				урожая	массы зерна
			бурая	стеблевая						
Костанайская обл., ТОО Шеминовка										
Омская 18	1999	контроль	25-50	5-10	10-25	18,6	23,4	17,3	10,3	
		опыт	1-5	до 1	5-10	22,5	26,1	–	–	
	2000	контроль	75-100	10-25	10-25	15,2	32,6	31,5	3,9	
		опыт	1-5	до 1	5-10	22,2	33,9	–	–	
	2001	контроль	50-75	19,6	17,7	21,1	33,3	15,6	15,9	
		опыт	2,1	0,2	2,1	25,0	39,6	–	–	
	среднее	контроль	50-75	15-20	15-25	18,3	29,7	26,8	11,8	
		опыт	4,1	1,1	5-7	23,2	33,2	–	–	
Акмолинская обл., ОПХ КазНИИЗХ										
Акмол 2	1999	контроль	10-25	–	10-25	15,9	36,4	14,1	2,4	
		опыт	0,0	–	5-10	18,5	37,3	–	–	
Целинная 3 С	2000	контроль	75-100	–	10-25	19,1	37,4	22,9	2,9	
		опыт	0,0	–	5-10	24,8	38,5	–	–	
Целинная 3 С	2001	контроль	11,7	–	25,2	24,9	42,7	7,4	0,7	
		опыт	3,9	–	10,5	26,9	43,0	–	–	
	среднее	контроль	30-45	0,0	15-25	20,0	38,8	17,0	2,1	
		опыт	1,3	0,0	5-10	23,4	39,6	–	–	

Таблица 5. Вредоносность ржавчины в зависимости от сортов и сроков посева яровой пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2005 г.)

Сорт	Срок посева	Вариант	Пораженность ржавчиной, %		Масса зерен, г		Снижение, %	
			бурая	стеблевая	1 000 шт.	с 50 колосьев	массы зерна	урожая
Астана	30.05	–	50,0	8,8	29,8	41,3	2,8	16,9
		+	5,2	0,4	30,6	49,7	–	–
Омская 19	20.05	–	83,7	31,5	32,1	39,0	0,0	17,2
		+	12,5	4,0	32,1	47,1	–	–
Омская 19	30.05	–	83,6	23,3	30,9	35,1	7,8	11,1
		+	14,9	3,7	33,5	40,3	–	–
Память Азиева	20.05	–	64,8	18,5	33,8	45,2	1,7	9,6
		+	2,9	6,7	34,4	50,2	–	–
Памяти Азиева	30.05	–	74,2	23,4	32,4	39,8	0,1	7,2
		+	2,0	0,6	32,1	42,9	–	–
Омская 28	25.05	–	82,6	12,8	28,9	37,1	14,5	14,5*
		+	5,4	4,6	33,8	43,4	–	–
Омская 28	30.05	–	87,5	18,0	30,7	34,3	9,2	11,8*
		+	3,9	1,0	33,8	38,9	–	–

* – + – обработано фунгицидом, – – не обработано

1.2.3 Желтая (чешуйчатая) ржавчина

Возбудитель болезни – гриб *Puccinia striiformis* West. (син.: *Puccinia glumarum* Eriks. et Henn.).

Симптомы болезни, морфологические и биологические особенности возбудителя. Поражаются листья и их влагалища, где развиваются в виде пунктирных линий и штрихов светло-оранжевые, лимонно-желтые пустулы, а также колосковые пленки, внутри которых формируются споры гриба, вследствие чего семена становятся щуплыми. Наряду с пшеницей, поражается ею и ячмень. Урединиоспоры округлые или эллипсоидальные, размером 17-30 × 15-20 мкм, с бесцветной оболочкой и шиповидными бородавочками. В конце вегетации растений развиваются черного цвета телии, содержащие телиоспоры – булавовидные, несимметричные, на коротких ножках [рис. 7а и б].



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 7. Листья пшеницы, пораженные желтой ржавчиной (а) и урединиоспоры *P. glumarum* (б)

Оптимальная температура для развития гриба 15-17°C, при 14-15°C урединиоспоры прорастают в течение 4-х часов, 7-10°C – через 8-9, при 18°-21°C и выше рост его замедляется, 25°C и выше не наблюдается (Абиев, 1993).

В резервации желтой ржавчины в природе определенную роль играют дикорастущие злаки; при инокуляции пшеничной популяцией 20 видов дикорастущих и культурных злаков, поражались ею овес, ячмень, озимая и многолетняя рожь, житняк ширококолосый, райграс высокий, пырей корневищный, регнерия омская и тяньшанская и волоснец ситниковый; в природных условиях пырей ползучий, регнерия тяньшанская, костер безостый и вейник (Альмуратов, 1973).

Ю.Д. Зейналова (1975), проводившая исследования в горной зоне Алматинской области, утверждала, что при поражении желтой ржавчиной происходит заражение семян пшеницы, и они могут служить источником инфекции. Однако опыты в условиях теплицы и лаборатории не подтвердили передачу болезни семенами (Альмуратов, 1973; Абиев, Есенгулова, 1982).

В Центральной Азии промежуточный хозяин желтой ржавчины не выявлен, она развивается по неполному циклу: возбудитель в виде урединиомицелий перезимовывает на всходах озимой пшеницы или розетках листьев дикорастущих злаков, затем переходит на яровые культуры. За лето грибок дает несколько генераций урединиоспор, что способствует быстрому распространению инфекции (Малютин, 1963; Шаварина, 1978; Хохлачева, Моргунов, 2000).

Высокогорная зона Алматинской области и прилегающая к ней Иссык-кульская долина Кыргызстана очень благоприятны для постоянной циркуляции возбудителя желтой ржавчины на озимой пшенице в урединиостадии. Из-за короткого и прохладного лета она созревает в начале сентября, когда уже появляются всходы текущего года посева, которые в отдельные годы осенью поражаются болезнью до 90-100% (Койшыбаев, 2010; 2012).

В предгорной зоне юго-восточного и южного регионов Казахстана местный источник желтой ржавчины отсутствует, так как уборка озимых проводится в июле, а посев – в октябре. Летний период характеризуется отсутствием осадков, высокой температурой (до 30-40°C) и низкой относительной влажностью воздуха, культурные и дикорастущие злаки, за исключением тростника, выгорают. Для этой зоны большую роль имеет инфекция патогена, заносимая воздушным течением и дождевыми облаками из Узбекистана и Таджикистана с более мягкой зимой, где возможна перезимовка патогена на всходах в урединиостадии (Койшыбаев, 1999, 2012).

Недавно ученые Китая установили, что в резервации инфекции желтой ржавчины пшеницы в Западном регионе страны определенную роль в качестве промежуточного хозяина играют виды барбариса, которые часто растут рядом с её посевами, на нем развиваются спорогонии и эции гриба обычно в мае. При инокуляции пшеничной формой *P. striiformis* 35 его видов, образование эциоспор происходило на 23. Сравнение изолятов из пшеницы и барбариса методом молекулярных маркеров показало их идентичность (Kang, 2014).

Распространение и вредоносность. Желтая ржавчина представляет серьезную угрозу для продовольственной безопасности многих стран планеты. Она распространена на большей части территории Северной и Южной Америки и Европы, Восточной, Центральной и Южной Азии, Северной Африки, Австралии. По клима-

тическим условиям 72% площадей посевов пшеницы подходит для её развития, стабильно проявляется на 42% (Pardey, 2014). В Афганистане потери урожая в 1964-1967 гг. достигли 50-60% (Чуприна и др., 1999). В регионе CWANA (Центральная и Восточная Азия, Северная Африка) желтая ржавчина опасная болезнь этой культуры, часто развивается до уровня эпифитотий, обуславливая огромные потери урожая. На втором международном симпозиуме по желтой ржавчине пшеницы, проходившем в 2014 г. в Турции, Ханс Браун (СИММИТ, Мексика) указал, что происходит стремительное увеличение ареала болезни, за 10 лет распространилась в Азию и Восточную Африку, появились устойчивые к высокой температуре расы патогена. При эпифитотиях этой болезни в Турции в 1991, 1999 и 2010 гг. потери были огромные; на юго-востоке страны в 2010 и 2013 гг. составили около 1 млн. тонн зерна, в 2014 г. она заметно развивалась на границе с Европой (Burak, 2014).

До 1939 г. в Австралии желтая ржавчина отсутствовала, хотя погодные условия были благоприятны для её развития. Возможно, инфекция болезни была занесена из другого континента, так как споры могут распространяться ветром на тысячи километров, сохраняют жизнеспособность в воздухе в течение нескольких недель. На 1 гектаре могут формироваться до 19 кг или миллиарды спор ржавчины (Park, 2012; 2015).

В Прикарпатском и Закарпатском регионах Украины, в предгорных зонах стран Центральной Азии желтая ржавчина проявляется периодически. В период 1940-2002 гг. в Узбекистане эпифитотии болезни повторялись 9 раз, вредоносность её варьировала от 10,4 до 67,2%. В 1999 г. сильное её развитие происходило в 7 областях, высокую к ней восприимчивость показал сорт Юна (Моргунов, Хохлачева и др.). Эпидемии желтой ржавчины повторялись в 2001, 2003, 2005, 2009, 2010 гг., в 2013 развивалась совместно с листовой ржавчиной, фермеры использовали фунгициды на 60 млн. USD (Амонов, Sharma, 2014).

В Таджикистане погодные условия очень благоприятны для развития желтой ржавчины, пшеницу возделывают в межгорных долинах в условиях орошения и высокогорной зоне. При эпидемии болезни в 2003 году потери урожая достигли 50-60%, в 2004-2006 гг. происходило умеренное её развитие (20-40%), в 2007 и 2008 гг., несмотря на благоприятные погодные условия и высокую воспри-

имчивость местного сорта Навруз она не проявилась. В 2009 году пораженность пшеницы желтой ржавчиной не превышала 10-20%, доминировала листовая, ею сильно поразились местные сорта Ватан, Шарора и Вахш (Rahmatov et al, 2009).

В Казахстане желтая ржавчина распространена в предгорной и горной зонах южного и юго-восточного регионов, где в основном возделывают озимую пшеницу в условиях обеспеченной богары и орошения. Уровень её распространения и развития заметно варьирует в зависимости от погодных условий мая и июня, когда происходит её колошение, цветение и налив зерна. Эпифитотийное развитие болезни происходило в 2000 и 2002 гг., умеренное – в 2003, 2006 и 2009 гг.

В 2000 г. в предгорной зоне Алматинской области многие сорта озимой пшеницы поразились ею к молочной спелости до 50-75%, колосковые пленки – до 10-25%. При мониторинге в южном и юго-восточном регионах установлено, что степень развития болезни уменьшается с запада на восток, что свидетельствует о заносе дождевыми облаками инфекции из Узбекистана. В горной зоне заболевание проявилось в период колошения, флаг-лист у сортов Стекловидная 24 и Безостая 1 было поражено до 10-25%, среднего и нижнего ярусов – до 50-75%. В Чуйской области Кыргызстана коммерческие сорта Кыял и Интенсивная поразились желтой ржавчиной в сильной степени.

В 2001 г. в связи с засушливыми условиями погоды желтая ржавчина проявилась в слабой степени (до 10-25%). Эпифитотийное развитие болезни в южном и юго-восточном регионах Казахстана происходило в 2002 г, когда в апреле и мае осадков выпало в 2-3 раза больше многолетней нормы. Первые признаки болезни в предгорной зоне Жамбылской области обнаружены в начале третьей декады апреля в период трубкования озимой пшеницы, в фазу колошения листья нижнего и среднего ярусов были поражены ею до 50-75%, флаг-лист – на 25-50%, в период молочной спелости зерна – на 80-100%. В результате преждевременного отмирания листьев и сильного поражения колосковых пленок формировалось щуплое зерно, урожай снижался до 30-40%. Аналогичная фитосанитарная обстановка складывалась на посевах пшеницы в Чуйской и Таласской долинах Кыргызстана (Койшыбаев с соавт., 2005).

В 2013 и 2014 гг. из-за острозасушливых условий погоды на озимой и яровой пшенице желтая ржавчина развивалась в очень сла-

бой степени. Так, в 2013 г. в Южно-Казахстанской области апрель по гидротермическому режиму был благоприятным для развития этой болезни, выпало 84,5 мм осадков, среднесуточная температура не превышала 12,2-14,7°C, относительная влажность воздуха составляла 60-67%. Однако из-за отсутствия местной инфекции она проявилась только в середине второй декады мая, дальнейшее её развитие приостановлено из-за высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха (выпало 11 мм осадков при норме 37 мм).

В северном регионе Казахстана желтая ржавчина встречается крайне редко. В 1997 г. в начале налива зерна она обнаружена на твердой пшенице в Сарколском (бывший Урицкий) районе Костанайской области, пораженность листьев не превышала 1-5%. В 2002 г. наблюдали заметное её развитие (до 10-20%) на яровой мягкой пшенице и диком ячмене в Центральном Казахстане и северном – в Акмолинской области. Лето было дождливое и прохладное, возможно, инфекция болезни была занесена воздушными потоками из южного и юго-восточного регионов, где происходило эпифитотийное развитие болезни. В Северо-Казахстанской и Костанайской областях она не обнаружена (Койшыбаев с соавт., 2005).

Желтая ржавчина также отсутствует в Зауралье и Западной Сибири, за исключением горно-лесной зоны Алтайского края (Чулкина с соавт, 1987). В 2009 – 2010 гг. в Краснодарском крае происходило эпифитотийное развитие этой болезни, что было обусловлено затяжной и холодной весной и обильными осадками (Аблова, Беспалова и др., 2011).

В горной зоне Алматинской области при пораженности листьев озимой пшеницы желтой ржавчиной в период колошения на 10%, потери урожая составили 5,3%, 25 – 16,1 и 50% – 31,7%; в начале формирования зерна – соответственно 2,9; 7,8 и 15,6%. При поражении колосьев на 50% продуктивность их снижалась на 12,7%, 75-100 – на 18-23,5%. Масса 1 000 зерен у здоровых растений составляла 43,2 г, при поражении колосьев на 50% – 31,7 г; 75-100% – 35,5-32,1 г, т.е. снижалась от 12,7 до 25,4% (Зейналова, 1977).

Если, в 1961-1999 гг. средние мировые потери урожая пшеницы от желтой ржавчины не превышали 0,5-1%, то в 2000-2012 гг. достигли 5,7% или более 1 млрд. долларов (Pardey, 2014). В 1999-2000 гг. при эпифитотийном развитии болезни в Таджикистане и Узбекистане урожай озимой пшеницы снизился до 40-50% и более. При её эпидеми-

ях в Иране в 1993, 1995, 2010 и 2011 гг., недобор зерна составлял до 300 тыс. тонн. В некоторые годы желтой ржавчиной пшеница поражается в фазу всходов, если не обработать фунгицидом такие посевы, то потери достигают 50-75% или урожай уничтожается полностью. Эпидемия желтой ржавчины в 2010 г. в Эфиопии охватила 600 тыс. га площади этой культуры, для предотвращения огромных потерь урожая проводилась обработка посевов фунгицидами, затраты составили более 3,2 млн. долларов. В 2013 г. складывалась аналогичная ситуация, благодаря своевременному уведомлению фермеров, приняты меры для эффективного контроля болезни, потери были минимизированы и собран рекордный для страны урожай.

В 1992 и 1999 гг. в Китае эпидемией желтой ржавчины были охвачены 6,7 млн. га посевов пшеницы, в 2009 г. она сильно проявлялась в центральном и южном регионах, потери урожая достигли 20-26%, на большой площади проводилась обработка посевов фунгицидом (Chen, 2014).

1.3 Мучнистая роса

Возбудитель болезни – гриб *Erysiphe graminis* DC., синоним: *Brumeria graminis* (DC) Speer., пшеницу поражает форма *f. sp. tritici* March., а рожь – *f. sp. secalis* March.

Симптомы болезни, морфологические и биологические особенности возбудителя. Признаки болезни проявляются на листьях, междоузлиях стебля и колосковых пленках в виде белого, рыхлого мучнистого налета, состоящего из конидиеносцев и конидий гриба [рис. 8а и б]. Они бесцветные, одноклеточные, цилиндрические или бочонковидные, размером 25-40 × 8-10 мкм, образуют длинную цепочку в конце мицелий. Гриб в течение вегетации пшеницы образует несколько генераций конидиального спороношения, которые способствуют быстрому распространению болезни. Постепенно налет уплотняется, становится серым и войлочным, на грибницах появляются бурые точки – плодовые тела гриба (клейсткарпии или клейстотеции) шаровидной формы с многочисленными придаткам; в них формируется по 8-16 сумок, содержащих по 4-8 аскоспор эллипсоидной формы, размером 20-23 × 11-13 мкм [рис. 8б].

В южном и юго-восточном регионах Казахстана возбудитель мучнистой росы зимует на послеуборочных остатках пшеницы (солома,



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 8. Листья и колос пшеницы, пораженные мучнистой росой (а), клейстотеции гриба (б)

колосковые пленки) в виде недозрелых клейстотециев. Весной происходит дозревание и интенсивное выбрасывание из них аскоспор и заражение растений. В Западном регионе возбудитель болезни зимует на всходах озимой пшеницы в виде мицелий, а в отдельные годы – аскоспоры в клейстотециях. В годы, когда в сентябре и октябре выпадает много осадков (около 50-60 мм в месяц), они созревают осенью, заражают всходы озимой пшеницы, гриб зимует на листьях в виде мицелиальной подушечки, весной следующего года гриб возобновляет свое развитие и образует конидии, которые заражают листья яровой пшеницы (Доровская, Габдеев, 1978). В Кыргызстане клейстотеции формируются при среднесуточной температуре до 21°C, созревание аскоспор наблюдается в августе-сентябре и они заражают всходы озимой пшеницы.

Гриб *Erysiphe graminis* состоит из нескольких специализированных форм: пшеничная (*f. sp. tritici*), ячменная (*f. sp. hordei*), пырейная (*f. sp. agropyri*), мятликовая (*f. sp. poa*) и др., которые поражают огра-

ниченный круг злаков: пшеничная – мягкую и твердую пшеницу, эгилопс и волоснец; ячменная – ячмень заячий, луковичный и дикий (Гешеле, 1953; Васягина с соавт., 1968). Тритикале не поражается этой болезнью.

На юго-востоке Казахстана встречаются пшеничная, ячменная и пырейная формы *E. graminis*. При искусственном заражении первой формой гриба, кроме пшеницы, поражались эгилопс цилиндрический, волоснец ситниковый и тяньшанский, рожь озимая и многолетняя, пырей и регнерия тяньшанская. Ячменной формой поражались пырей тяньшанский, ежа сборная и эгилопс цилиндрический, пырейной – пшеница, эгилопс, волоснец ситниковый и тяньшанский, ячмень и ежа сборная (Турсумбаев, 1972).

И.М. Шаймарданов (1988) считает, что гриб *E. graminis* обладает широкой специализацией. В южном и западном регионах Казахстана он выявлен в сумчатой стадии на 43 видах злаков, конидиальной – 54. При искусственной инокуляции растений аскоспорами гриба в фитотроне удалось заразить 47 видов злаков, конидиями – 64, относящихся к 26 родам.

Многолетние наблюдения в предгорной зоне Алматинской области показали, что мучнистой росой не поражаются житняк, ежа сборная, костер безостый и многие виды диких злаков. Заметное её развитие происходит на пырее ползучем и мятлике луговом, с которых, вероятно, заражаются ячмень и пшеница. В северном и восточном регионах сильно поражаются мучнистой росой озимая рожь и пшеница, на их листьях происходит перезимовка патогена в виде мицелий. На яровой пшенице она проявляется в период стеблевания, но из-за высокой температуры (27-30°C и более) и низкой относительной влажности воздуха или прохладной и дождливой погоды в июле-августе дальнейшее развитие болезни не происходит. На опытном поле НПЦ им. А.И. Бараева (Акмолинская область) из 7 видов многолетних злаковых трав, мучнистой росой поражался только пырей бескорневищный. На костре безостом, двух видах житняка и волоснце ситниковом заболевание не обнаружено. В Восточно-Казахстанской области весной – в начале стеблевания наблюдали сильное поражение (до 50-75%) озимой ржи мучнистой росой, что указывает на перезимовку патогена на всходах в виде мицелий. Однако заболевание не переходило на яровую пшеницу, что

свидетельствует о паразитировании на ней специализированной формы гриба (Койшыбаев, 1999).

В Западной Сибири возбудитель мучнистой росы перезимовывает в сумчатой стадии на послеуборочных остатках пшеницы. Аскоспоры созревают весной и заражают яровую пшеницу. В течение вегетации растений гриб развивается в конидиальной стадии, споры разносятся воздушными потоками, распространяя болезнь. Оптимальная температура для их прорастания в пределах 15-20°C, относительная влажность воздуха – 96-99%, минимальная – 4-5 и 50-70%. Массовое созревание аскоспор и интенсивное их выбрасывание из клейстотециев наблюдаются при температуре 12-17°C. Сильное развитие болезни происходит при относительной влажности воздуха в летний период 70-80% и температуре 18-19°C, чередовании влажной и сухой погоды, когда днем у растений падает тургор (Гешеле, 1956).

Распространение и вредоносность. Многолетние наблюдения показали, что на озимой и яровой пшенице мучнистая роса распространена в лесостепной зоне северного, в горно-степной и степной зонах восточного, заметно развивается на поливных землях юго-восточного и южного регионов Казахстана. В 1999 году, который отличался влажным и теплым летом, она заметно развивалась в Костанайской области, пораженность листьев яровой пшеницы достигала 25-50%. Она также широко распространена на орошаемых посевах пшеницы республик Центральной Азии, интенсивно развивалась в Иссык-кульской, Таласской, Чуйской долинах Кыргызстана (Койшыбаев, 1999). Как указывают Л.П. Сочалова и И.Е. Лихненко (2011), в лесостепной зоне Западной Сибири происходят спорадические вспышки болезни на яровой пшенице. В Краснодарском крае наблюдается стабильно высокая поражаемость ею озимой пшеницы (Роженцова, Шуляковская, 2005). В Нижнем Поволжье мучнистая роса распространена в основном на орошаемых посевах, на всходах яровой пшеницы развивается конидиальная стадия гриба, аскоспоры, формирующиеся на пораженных листьях, осенью заражают всходы озимой пшеницы. При повышенных температурах и пониженной относительной влажности воздуха заметно снижается репродуктивная способность гриба. К восковой спелости клейстотеции со зрелыми аскоспорами составляют на озимой пшенице 48%, яровой – 38% (Нечипоренко, 1988).

При поражении мучнистой росой снижаются ассимиляционная поверхность листьев пшеницы и масса зерна, уменьшается сумма углеводов, что связано с усилением дыхания растений и замедлением интенсивности фотосинтеза, активности фермента протеазы, увеличивается сумма азотистых веществ (Васягина с соавт., 1968).

1.4 Септориозные пятнистости

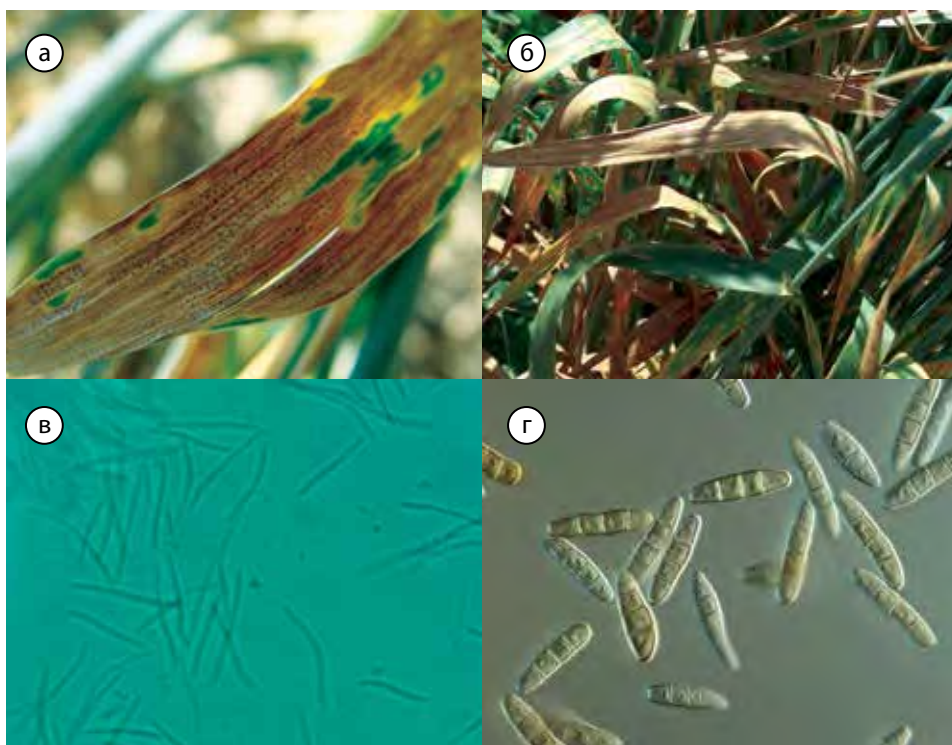
Основные возбудители болезней – *Stagonospora* (*Septoria*) *nodorum* Berk., *Septoria tritici* (Rob. et Desm.)

Симптомы болезни, видовой состав, морфологические и биологические особенности возбудителей. В Казахстане на пшенице зарегистрировано 5 видов грибов рода *Septoria*: *S. tritici* Rob. et Desm., *S. nodorum* Berk., *S. gramineum* Desm., *S. didickeana* Bayd. et Picb., *S. triticiana*.

В 1960 году *S. nodorum* обнаружен в Акмолинской области на мягкой пшенице. Основной его ареал находится в Западной и Восточной Сибири, Алтайском и Приморском краях России, а также в Прибалтике. Кроме пшеницы, он поражает ячмень и дикорастущие злаки, в частности *Poa pratensis*, *Aegilops cylindrica* (Бызова с соавт., 1971).

Более поздние исследования показали, что из видов рода *Septoria*, описанных в качестве патогенов пшеницы, доминирующими являются *S. nodorum* и *S. tritici*. Первый вид широко распространен на Южном Урале, в северо-восточном и северном регионах Казахстана, встречается реже в Западной Сибири, Южном Казахстане и Кыргызстане (Васецкая, Борзионова, 1987). В Северо-Западном регионе и Центральной Черноземной зоне России распространены на пшенице 3 вида возбудителя септориоза: *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* и *S. avenae* f. *sp. tritici*. Во всех агроклиматических зонах доминирует первый вид, встречаемость его в среднем составляет 61-65%, второго вида 20-25% (Гульятеева с соавт., 2005, Судникова, с соавт., 2005).

Характер проявления болезни зависит от видового состава возбудителя и пораженного органа. Гриб *S. tritici* поражает в основном листья и их влагалище, где заболевание проявляется в виде продолговатых желтовато-коричневых полос или темно-бурых пятен с пепельно-серым центром, которые постепенно разрастаются, и, сливаясь, образуют большие некротические полосы, листья преждевременно засыхают [рис. 9а и б]. Впоследствии на обеих сторонах листьев образуются



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 9. Листья и колосья пшеницы, пораженные септориозом (а, б), возбудители *S. tritici* и *S. nodorum* (в и г)

черные точки – пикниды шаровидные или шаровидно-эллипсоидальной формы, располагающиеся беспорядочно, диаметром 75-270 мкм, овальным или круглым отверстием или устьищем. В каждой пикниде могут образовываться до 15-20 тыс. пикноспор; они по форме прямые или слегка согнутые, нитевидные, зеленоватые или почти бесцветные, с закругленными концами, 3-4, реже 5-7 перегородками, размером 36-98 × 3,5-5 мкм (Васецкая, Борзионова, 1987).

S. nodorum поражает все органы растений: листья и их влагалище, междоузлия стеблей, колосковые пленки и зерно пшеницы. На листьях, часто на верхней части и по краям развиваются бурые расплывчатые пятна, которые, сливаясь между собой, приводят к преждевременному их отмиранию. Часто наблюдаются нетипичные формы болезни в виде хлоротичных пятен и некроза листьев, особенно на повторных посевах пшеницы, что возможно связано с расовым составом патогена. Поражаются болезнью и междоузлия стеблей, где образуются белесоватые или бурые расплывчатые

пятна, заметные в период налива зерна. В отдельные, наиболее увлажненные годы, симптомы болезни проявляются на колосковых пленках в виде овальных бурых пятен с фиолетовым окаймлением [рис. 9а и б], особенно у подгона, и происходит заражение семян. В условиях Казахстана с засушливым климатом пикнидальное спороношение гриба на пораженных органах пшеницы формируется в основном в осенне-весенний период. Пикниды располагаются глубоко под эпидермисом, темно-коричневые, шаровидные, 40-250 мкм в диаметре, или овальные с округлым устьищем. Пикноспоры прямые или слегка изогнутые с 1-3 перегородками, размером 18-33 × 2-4 мкм [рис. 9в и г]. Известна сумчатая стадия возбудителей септориоза *Leptosphaeria nodorum* Mull. и *L. tritici* Mull, которая развивается в неблагоприятных для патогена условиях, значительно повышая потенциал инокулюма (Бызова с соавт., 1971).

В сухо-степной и засушливо-степной зонах Акмолинской области доминирующими на пшенице являются: *S. nodorum*, встречаемость его варьировала от 70 до 100%, *S. tritici* – 12,5%, *S. avenae* – до 5% (Бабкенова, 2016). При поражении пшеницы грибом *S. avenae* на листьях, чаще вдоль главной жилки, образуются удлиненные узкие пятна с черными точками – пикнидами, которые располагаются параллельными рядами. Это заболевание менее вредоносно по сравнению с септориозами, вызываемыми *S. nodorum* и *S. tritici*.

Пикноспоры возбудителей септориоза распространяются, в основном, с каплями дождя, при наличии капельно-жидкой влаги они начинают прорастать при широком диапазоне температуры – от 5 до 35°C; оптимальная для *S. nodorum* – 15-20°C. Специальные опыты с имитированием дождя показали, что в каплях размером 600 мкм обнаруживается более 100 спор этого гриба (Пыжикова, Санина, 1987). На пожнивных остатках растений жизнеспособность их сохраняется до 6-18 месяцев, в верхнем слое почвы – 30-50 суток. Под воздействием сапрофитной микрофлоры и избыточной влаги они через 2-3 недели теряют всхожесть в пахотном горизонте почвы (Васецкая, Чигирев, 1987).

Заражение пшеницы грибами *S. nodorum* и *S. tritici* возможно при температуре от 5 до 35°C, оптимальная – 20-30°C. Для первого патогена достаточно наличие капельно-жидкой влаги в течение 4-5 ч, для второго – 8-10 ч. При постоянной росе или капельках дождя

успешное заражение листьев происходит при температуре 10-15°C за 36-48 ч., при 20-25°C – через 24-36 ч. При чередовании влажного периода с сухим, часто наблюдаемое в природных условиях, возможно заражение растений, но заболевание проявляется слабее. На сухих листьях пшеницы споры возбудителей септориоза сохраняли жизнеспособность в течение 8-10 ч. и при благоприятных условиях заражали растения (Пыжикова, Санина, 1987).

В Северном Казахстане сильное развитие септориоза на яровой пшенице наблюдается в годы с повышенным количеством осадков в июне – августе, при высокой влажности воздуха (70% и более) и гидротермическом коэффициенте 1-1,5 и более (Койшыбаев, 1999; 2010).

Специализация и источники инфекции. *S. nodorum* широко специализирован, кроме пшеницы, поражаются райграс высокий, кострец безостый, регнерия северокавказская, овсяница луговая, эгилопс цилиндрический, пырей гребенчатый, ломкоколосник сибирский, рожь и ячмень. На листьях инокулированных растений некротические пятна образуются через 12-15 суток, пикниды – 14-35. При заражении пшеницы реизолятами *S. nodorum* из злаковых трав на её листьях развивались характерные симптомы болезни, что свидетельствует о широкой специализации патогена. Кроме диких злаков, гриб поражает эспарцет, одуванчик и гречиху с образованием на пятнах пикни; люцерна, клевер и марь белая не поражались (Васецкая, Борзионова, 1986).

Наши многолетние наблюдения не подтвердили широкую специализацию *S. nodorum* и *S. tritici*. В Северном Казахстане в годы эпифитотийного развития септориоза на яровой пшенице, не поражались им овес, ячмень и озимая рожь. При искусственной инокуляции злаков грибом *S. nodorum*, характерные признаки болезни проявлялись только на озимой и яровой пшенице, хлоротические пятна и некрозы – на мышее сизом, костре безостом, не поражались сорго, кукуруза, суданская трава, просо, овес и ячмень (Койшыбаев, Исмаилова, 1991).

Источниками инфекции септориоза могут быть семена, а также пожнивные остатки растений из семейства злаковых. Однако роль их неодинакова для разных почвенно-климатических зон. В Западной Сибири одним из источников инфекции являются семена пшеницы, заболевание проявляется в период всходов на coleoptile и листьях (Чулкина с соавт., 1987).

Анализы образцов семян пшеницы, полученных из различных регионов Казахстана, путем проращивания на бумажных рулонах в лаборатории и в чашках Петри под ультрафиолетовыми лучами в специальных боксах при температуре 15-20°C показали, что пораженность всходов септориозом не превышает 1-3%. На посевах пшеницы с высоким травостоем (70-80 см и более), колосковые пленки не поражаются септориозом, или заболевание проявляется в слабой степени (до 5-10%), очень редко наблюдается формирование на них пикнид. При проращивании образцов семян, отобранных из пораженных септориозом колосьев, количество всходов с характерными признаками болезни не превышало 5-10%. Проявление болезни в северном регионе в период стеблевания-колошения яровой пшеницы также свидетельствует о второстепенной роли семян в передаче инфекции. В юго-восточном регионе на озимой пшенице признаки септориоза проявляются рано – в период стеблевания растений, что связано с благоприятными условиями погоды в конце весны и начале лета: в мае-июне часто выпадает до 100-150 мм осадков (Койшыбаев, 2001, 2010).

Многолетние исследования показали, что в северном и других регионах Казахстана, инфекция септориоза сохраняется на пожнивных растительных остатках пшеницы. Пикниды и споры *S. nodorum* формируются обычно в осенне-весенний период, а в наиболее увлажненные годы летом – на листьях и колосковых пленках. На пожнивных её остатках пикноспоры дозревают не одновременно, на отрезке соломы можно обнаружить вполне зрелые пикниды, с которых высвобождаются споры, находящиеся в начальной стадии формирования. На площади листьев 1 см² и междоузлиях стебля образуются до 300-400 пикнид *S. tritici*, что свидетельствует о высоком инфекционном потенциале возбудителя.

Лабораторные опыты показали, что споры *S. nodorum* прорастают очень быстро и при низкой температуре, так, при 12-15°C через 1-2 часа всхожесть их составляла 20-27%, через 3 часа – 64%. Споры *S. tritici* прорастали очень медленно: при температуре 15°C через 12 часов количество проросших спор составляло 6,3%, 20°C – 13,2%, в то же время у первого вида 90-100% .

Распространение и вредоносность. Септориоз – широко распространенная и очень вредоносная болезнь пшеницы в США и

Канаде, Западной Европе и во многих странах мира. Заболевание, вызываемое *Stagonospora nodorum*, чаще встречается в Северной Европе, восточной части США, на западе Австралии, *Septoria tritici* превалирует в регионах с умеренным климатом (Schauen, 1999). Если в 1980-90 гг. в Российской Федерации септориоз имел локальное распространение, то в последние годы встречается повсеместно. В Центрально – Черноземной зоне и Западно-Сибирском регионе в структуре патогенных комплексов доля возбудителей этой болезни достигает 45-55%, в 2007 г. при эпифитотийном её развитии, потери урожая составили 20-25%. В Краснодарском крае также участились массовые вспышки болезней, вызываемые грибами из рода *Septoria*, значительно снижающие продолжительность функционирования листового аппарата пшеницы. В более засушливом Поволжском агроклиматическом регионе пораженность посевов пшеницы септориозом во влажные годы достигает 30-40%, доминирующим видом является *Septoria tritici*. В 2003-2005 гг. на Северо-Западном регионе он основной возбудитель септориоза, что связано с потеплением климата (Судникова с соавт., 2005; Гультяева с соавт., 2005; Назарова с соавт., 2010).

В Белоруссии септориоз и желтая пятнистость, фузариоз колоса и корневые гнили являются основными болезнями озимых зерновых культур, потери от их комплекса могут достигать 30-35% (Буга с соавт., 2012).

В Северном Казахстане заметное развитие септориоза на яровой пшенице зарегистрировано в конце 70-годов прошлого столетия. В 1986 г. он развивался до уровня эпифитотии, охватывая до 50,4-62,9% площадей её посевов, на 1/3 части проявлялся в средней и сильной степени. В 1993-1994 гг. на площади 1,5-2,3 млн. га заболевание было распространено сильно, вызывая заметные потери урожая зерна, а в засушливые 1995-1998 гг. – в слабой степени. Септориоз, вызываемый *S. nodorum*, развивается заметно почти ежегодно, за исключением острозасушливых, *S. tritici*, – в основном в годы с обильными осадками и низкой температурой воздуха в период стеблевания-колошения пшеницы.

В южном и юго-восточном регионах Казахстана и Кыргызской Республике септориоз является наиболее распространенной болезнью озимой пшеницы. В годы с влажной (сумма осадков в апреле и

мае не менее 75-100 мм) и прохладной весной (15-20°C) развивается до уровня эпифитотии. На одном и том же листе одновременно встречаются септориоз и желтая пятнистость (Койшыбаев, 2010).

В результате преждевременного отмирания ассимиляционной поверхности листьев, междоузлий стебля и колосковых пленок пшеницы, значительно снижается фотосинтетическая активность растений, сокращается их вегетационный период. Потери урожая зерна происходят в основном в результате снижения озерненности колоса и массы зерна у больных растений. Установлено, что вредоносность септориоза зависит от степени пораженности листьев: при 30% урожай снижается в среднем на 10%, 30-50 – 20%, при 51-75 – на 30% и свыше 75% – на 40%. Отмечено, что между степенью поражения колоса озимой пшеницы септориозом и содержанием в зерне клейковины существует отрицательная корреляционная связь ($r = -0,69$), при увеличении пораженности его на 10% она снижается на 2,5% (Пыжикова, Санина 1987; Санин, Жохова, 2012).

В юго-восточном Казахстане при слабом развитии септориоза масса 1 000 зерен озимой пшеницы снижалась на 1,9-4,6%, умеренном – 10-12%, сильном – до 19,3-27,9%. Установлена высокая коррелятивная зависимость между пораженностью листьев и снижением массы 1 000 зерен ($r = -0,96$). Наибольшие потери отмечаются при развитии патогенов на колосковых пленках, между поражением колоса и потерями урожая существует тесная коррелятивная связь (Койшыбаев, Исмаилова, 1999).

В 1986 г. при эпифитотийном развитии болезни в Северо-Казахстанской области у сорта Омская 18 в контрольном варианте масса 1 000 зерен не превышала 22 г, при обработке посевов Тилтом составляла 31,2-34,6 г. В 1992 г. при умеренном развитии бурой ржавчины и септориоза (25-50%) в Костанайской области, урожай сортов яровой пшеницы Иртышанка 10 и Целинная-Юбилейная снизился на 13,3%, в 1993 г. – при сильном их развитии потери составляли 33,7-38,1%; в контроле масса 1 000 зерен была ниже на 19,3 и 29%, т.е. формировалось щуплое зерно [табл. 6].

Таким образом при раннем проявлении и эпифитотийном развитии септориоза совместно с листовой ржавчиной в результате снижение озерненности колоса и массы зерна потери урожая могут достигать 25-30% и более, при позднем проявлении и умеренном развитии 7-10%.

Таблица 6. Вредоносность септориоза и ржавчины на яровой пшенице в Северном Казахстане

Годы	Пораженность листьев, %		Масса 1 000 зерен, г			Снижение массы зерна, %	Урожай, ц/га		Снижение урожая, %
	септориоз	бурая ржавчина	контроль	обработка фунгицидом	контроль		обработка фунгицидом		
Северо-Казахстанская обл., 1986-1990 гг.									
1986	50-75	5-10	24,9	34,7		28,2	18,5	24,1	23,2
1987	5-10	5-10	35,9	36,7		2,2	16,6	19,6	15,3
1988	10-25	25-50	33,4	39,5		15,4	15,7	18,2	24,7
1990	10-25	25-50	35,0	36,5		4,1	19,2	22,0	12,7
сред.	20-40	15-30	32,3	36,9		12,5	17,0	20,9	18,7
Костанайская обл., 1991-1994 гг., сорт Иртышанка 10									
1991	1-5	15-20	38,9	39,5		1,5	18,4	19,6	6,1
1992	25	30-40	41,8	44,2		5,4	37,0	42,7	13,3
1993	5-10	100	27,1	33,6		19,3	21,8	32,9	33,7
1994	75-100	40-50	37,8	41,3		9,3	23,4	28,4	17,6
сред.	25-35	45-50	36,4	39,7		8,9	25,2	30,9	16,4
Сорт Целинная-Юбилейная									
1991	1-5	15-20	–	–		–	12,7	14,2	10,6
1992	25	40-50	42,8	42,6		нет	33,0	40,5	22,7
1993	5-10	75-100	27,0	38,2		29,3	16,4	26,5	38,1
1994	75-100	15-20	–	–		–	26,9	32,9	18,2
сред.	25-35	35-50	34,9	40,4		14,6	22,3	28,5	22,4

1.5 Гельминтоспориозные пятнистости листьев

Пшеница поражается двумя видами гельминтоспориозных пятнистостей: темно-бурой (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana* Sacc., син: *Helminthosporium sativum* P. K. et B.) и желтой – *Drechlera tritici – repentis* (Died.) Shoem. ; сумчатая стадия – *Phyrenophora tritici-repentis*. Они широко распространены во многих странах, обычно встречаются одновременно с преобладанием того или иного вида в зависимости от агроклиматических зон и погодных условий (Duveiller, Dubin, 2003).

Темно-бурая пятнистость. Проявляется на листьях пшеницы в виде округлых светло-бурых пятен, которые при высокой влажности воздуха покрываются темно-оливковым налетом, состоящим из конидий и конидиеносцев гриба. Возбудитель болезни поражает и подземные органы растений, вызывая корневую гниль, развивается также на зародышевой части зерна. Полные сведения о биологических и морфологических особенностях возбудителя приводятся в подразделе корневая гниль.

1.5.1 Желтая пятнистость листьев (пиренофороз)

Симптомы, морфология возбудителя и распространение болезни. Симптомы очень сходны с признаками септориоза, вызываемого грибами *Septoria nodorum* и *S. tritici*. Поражаются листья, на которых сначала появляются округлые, эллипсоидальные, желтые, светло-коричневые пятна, с хлоротичной зоной вокруг, которые быстро увеличиваются в размере, часто сливаются между собой, образуя широкие полосы [рис. 10а и б]. Заболевание проявляется на междоузлиях стебля в виде темно-бурых или светлых расплывчатых пятен, реже на колосковых пленках. Максимальное развитие болезни происходит в период колошения – молочной спелости зерна, при сильном поражении начиная с верхушки листья засыхают. На пораженных органах растений при высокой влажности воздуха развиваются мицелий и спороншение гриба серовато-белого или темно-серого цвета. Конидиеносцы выходят из устьиц листьев группами или одиночно, длина их от 10-20 до 400 мкм, конидии – прямые или слегка изогнутые, цилиндрические, желтоватые или желтовато-коричневые, размером 20-75-270 × 10-24 мкм, количество перегородок от 2-3 до 8-10. Гриб имеет сумчатую стадию – *Pyrenophora tritici repentis* Drechs. [рис. 10в], которая формируется на пожнивных остатках растений.



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 10. Листья пшеницы пораженные желтой пятнистостью (а); конидиальная (б) и сумчатая стадия (в) возбудителя болезни

Установлено, что в условиях Узбекистана возбудитель болезни перезимовывает на листьях пшеницы в виде покоящихся мицелий, а также на послеуборочных её остатках и дикорастущих злаках в сапрофитной стадии. Источником инфекции могут быть и семена. Заражение растений возможно при температуре 5°C и продолжительности росяного периода 2 ч. Оптимальная температура для роста и спороношения гриба *D. tritici-repentis* – 20-25°C, частые и обильные осадки усиливают развитие болезни. Гриб, кроме пшеницы, поражает разные виды пырея (*Agropyron repens*, *A. interruptum*), житняк (*A. cristatum*), щетинник (*Setaria viridis*), эгилопс (*Aegilopus cylindrica*), костер безостый (*Bromus inermis*), ячмень дикий (*Hordeum spontaneum*), суданскую траву (*Sorghum sudanense*). В опытах Л. Ламари с соавторами при искусственной инокуляции грибом 16 видов злаков, характерные симптомы болезни обнаружены только на пшенице и тритикале (Постникова, 1999; Postnikova, Khasanov, 1999). В 2004 г. в предгорной зоне Алматинской области на озимой ржи, растущей от самосева в посевах озимой пшеницы, обнаружены типичные симптомы желтой пятнистости (Койшыбаев, 2010).

Для прорастания конидии видов *Helminthosporium*, *Drechslera* наиболее благоприятна температура от 18 до 32°C и высокая влажность воздуха. На поверхности листьев конидии прорастают в течение 4-х ч., мицелий внедряется в ткань растений через 8 ч., в течение суток интенсивно распространяется на соседние клетки растения-хозяина (Dubeiller, Dubin, 2013). Специальные опыты показали, что образование конидиеносцев происходит при свете, т.е. днем, конидии – в темноте при высокой влажности воздуха или наличии капельно-жидкой влаги; при сухой погоде они рассеиваются и повторно заражают растения (Fsans, 1998).

Желтая пятнистость или пиренофороз сравнительно новое заболевание пшеницы, она широко распространена во многих странах мира. В начале 40-годов прошлого столетия впервые обнаружена в США и Канаде, в 80-90 годы – в странах Западной Европы. В восточной части Канады желтая пятнистость и септориоз встречаются в комплексе; первое заболевание в более засушливой зоне, второе – в наиболее увлажненной. Совместно с гельминтоспориозным ожогом она является широко распространенной болезнью пшеницы в странах Южной Азии, где возделывают её в рисово-пшеничных севооборотах. Усилению её вредоносности способствуют возделывание восприимчивых сортов и широкое внедрение нулевой технологии возделывания.

Во многих регионах потери урожая от комплекса гельминтоспориозных болезней варьируют от 15 до 27%, в Мексике на отдельных, не коммерческих сортах – от 50 до 90%. В последние годы желтая пятнистость стала широко распространенной болезнью пшеницы в Австралии и совместно с септориозом обуславливает потери урожая от 5 до 20% (Saary, 1998; Baconyi, Aponyi, Fischl 1998; Fernandes, DePauw et al., 1998; Ozoria et al., 1998; Dubeiller, Dubin, 2013).

В России и других странах СНГ проблема желтой пятнистости возникла в 80-годы прошлого столетия. Впервые она была обнаружена в 1985 году в Северном Кавказе, в настоящее время стала широко распространенной болезнью этой культуры в северо-западном регионе Поволжья, Западной Сибири и Алтайском крае. В 1986-1988 гг. происходило эпифитотийное её развитие в Краснодарском и Ставропольском краях Российской Федерации. Выявлена высокая зависимость степени поражения посевов болезнью от влагообеспе-

ченности зоны: в регионах с достаточным увлажнением показатель достигал 40-60%, а в засушливых – 5-10% (Михайлова и др., 2005; Кремнева, 2012; Волкова с соавт., 2012; Левитин, 2012).

В Центральной Азии желтая пятнистость была обнаружена в середине 80-х годов в Узбекистане на озимой пшенице, наибольшее её развитие (70-80%) происходило в Джизакской области на высоте 700-900 метров над уровнем моря и выше (Хасанов, 1988). Мониторинг болезней пшеницы в период 2003-2009 гг. в разных агроклиматических зонах Таджикистана показал, что она стала доминирующей этой культуры. Если в 2004-2005 гг. её соотношение с желтой ржавчиной было примерно одинаковое – около 40-50%, то в 2006-2009 гг. достигло 90-100% (Rahmatov et al, 2009).

Желтая пятнистость широко распространена на озимой и яровой пшенице в южном, юго-восточном и северном регионах Казахстана. В 1996 и 2001 гг. происходило эпифитотийное её развитие в предгорной зоне Алматинской области. Первые признаки заболевания были обнаружены в период стеблевания озимой пшеницы, в фазу колошения пораженность листьев верхнего яруса составляла 25-50%, к молочной спелости зерна достигала 75-100%, и они засыхали преждевременно. В северном регионе республики заметное развитие желтой пятнистости на яровой пшенице происходило в 1999, 2000, 2007 гг., особенно по стерневому фону. Широкое её распространение и усиление интенсивности её развития связано с монокультурой пшеницы или чрезмерной насыщенностью ею севооборотов, минимальной обработкой почвы, сохранением стерни, самое главное, высокой восприимчивостью к патогену возделываемых сортов. В предгорной зоне юго-восточного региона многие сорта, в том числе, Стекловидная 24, Жетысу и другие, поразились желтой пятнистостью до 50-75% (Хасанов, 1988; Койшыбаев, 1999).

Л. Ламари (Lamari, 2005) на основе мониторинга посевов пшеницы в странах, расположенных по шелковому пути, относит Казахстан к региону широкого распространения и высокой вредоносности желтой пятнистости, Кыргызстан и Азербайджан – среднего, Узбекистан – слабого проявления. В 2003 г. совместно с представителем СИММИТ Е. Дювейллером и профессором Католического Университета Бельгии Г. Марайте проводили фитосанитарный мониторинг посевов пшеницы в центральном и северном регионах Казахстана

и Западной Сибири. Обращалось внимание на стерневые остатки, на многих полях находили сумчатую стадию гриба *Ph. tritici repentis*. Для идентификации видового состава возбудителей болезней были собраны стерневые остатки из более 50 полей пшеницы, которые анализированы в лаборатории департамента фитопатологии указанного университета под руководством профессора Г. Марайте. Установлено, что из пораженных её органов частота выделения гриба *D. tritici-repentis* варьирует от 12 до 31%, в среднем составляет 21%, *S. nodorum* – не превышал 15%, что, на наш взгляд, связано с формированием пикнид и пикноспор на пожнивных остатках осенью или весной следующего года. Об этом косвенно свидетельствует отсутствие спороношения грибов на 44% анализированных сегментах. Кроме того, из септориальных пятен часто выделялся *Alternaria alternata*, который заселяет ткани растений, некротизированными грибами и бактериями [табл. 7].

Для уточнения частоты встречаемости грибов *D. tritici-repentis*, а также *Septoria nodorum* и *S. tritici* были анализированы гербарные материалы озимой пшеницы, собранные в 2003 г. во время мониторинга посевов в южном и юго-восточном регионах Казахстана и Кыргызской Республике. Установлено, что *D. tritici-repentis* выделяется от 4,8 до 16,8%, *S. nodorum* и *S. tritici* – от 5 до 13,3%, *Bipolaris sorokiniana* – 17,1-20% [табл. 8]. Более высокая встречаемость последнего, вероятно, обусловлена погодными условиями года: в Алматинской области выпало осадков в 2-3 раза больше многолетней нормы. В результате

Таблица 7. Частота выделения дематиевых грибов из листьев яровой пшеницы в Казахстане и Западной Сибири

Регион, область	Количество сегментов	Из них выделено,%				
		<i>B. sorokiniana</i>	<i>D. tritici-repentis</i>	<i>A. alternata</i>	<i>St. nodorum</i>	<i>S. tritici</i>
Казахстан						
Акмолинская обл.	36	5	20	16	5	5
Павлодарская обл.	16	0	31	0	0	0
Северо-Казахстанская обл.	16	5	12	12,5	15	0
Костанайская обл.	19	8,5	21	19	9,5	7
Итого или среднее	87	4,5	21,0	11,9	7,4	3,0
Россия						
Омская обл.	15	0	47	22,6	32,4	0

Таблица 8. Частота выделения несовершенных грибов из листьев озимой пшеницы в южном Казахстане и Кыргызстане

Регион, область	Количество сегментов	<i>B. sorokiniana</i>	<i>D. tritici-repentis</i>	<i>A. alternata</i>	<i>St. nodorum</i>	<i>S. tritici</i>
Казахстан						
Алматинская обл.	8	20,0	16,8	–	11,3	5,0
Жамбылская обл.	9	17,1	4,8	–	13,3	–
Южно-Казахстанская обл.	8	–	10,5	5,7	–	–
Сумма или среднее	25	18,6	10,1	1,9	8,2	1,7
Кыргызстан						
Чуйская обл.	10	–	6,7	3,2	15,0	9,0

высокой влажности воздуха происходило заражение листьев нижнего и среднего ярусов этой культуры темно-бурой пятнистостью.

В 2006-2007 гг. в степной зоне Акмолинской и Костанайской областей на стерневых остатках повторных посевов пшеницы весной находили зрелые псевдотеции *D. tritici-repentis* (на отрезке 5-10 см до 15-20 штук), что свидетельствует об огромном запасе инфекции патогена.

1.6 Корневые гнили

Пшеница поражается несколькими видами корневых гнилей, различающихся по внешним признакам проявления болезней и видовому составу возбудителей. В степной зоне Северного Казахстана на яровой пшенице преобладает гельминтоспориозная или гельминтоспориозно-фузариозная гнили. В горной зоне юга и юго-востока на озимой пшенице, наряду с гельминтоспориозной, распространены офиоболезная корневая гниль и снежная плесень. В Западном Казахстане в условиях орошения на её посевах обнаружен церкоспореллез, или ломкость стеблей (Койшыбаев, 2002).

1.6.1 Гельминтоспориозная (обыкновенная), гельминтоспориозно-фузариозная гнили

Возбудители болезни – *Bipolaris sorokiniana* Sacc. (*Helminthosporium sativum* P. K. et B.) и виды рода *Fusarium* Link.

Симптомы болезней, видовой состав, морфологические и биологические особенности возбудителей. Проявляется на первичных и вторичных корешках, эпикотиле, подземных междоузлиях, у основания стебля пшеницы в виде темно-бурых, коричневых штрихов,

пятен или широких полос [рис. 11а]. При сильном развитии болезни происходит сплошное побурение одного или двух междоузлий, отмирание боковых стеблей. Пораженные органы растений во влажной камере покрываются темно-оливковым, бархатистым налетом, состоящим из мицелий, конидиеносцев и конидий гриба. Конидиеносцы – коленчато-изогнутые, зубчатые, с 5-8 перегородками, конидии – оливковые, темно-оливковые, прямые, реже изогнутые, булавовидные, обратно-яйцевидные, с 2-7 перегородками [рис. 11б].

Гриб *H. sativum* широко специализирован, поражает более 90 видов злаков, в т.ч., пшеницу, ячмень, рожь, овес, разные виды пырея, мятлика, овсяницу и др. ; некоторые исследователи выделяли его из двудольных растений (вьюнок полевой, осот розовый, полынь горькая, марь белая и др.). Однако в природных условиях круг растений, поражаемых патогеном, ограничен. Наши исследования показали, что овес, овсюг, рожь, просо, могар, кукуруза, житняк и др. практически устойчивы к этой болезни. При наличии капельно-жидкой влаги гриб развивается при температуре от 3-5 до 35-40°C, оптимальная – 20-27°C. Лабораторные опыты с чистой его культурой показали, что



Рисунок 11. Гельминтоспориозная (обыкновенная), гельминтоспориозно-фузариозная гнили (а) и ее возбудитель (б)

наиболее оптимальная температура для его развития находится в пределах 20-30°C [рис. 12].

В странах с теплым и влажным климатом, в частности, в Южной Америке и Юго-Восточной Азии гриб *Bipolaris sorokiniana* является возбудителем гельминтоспориозного ожога листьев пшеницы. В последние годы он заметно прогрессирует, что связано с широким внедрением пшенично-рисовых севооборотов, где создаются благоприятные условия для накопления инфекции (Saari, 1998; Ginkel, Rajaram, 1998).

Возбудителями корневых гнилей озимой и яровой пшеницы также могут быть грибы из рода *Fusarium*, в частности *F. avenaceum* Sacc., *F. gibbosum* App. et Wr., *F. graminearum* Schw., *F. oxysporium* Snyd. et Hans. При фузариозной корневой гнили больные корешки и подземные междоузлия стебля покрываются ватообразным белым, желтоватым или розовым спороношением гриба. Макроконидии серповидной формы с 2-3 до 5-7 перегородками, микроконидии одноклеточные, яйцевидные или грушевидные.

Установлено, что видовой состав возбудителей может варьировать в зависимости от зоны возделывания пшеницы. В горных и предгорных районах южного и юго-восточного региона, где в основном возделывают озимую пшеницу, доминирует *F. graminearum*, а в степной зоне северного и западного регионов на яровой пшенице – *F. oxysporium* и *F. avenaceum* (Ермекова, Рысбаева, 1978). В Восточной Сибири из пораженных органов яровой пшеницы гриб *B. sorokiniana* выделялся с частотой до 74,9-81,5%, виды *Fusarium* – не более 6,5-9,9% (Хацкевич, Бенкен, 1987).

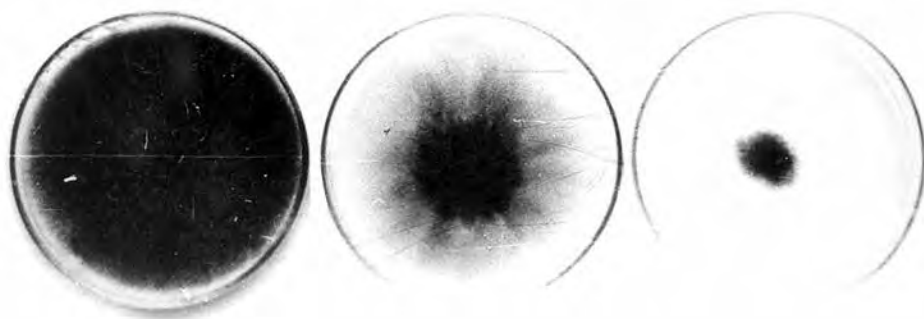


Рисунок 12. Влияние температуры на рост гриба *Bipolaris sorokiniana* в условиях *in vitro*: слева при температуре 25°C, в середине – 20, справа – 10-12°C

На поливных землях Узбекистана возбудителями корневой гнили озимой пшеницы являются *Fusarium culmorum*, *F. gibbosum*, *F. momiliforme*, а также *H. sativum*, *Pythium de Baryanum* и *Rhizoctonia solani*. При посеве пшеницы по пару доминировали виды *Fusarium*, по стерне – *H. sativum*. Наибольшей вирулентностью обладает *F. culmorum*, который значительно снижает всхожесть семян (Гольдштейн и др., 1972).

Источники инфекции. Возбудители корневых гнилей в основном сохраняются на пораженных растительных остатках и в почве, иногда передаются семенами. При отсутствии восприимчивого растения-хозяина, грибок может сохраняться в почве в виде диаспор. В Северном Казахстане основными источниками инфекции являются послеуборочные остатки пшеницы и дикорастущих злаков, конидии *Helminthosporium* из них выделялись от 20 до 69%, виды *Fusarium* от 3,3 до 23,3% соответственно (Джиембаев, Альжанов, 1970).

В Джизакской, Кашкадарьинской, Сухандарьинской областях Узбекистана, в Чарджоуской и Кулябской Таджикистана, в Таласской области Кыргызстана, а так же в западном, южном, юго-восточном, северном, восточном регионах Казахстана конидии *B. sorokiniana* обнаружены в приземном слое воздуха на высоте 50-500 м (Хасанов, 1987).

В Западной Сибири основными источниками инфекции корневой гнили пшеницы являются культурные и дикорастущие злаки – ячмень, щетинник и овсюг. Возбудитель болезни успешно выживает в почве, зараженность её патогеном с севера на юг увеличивается в 3-4 раза. Установлено, что в условиях Восточной Сибири в воздушно-сухой почве при температуре 18-23°C конидии сохраняют жизнеспособность в течение 131 суток, а при постепенном её увлажнении всхожесть их снижается до 50-60%. Пороговый уровень инфицированности им составляет 15-20 конидий *B. sorokiniana* на 1 г почвы, что близко к плотности популяции гриба в целинных и залежных землях, зависит от типа почвы: 10%-ое развитие болезни, когда достоверно снижается урожай, на обыкновенных черноземах наблюдается при её инфицированности 50 конидий. Более слабое проявление болезни наблюдается при плотности почвы 1,0-1,2 кг/см³, при низком – 0,9 кг/см³ и высоком индексах усиливается её развитие. Оно также зависит от влажности почвы, при 40-60% от полной влагоемкости к

концу вегетации пшеницы индексы болезни не превышают 11-14%, а при варьировании от 25 до 60% увеличиваются до 65%. При температуре до -30-40°C патоген сохраняется в почве до 7 месяцев (Чулкина с соавт., 1975; Бенкен, Хацкевич, 1987; Чулкина, Павлова, 1987).

Корневая гниль также передается семенами пшеницы, при этом всходы поражаются болезнью до 14-56%, происходит снижение их всхожести (Шевченко, 1970). Фитоэкспертиза семян пшеницы урожая 1986-1988 гг. из различных регионов Казахстана показала, что количество семян с признаками «черного зародыша» варьирует от 3-5 до 30-40%. Корреляционный анализ показал, что имеется определенная связь между пораженностью всходов корневой гнилью и инфицированностью семян ($r=0,46$), которая свидетельствует об их роли в передаче инфекции болезни (Койшыбаев, 1981).

Распространение и вредоносность. С.М. Тупеневич (1970) еще в 40-х годах прошлого века указывал, что гельминтоспориоз является наиболее широко распространенной болезнью зерновых культур в южных областях Советского Союза. Неустойчивый водный режим в этом регионе способствует усилению восприимчивости растений к заболеванию. Корневая гниль распространена очень широко и является наиболее вредоносной болезнью яровой пшеницы в Казахстане и азиатской части Российской Федерации. Исследования в Акмолинской области в начале 60-х годов на базе Всесоюзного института зернового хозяйства показали, что корневые гнили на яровой пшенице в первые годы распашки целинных земель развивались незначительно (Краева, 1960; Джиембаев, 1971). Постепенно шло накопление инфекции в почве и усиливалось развитие болезни. В 1966 г. на Кокшетауской опытной станции распространение болезни на коммерческих сортах пшеницы варьировало от 24,2 до 40,5%, при слабом ее проявлении урожай снижался на 11,6%, сильном – до 42,5% (Городилова, Шевцов, 1972).

В результате поражения корневой системы растений нарушается коммуникация между надземными и подземными органами, что ухудшает снабжение их элементами минерального питания и водой. Влияние болезни на рост растений наблюдается в фазу всходов, снижается всхожесть семян пшеницы, сила их роста, в дальнейшем больные растения заметно отстают от здоровых (Чулкина, 1975). Исследования показали, что корневая гниль влияет на физиолого-био-

химические процессы и качество зерна. В 1 г абсолютно сухого вещества у здоровых растений содержание общего азота составляло 3,1%, белка – 15,3, растворимых углеводов – 5,1, крахмала – 48,9%, у больных – 2,84; 13,8; 4,7 и 40,1% соответственно (Джиембаев, 1971).

Вредоносность корневой гнили заметно варьирует в зависимости от сорта пшеницы, поражаемого органа, степени развития болезни, предшественников и погодных условий. В Западной Сибири при эпифитотии корневых гнилей, наблюдавшихся в 50-60 годы прошлого века, потери её урожая составляли от 14-15 до 45-50%, ухудшалось качество зерна и семян (Шевченко, 1970; Чулкина, Павлова, 1987).

В засушливо-степной зоне Павлодарской области при поражении корневой гнилью нижнего междоузлия стебля потери урожая яровой пшеницы составляли 12,5%, основании стебля – 15,2%, обоих органов – 61,5- 69,1%. При посеве пшеницы по пару, потери урожая не превышали 2,1-4,4%, одноименному предшественнику второй год – 5,8-9,3%, после кукурузы – 2,2-5,6% (Бедина, 1974). На Карабалыкской опытной станции у сорта твердой пшеницы Безенчукская 98 в условиях достаточного увлажнения (ГТК 1,18) урожай от болезни снижался на 19%, в засушливые годы (ГТК 0,65) – на 44,2% (Тупеневич, Нестеров, 1977).

Вредоносность корневой гнили резко возрастала при повреждении растений скрытостеблевыми вредителями. Так, при слабом проявлении болезни урожай яровой пшеницы снижался на 11,6%, сильном – 42,5%, а когда растения повреждались еще вредителями, потери достигали 65,7% (Городилова, 1967).

В.В. Котова (1970) в условиях Костанайской области определяла вредоносность корневой гнили яровой пшеницы. Распространение болезни в севооборотах с высоким удельным весом культуры достигало 60-100%, её развитие – 20-46%. Потери зерна в зависимости от сортов, предшественников и погодных условий года колебались от 10,7 до 30%. Ею установлено, что между интенсивностью развития болезни в фазу полной спелости зерна и продуктивностью растений существует обратная связь с коэффициентом корреляции $r = -0,49-0,85$. Достоверное снижение урожая начинается при развитии болезни 10-15%; порог её вредоносности выше по предшественникам пар и кукуруза, ниже при выращивании пшеницы бессменно в

течение 2-3 лет. Она рекомендовала определить потери урожая от корневой гнили по уравнению:

$$Y = 7,84 + 0,0089X + 0,07X,$$

где:

Y – недобор урожая, %;

X – интенсивность развития болезни;

X – количество растений на 1 м².

Наши исследования в 1976-1980 гг. в пустынно-степной, предгорной и горной зонах юго-восточного региона Казахстана показали, что корневая гниль на озимой пшенице распространена повсеместно, индекс её варьирует от 5-10 до 40-50%, более она вредоносна в пустынно-степной зоне. При средней и сильной степени поражения растений озерненность колоса снижалась от 9,6 до 33,1, масса 1 000 зерен – от 12,7 до 24,5%, при слабом – от 2,3 до 10,5%. По предшественнику пар вредоносность болезни составляла 3,5%, озимой пшенице – 5,3% [табл. 9]. В горной и предгорной зонах она проявлялась в слабой степени, и была менее вредоносной (Койшыбаев, 1981; 1982).

В 1981-1985 гг. на многолетнем стационаре Торгайской СХОС определяли на яровой пшенице вредоносность корневой гнили в

Таблица 9. Вредоносность корневой гнили на озимой пшенице (Алматинская обл., 1976-1980 гг.)

Степень поражения растений	Кустистость, шт.	Длина, см		Количество колосков, шт.	Масса зерна, г		Снижение урожая, %	Коэффициент вредоносности
		стебля	колоса		с 50 растений	1 000 шт.		
Озимая пшеница по пару								
Здоровые	1,0	65,6	5,8	13,6	41,5	35,1	–	–
1 балл	1,0	64,5	5,8	12,5	37,4	33,6	9,8	0,09
2 балла	1,0	40,8	4,3	12,2	24,2	24,5	30,2	0,15
Озимая пшеница по озимой пшенице								
Здоровые	1,1	53,5	6,2	13,7	43,3	32,4	–	–
1 балл	1,0	53,8	6,2	10,5	42,2	31,9	2,5	0,03
2 балла	1,0	42,6	4,1	10,0	17,2	24,1	60,2	0,44

5-польном зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: пар-пшеница-пшеница-пшеница-ячмень. Анализ структуры урожая показал, что у пораженных болезнью растений снижаются продуктивная кустистость, озерненность колоса и масса зерна, особенно при среднем и сильном её проявлении; растения заметно отстают в росте, что отражается на формировании колоса и его озерненности. Потери урожая были наименьшими при возделывании пшеницы по пару, на повторных её посевах возрастала вредоносность болезни. При слабом ее проявлении (1 балл) по предшественнику пар урожай пшеницы снижался от неё на 5%, на второй и третьей культурах – до 9%. Вредоносность корневой гнили зависела и от погодных условий: в годы с нормальным увлажнением она была низкой, в засушливые-высокой [табл. 10].

В 1991-1993 гг. в сухостепной зоне Костанайской области определяли вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в 4-х полном зерновом севообороте. Установлено заметное её варьирование в зависимости от погодных условий и предшественников, возрастала при возделывании этой культуры по ячменю [табл. 11].

Таблица 10. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в зернопаровом севообороте (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.)

Развитие болезни, балл	Кустистость, шт.	Длина, см		Масса зерна, г		Озерненность колоса, шт.	Снижение урожая, %	Коэффициент	Распространение болезни, %
		стебля	колоса	с 50 растений	1 000 шт.				
Первая культура пшеницы по пару									
Здоровые	1,29	56,7	6,7	43,6	35,4	24,6	–	–	60,3
1 балл	1,25	55,3	6,3	41,3	35,6	23,2	5,3	0,05	37,8
2 балла	1,03	50,5	5,7	25,7	31,0	16,5	41,1	0,41	1,9
Вторая культура после пара									
Здоровые	1,15	52,1	6,1	33,0	33,7	19,5	–	–	57,4
1 балл	1,11	50,5	6,8	29,9	33,2	18,0	9,4	0,09	40,4
2 балла	1,0	37,2	4,8	16,4	28,7	11,4	50,3	0,50	2,2
Третья культура									
Здоровые	1,29	50,3	5,8	35,3	33,1	18,8	–	–	59,4
1 балл	1,29	48,9	5,7	32,1	32,8	19,5	9,1	0,09	38,2
2 балла	1,0	37,4	4,5	17,8	30,6	11,6	49,6	0,50	2,4

Таблица 11. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в степной зоне Костанайской области (1991-1993 гг.)

Годы	Масса зерна с 50 растений, г		Снижение урожая, %	Масса 1 000 зерен, г с растений		Снижение массы зерна, %	Распространение болезни, %	Потери урожая, %
	здоровых	пораженных		здоровых	пораженных			
Пшеница по пару, сорт Целинная-Юбилейная								
1991	40,3	36,4	9,7	35,4	35,4	нет	39,0	3,8
1992	69,3	72,7	нет	43,4	42,7	1,6	34,5	нет
1993	46,3	32,1	30,7	36,9	30,1	18,4	46,0	14,1
Сред.	56,0	47,1	13,5	38,6	36,1	6,7	39,8	5,9
Пшеница по ячменю, сорт Саратовская 29								
1991	43,0	39,0	9,3	43,8	43,4	0,9	31,0	2,8
1993	70,2	43,8	37,7	52,0	51,8	0,4	44,7	18,1
Сред.	63,0	48,9	20,9	50,0	49,1	1,8	33,2	10,5

В 1994-1995 гг. в горно-степной зоне Восточно-Казахстанской области на двух сортах яровой пшеницы определяли вредоносность корневой гнили. Анализ структуры урожая показал, что у пораженных болезнью растений сорта Кутулукской снижается кустистость, озерненность колоса и масса 1 000 зерен – на 11,6-16,6%.

В 2001-2003 гг. определяли вредоносность корневой гнили в засушливо-степной зоне Акмолинской области яровой пшеницы по двум предшественникам на трех уровнях технологии возделывания. Коэффициент вредоносности болезни был более высоким, когда её возделывали по одноименному предшественнику по обычной или упрощенной технологии, ниже по интенсивной технологии по пару. При слабом проявлении болезни, озерненность колоса и масса 1 000 зерен снижались до 5,6%, умеренном и сильном – до 13,7% [табл. 12].

Таким образом, многолетние исследования в разных почвенно-климатических зонах показали, что вредоносность корневой гнили пшеницы зависит от предшественников, условий года и технологий возделывания. В результате уменьшения кустистости, массы зерна и озерненности колоса снижается продуктивность растений. Ниже приводится коэффициент вредоносности корневой гнили

на озимой и яровой пшенице в зависимости от степени ее развития и предшественников [табл. 13].

Таблица 12. Вредоносность корневой гнили на яровой пшенице в зависимости от технологии возделывания (НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева, 2001-2003 гг.)

Пшеница	Технология возделывания	Коэффициент вредоносности при интенсивности развития		Количество пораженных растений, % на		Потери урожая, %
		1 балл	2-3 балла	1 балл	2-3 балла	
По пару	интенсивная	0,04	0,33	19,3	10,3	4,7
	обычная	0,11	0,44	17,8	13,0	6,3
	упрощенная	0,12	0,35	24,7	19,0	7,3
4-я культура после пара	интенсивная	0,11	0,39	20,8	19,0	7,6
	обычная	0,10	0,42	21,3	12,3	7,0
	упрощенная	0,11	0,41	21,7	13,9	9,3

Таблица 13. Коэффициент вредоносности корневой гнили пшеницы

Балл поражения	Пшеница			
	озимая		яровая	
	по пару	по непаровому предшественнику	по пару	по непаровому предшественнику
1	0,03	0,04	0,05	0,09
2	0,15	0,44	0,41	0,50
3	0,40	0,50	0,57	0,60

1.6.2 Другие виды корневых гнилей

Церкоспореллезная или глазковая пятнистость, ломкость стеблей. Возбудитель болезни – гриб *Cercospora herpotrichoides* Fron. (синонимы: *Oculimacula aciformis* Boer. Hamers, анаморфа – *Helgardia aciformis* Nirenb). Признаки болезни проявляются на нижних надземных междоузлиях озимой пшеницы, реже на влагалище листьев в виде овальных, серовато-палевых, в центре соломенно-желтых, белесоватых пятен с расплывчатым краем, темно-коричневым или темно-зеленым ореолом. Характерные её признаки – глазковая пятнистость и беспорядочное полегание больных растений. Позже на пятнах образуются черные склероции, внутри стеблей – конидальное спороношение гриба: сначала белый, позже дымчато-серый мицелий, конидии – бесцветные, игольчатые, в верхней части согнутые с 5-7 перегородками. Заболевание широко распространено

но в странах Западной Европы, центральном и западном регионах России с прохладным и влажным климатом. Инфекция сохраняется на послеуборочных остатках растений, для развития болезни благоприятна высокая влажность почвы (Фадеев с соавт, 1986).

Офиоболезная корневая гниль. Возбудитель болезни – сумчатый гриб *Gaeumannomyces graminis* Sacc. Arx. et Oliv, синоним – *Ophiobolus graminis* Sacc. Поражаются нижние междоузлия стебля озимой пшеницы, которые полностью чернеют, в результате отмирают основные и боковые побеги. При сильном проявлении болезни наблюдается белоколосость, при умеренном – формируется легковесное и щуплое зерно. Осенью под прикрытием отмершего нижнего листа образуются шаровидные плодовые тела – псевдотеции гриба, содержащие продолговато-булавовидные, прямые или согнутые сумки с 8 аскоспорами. Они собраны в двухрядные пучки, бесцветные, серповидные с 5-7 поперечными перегородками (Фадеев с соавт, 1986).

Снежная плесень. Возбудитель болезни – *Fusarium nivale* (Fr.) Ges. – сумчатая стадия *Calonectria graminicola* (Berk et. Br.) Wr. Поражается в весенний период ослабленная при перезимовке озимая пшеница, особенно на склонах, пониженных участках с глубоким слоем снега. После его схода на перезимовавших листьях появляется паутинистый налет розоватого цвета. Часто пораженные растения погибают очагами, что приводит к изреженности посевов. Макроконидии гриба размером 3-18 × 3-4 мкм суженные с обоих концов, в массе розовые, округленные, без ножки, с 1-3, реже 4-7 перегородками. Перитеции овальные, диаметром 1,1-0,2 мм (Фадеев с соавт., 1986). Заболевание распространено в горных и предгорных районах южного, юго-восточного и восточного регионов Казахстана, возможно в Кыргызстане и Таджикистане, имеющие аналогичные природные зоны (Койшыбаев, 2002).

1.7 Болезни зерна

На формирующемся зерне развивается эпифитная микрофлора, состоящая преимущественно из неспороносных бактерий, а также грибов *Cladosporium herbicola*, *Alternaria tenuis* и др.

Преобладание в микробном ценозе зерна бактерий *Pseudomonas herbicola* служит показателем его доброкачественности. В период вегетации пшеницы зерно заселяется полусапрофитными и заража-

ется паразитными грибами, в частности из родов *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Septoria*; бактериями – виды *Pseudomonas*, *Xanthomonas* и др. Кроме того, в Северном Казахстане, Западной Сибири и других регионах Российской Федерации в увлажненные в период налива зерна годы, происходит энзимно-микозное истощение семян (ЭМИС) – заболевание сложной этиологии.

При высокой влажности зерна (более 15-16%) в период хранения могут развиваться плесневые грибы, в частности виды родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichotecium*, *Mucor* и др., вызывающие снижение всхожести семян и качества товарной продукции. Развитие их возможно и при низкой температуре помещения (1-5°C), не происходит при влажности зерна 13-14% и ниже (Трисвятский, 1986).

1.7.1 «Черный зародыш» зерна и фузариоз колоса

Возбудители болезни – *Alternaria alternata* (Fr.) Keisl., (син.: *Alternaria tenuis* Nees), *Bipolaris sorokiniana* Sacc. (син.: *Helminthosporium sativum* P. K. et. B.)

Симптомы, распространение и вредоносность болезни, морфологические и биологические особенности возбудителей. Заболевание развивается на зародышевой части и проявляется в виде темных пятен различной величины, особенно заметно в годы с высокой влажностью воздуха в период налива зерна. В зависимости от видового состава возбудителя различаются альтернариозный и гелминтоспориозный тип «черного зародыша». При гелминтоспориозной инфекции мицелий гриба проникает в зародыш и щиток, формируются щуплые семена с низкой лабораторной всхожестью, при их прорастании всходы поражаются корневой гнилью. Установлено, что инфицирование пшеницы грибом *H. sativum* происходит в период цветения – восковой спелости зерна. При альтернариозном «черном зародыше» гриб локализуется в оболочке зерна, эндосперме и алейроновом слое, всхожесть семян не снижается (Кузьмина, 1977).

Изучение этиологии «черного зародыша» пшеницы в Северном Казахстане показало, что гриб *A. tenuis* находится в плодовой оболочке, не проникает в ткань зародыша. Микологический анализ показал, что из пораженных зерен грибок *H. sativum* выделяется от 13,9 до 31,3%, а *A. tenuis* – 48,6%, а также *Cladosporium*. Образцы семян из Северо-Казахстанской области были инфицированы

альтернариозной инфекцией до 74%, гельминтоспориозной – от 7 до 32%. Пораженное альтернариозом зерно – крупное, прорастает нормально, заболевание не передается семенами и отсутствует связь его с корневой гнилью. При анализе технологических свойств зерна, пораженного альтернариозом, установлено, что оно по хлебопекарным качествам не отличается от контрольного (Городилова, 1972; Коршунова, 1972).

Видовой состав возбудителей «черного зародыша» зависит от почвенно-климатических условий. Из пораженных семян яровой пшеницы из горно-степной и лугово-степной зон Восточно-Казахстанской области больше выделялся *A. tenuis*, степной – *H. sativum*. Образцы её семян, полученные из Костанайской, Павлодарской, Семипалатинской, Акмолинской областей инфицированы альтернариозной инфекцией до 50-70%, гельминтоспориозной – от 7 до 32% (Орынбаев, Федосимова, 1968).

В Западной Сибири на пшенице больше встречается гельминтоспориозный «черный зародыш», приводящий к щуплости и снижению всхожести семян. В то же время, при поражении их альтернариозом и кладоспориозом, всхожесть оставалась высокой. В связи с этим предлагалось вместо термина «черный зародыш» использовать «гельминтоспориоз» и «альтернариоз» зерновки (Гешеле, 1955). В Восточной Сибири гельминтоспориозный «черный зародыш» проявляется в годы с теплой погодой и выпадением обильных осадков в фазу налива зерна. При ГТК в июле от 0,7 до 1,2 гриб *H. sativum* развивается на междоузлиях стебля, вызывая корневую гниль, а при 1,3-1,6 происходит поражение зерна и корневой системы. При температуре 20-22°C в районах, где ГТК составляет 1,7-2,7 складываются благоприятные условия для поражения зерна гельминтоспориозным «черным зародышем» (Тупеневич, 1970).

«Черный зародыш» зерна – широко распространенное заболевание пшеницы в Казахстане, особенно в северном и восточном регионах. В начале 60-х годов в зависимости от почвенно-климатических зон выращивания, в анализированных образцах пшеницы пораженных «черным зародышем» семян колебалась от 0,5-1 до 30,4%, заболевание больше было распространено в Восточно-Казахстанской и Кокшетауской областях (Орынбаев, 1968).

Наши исследования в 1986-1988 гг. показали, что пораженность зерна пшеницы «черным зародышем» заметно колеблется в зависимости от сортовых особенностей пшеницы и погодных условий. В Южном Казахстане, где налив зерна озимой пшеницы происходит при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха, она не превышала 3,7-6,8%. В Костанайской, Северо-Казахстанской и Восточно-Казахстанской областях доля пораженных семян яровой пшеницы составляла от 15 до 23%, в Западно-Казахстанской – от 9 до 14,2%. Выявлена положительная связь ($r = 0,40$) между влажностью воздуха в период цветения и пораженностью зерна «черным зародышем», выражающаяся уравнением регрессии:

$$Y = 0,25X + 8,0 \pm 2,8,$$

Она существенно не влияла на всхожесть семян, статистическая обработка данных выявила слабую коррелятивную связь между этими показателями ($r = -0,29$). Семена озимой пшеницы, из Южного Казахстана, имели высокую всхожесть (97-99%), т.к. налив зерна и уборка проходят при низкой влажности воздуха (40-55%), выпадают не более 10-30 мм осадков. Семена яровой пшеницы, выращенные в северном и восточном регионах республики, имели всхожесть 90-95%, т.е. соответствовали требованиям 2 и 3 классов. Некоторое её снижение связано с более высокой инфицированностью их явной и скрытой инфекцией патогенных грибов, особенно *B. sorokiniana*. Корреляционно-регрессионным анализом выявлена определенная связь между пораженностью зерна «черным зародышем» и всходами корневой гнилью коэффициентом корреляции $r = 0,46$ и детерминации – 0,21 (Койшыбаев, Исмаилова, 1989). Однако, последняя, как правило, в 2-4 раза выше, что свидетельствует о скрытой зараженности семян гельминтоспориозной инфекцией [табл. 14].

Таким образом, вредоносным является гельминтоспориозный тип «черного зародыша». В связи с этим, важно уметь определить видовой состав возбудителей, что легко осуществляется в лабораторных условиях. При температуре 20-25°C инкубированные во влажной камере семена через 5-7 суток покрываются обильным темно-оливковым или сероватым налетом, состоящим из мицелия и спороношения гриба. По морфологии конидии легко можно их идентифицировать: у видов *Alternaria* они в длинных или коротких

Таблица 14. Влияние пораженности зерна «черным зародышем» на всхожесть семян пшеницы и пораженность всходов корневой гнилью

Сорта	Пораженность зерна «черным зародышем», %		Всхожесть семян, %	Пораженность всходов корне- вой гнилью, %
	средняя	максимальная		
Алматинская обл.				
Безостая 1	5,3	12,0	99,0	21,4
Днепропетровская 521	6,8	11,2	94,7	11,9
Безостая 1	3,4	18,1	97,2	11,2
Днепропетровская 521	3,7	12,2	98,0	8,3
Карлыгаш	4,8	14,4	97,2	18,1
Среднее	4,8	13,6	97,2	14,2
Восточно-Казахстанская обл.				
Саратовская 29	8,6	13,5	90,9	40,5
Вера	23,2	27,6	94,3	50,7
Кутулукская	9,3	11,1	90,9	38,2
Среднее	13,7	17,4	92,0	43,1
Костанайская и Северо-Казахстанская обл.				
Саратовская 29	12,2	14,1	90,0	25,1
Омская 9	13,2	15,1	91,5	19,4
Саратовская 29	15,1	19,1	92,8	37,2
Жигулевская	13,4	16,0	94,8	33,0
Иртышанка 10	16,5	25,8	95,5	50,6
Омская 9	6,1	9,1	92,4	42,7
Среднее	11,3	16,5	92,8	34,7
Западно- Казахстанская обл.				
Саратовская 29	10,6	32,5	86,5	45,1
Саратовская 42	14,2	42,6	88,0	4,0
Омская 9	9,0	22,1	86,0	54,9
Среднее	11,3	32,4	86,8	34,

цепочках, яйцевидные, обратно-грушевидные, с поперечными и продольными перегородками, размером $20-63 \times 9-18$ мкм, короткой шейкой [рис. 13а]. У *B. sorokiniana* конидии одиночные, имеют только поперечные перегородки, прямые, обратно-яйцевидные, размером $14-34 \times 20-130$ мкм [рис. 13б].

Фузариоз колоса является наиболее распространенной болезнью пшеницы в Западной Европе, Белоруссии, Европейской части Российской Федерации. Заболевание проявляется в период налива

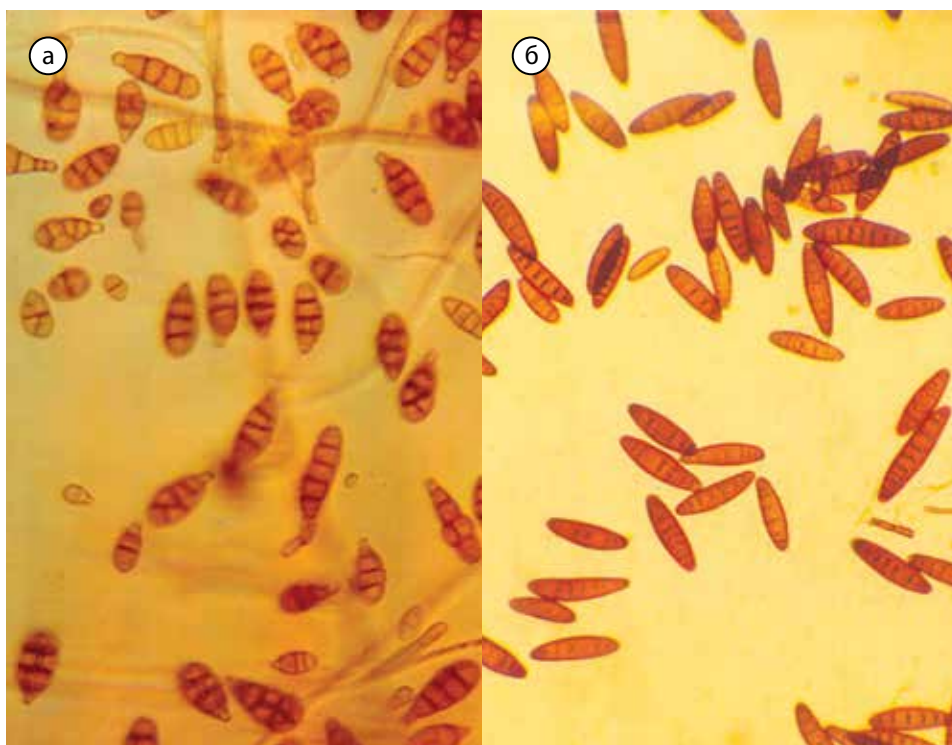


Рисунок 13. Конидии *Alternaria tenuis* (а) и *Bipolaris sorokiniana* (б)

зерна, колосковые её пленки покрываются белым или розоватым налетом, состоящим из мицелий и споронии грибов рода *Fusarium*. Возбудитель болезни представлен 19 видами, наиболее доминирующими являются *F. sporotrichoides*, *F. poae*, *F. avenae*. Высокпатогенные *F. graminearum* и *F. culmorum*, вызывающие щуплость и снижение всхожести, слабopatогенные *F. poae* *F. equiseti*, они локализуются на поверхности зерновки, не влияют на посевные качества семян, хотя выделяются часто. Первый вид распространен на Севером Кавказе, Дальнем Востоке, Северо-Западном регионе России (Гаккаева, Дмитриев, 2012; Левитин, 2012). В Белоруссии озимые зерновые культуры поражаются фузариозом до 60-70%, основными возбудителями являются *F. oxysporum*, *F. culmorum* и *F. sporotrichiella* Буга с соавт., 2006).

Грибы рода *Fusarium* широко специализированы и вызывают корневую гниль однодольных и двудольных растений. Инфекция сохраняется на послеуборочных остатках растений, присутствует в почве, вызывая корневую гниль, передается семенами. При сильном поражении колоса урожай пшеницы снижается до 50%, ухудшаются

посевные качества семян и технологические свойства зерна. Встречаются высокотоксичные виды рода *Fusarium*, при присутствии 5% пораженных ими зерен, продукция не пригодна для пищевых целей.

Некоторые сапрофитные организмы, развивающиеся на зерна при высокой влажности, могут выделять токсические вещества. Например, по данным ученых Германии, у афлотоксинов, продуцируемых плесневыми грибами, для крыс при введении орально ЛД₅₀ составляет 7,2, а для фузарина, выделяемого возбудителем фузариоза зерна – 4,4 мг/кг (Шпаар, 1994).

1.7.2 Энзимно-микозное истощение семян (ЭМИС)

Возбудители болезни – *Cladosporium herbarum* (Pers.) Lk, *Alternaria alternata* (Fr.) Keisl. Болезнь под названием «истекание», «черная плесень», «кладоспориоз» известна давно. В 1949 и 1950 гг. на Шортандинской опытной станции в начале восковой спелости зерна кладоспориозом поражалось от 43,4 до 62,3% колосьев пшеницы, в период уборки – до 90-100%, что было обусловлено высокой влажностью воздуха и частыми осадками (Джиембаев, Городилова, 1955).

М.С. Дунин и С.К. Темирбекова (1981) всесторонне анализировали этиологию энзимно-микозного истощения семян пшеницы. Установлено, что заболевание протекает в 3-х стадиях.

Первая стадия. при высокой влажности воздуха и выпадении обильных рос или дождя в фазу налива зерна резко возрастает активность гидролитических процессов, усиливается интенсивность дыхания, часть запасного крахмала и белка превращается в водорастворимые вещества. В клетках зерновок повышается гидростатическое давление, что приводит к микроскопическим разрывам оболочек. Через трещины вытекают из зерна водорастворимые вещества в виде «сладкой росы» или «медвяной росы». Эта стадия болезни может наступить в любой момент – с фазы молочной спелости до полного созревания зерна. С наступлением сухой погоды реактивация амилазы и протеазы прекращается, за счет фотосинтеза израсходованные на гидролитические процессы запасные вещества полностью или частично восстанавливаются.

Вторая стадия. Водорастворимые сахара и азотистые вещества, образующиеся при реактивации амилаз и других ферментов, являются хорошим субстратом для сапрофитных грибов и бактерий,

развивающихся на поверхности колоса и зерна, которые в свою очередь выделяют ферменты, усиливающие распад запасных питательных веществ зерна, а также токсины, снижающие всхожести семян.

Третья стадия. При длительном увлажнении зерна и высокой температуре под влиянием гиббереллина происходит синтез амилазы, которая индуцирует преждевременное прорастание его на корню в колосьях, а также под валками или во влажном ворохе.

ЭМИС имеет 2 формы: инфекционную и неинфекционную. При высокой влажности воздуха за счет увеличения гидростатического давления и активности ферментов происходят деформация и травмирование зерновки, это неинфекционное течение болезни. В инфекционной её стадии участвуют сапрофитные и паразитные грибы, в частности виды *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* и *Bipolaris sorokiniana*.

Пшеница часто подвергается энзимно-микозному истощению в Центральной черноземной и нечерноземной зонах Российской Федерации, лесостепной зоне Западной Сибири, в отдельные влажные, в период молочно-восковой и восковой спелости, годы проявляется и в северном регионе Казахстана. В 1978-1985 гг. в Западной Сибири общий недобор её урожая от ЭМИС составлял 13-19%, с варьированием от 10 до 28% или от 2 до 9 ц/га. Кроме того, снижались технологические свойства зерна: масса зерна на 13-16,3%, натура – 56-86 г/л, содержание белка – 1,2-1,8% и качество клейковины, а также посевные качества семян: энергия прорастания – до 20%, лабораторная всхожесть – 10%, полевая – 25%, суммарная вредоносность болезни достигала 25-35% (Чулкина, 1984; Алимов, 1988).

В северном регионе республики заметное поражение колосьев пшеницы кладоспориозом происходило в наиболее увлажненные годы в период налива зерна, 2013-2016 гг. (Койшыбаев, 2016).

1.7.3 Спорынья

Возбудитель болезни – *Claviceps purpurea* Tul. из семейства *Clavicipitiaceae*. Грибы этого рода известны как продуценты эргоалколоидов, что связано с синтезом гистидина и триптофана (Гжехчек, 1976). Заболевание проявляется на колосьях в виде склероциев или рожков от фиолетового до черного цвета (длина 3-4 см), образующихся вместо зерна [рис. 14]. Они сохраняются на поверхности



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 14. Колосья озимой ржи, пораженные спорыньей

почвы или попадают в неё при посеве семян, весной прорастают, образуя красноватые стромы диаметром до 3-4 мм, в каждой из которых содержится 200-300 плодовых тел – перитеций с сумками и сумкоспорами. В период цветения зерновых культур последние выбрасываются из сумок и разносятся ветром. Попадая на колосья споры прорастают и через рыльце проникают в завязь цветка, уничтожая формирующееся зерно. В результате обильного конидиального спороношения грибок на завязи выделяет сладковатую жидкость или медвяную росу, которая привлекает насекомых. Таким путем заболевание распространяется очень быстро, мицелий гриба разрастается и превращает завязь в склероций.

Многолетние наблюдения в юго-восточном, северном и восточном регионах показали, что в отдельные годы она проявляется на озимой ржи, ячмене, дикорастущих злаках, озимой и яровой пшенице встречается крайне редко. В Северном Казахстане пораженность ячменя спорыньей не превышала 0,5-0,8%, заболевание на яровой пшенице не обнаружено. В Западной Сибири поражаются ею озимая

рожь и пшеница, особенно твердые сорта, из многолетних злаков – костер и пырей ползучий. Зерно с примесью спорыньи более 0,5% непригодно для размолота на муку и кормления животных, содержит высокотоксичные алкалоиды. Для очистки семян от рожков спорыньи применяются подбор сит на специальном пневматическом сортировальном столе, а также метод погружение в раствор солей или селитры по удельному весу (Гешеле, 1956).

1.8 Бактериальные, вирусные и нематодные болезни

Пшеница, наряду с грибными поражается бактериальными и вирусными болезнями, возбудители которых широко специализированы, развиваются на многих дикорастущих злаках, что осложняет эффективную защиту посевов от патогенов.

1.8.1 Бактериальные

Возбудителями являются палочковидные бактерии, относящиеся к родам *Pseudomonas*, *Xanthomonas* и *Bacillus*. В Центральной черноземной зоне России на озимой пшенице встречаются 3 вида бактериальных болезней (бактериоза) – черный, базальный и бурый, которые различаются по симптомам проявления и видовому составу возбудителей. В Воронежской области распространение черного бактериоза колебалось от 7 до 51%, базального – с 21 до 75, бурого – с 13 до 52%. Зараженность семян пшеницы черным бактериозом достигала 20-30%, распространение болезни на её посевах до 42% (Шнейдер и Илюхина, 1975).

Черный или базальный бактериоз. Возбудитель болезни – *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* (синоним *P. atrofaciens*). Бактерии – подвижные палочки размером 0,5-0,8 × 1-2,5 мкм, с закругленными концами, одним полярным жгутиком. На картофельном агаре они образуют ярко-желтые слизистые колонии. Поражаются все надземные органы пшеницы: на листьях появляются темно-зеленые, просвечивающиеся водянистые пятна, которые позже становятся темно-коричневыми или черными, на стеблях – коричневые или черные продольные полосы. Признаки болезни на колосках проявляются у основания чешуи в виде полупрозрачных пятен. При сильном её развитии чернеет и деформируется весь колос, искривляется стебель, формируется щуплое зерно. Всходы от пораженных семян отстают в росте, часто погибают. Заболевание

распространено на озимой и яровой пшенице в регионах с достаточно влажным климатом: на Украине, в Краснодарском крае, Центральной черноземной зоне России. Урожай у пораженных черным бактериозом растений может снижаться от 15 до 90%. Основным источником инфекции – зараженные семена и пожнивные остатки, где возбудитель сохраняется до следующего года. В период вегетации пшеницы инфекция распространяется каплями дождя, насекомыми с колюче-сосущим аппаратом (Илюхина, 1980; Королева, Чумаевская, 1983). В Акмолинской области на яровой пшенице обнаружена бактериальная пятнистость, вызываемая широкоспециализированной бактерией *Pseudomonas syringae van Hall*, которой поражаются также сорго, суданская трава, кукуруза и просо (Чумаевская, Городилова, 1974). Наши исследования показали, что она заметно проявляется на суданской траве и просо, при инокуляции пшеница поражается в слабой степени. При многократных анализах её семян, полученных из различных регионов республики, бактериальная инфекция не выявлена (Койшыбаев, Исмаилова, 1989).

Бактериальная пятнистость. Возбудитель болезни – *Xanthomonas campestris pv. translucens*. Проявляется на листьях в виде водянистых пятен, которые позже становятся коричневыми. В 2002 г. впервые обнаружено заметное поражение яровой пшеницы бактериальной пятнистостью в Акмолинской области, которая проявлялась на листьях. Позже она обнаружена в ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ на сорте Омская 24, и ячмене, который поражался болезнью в сильной степени. В 2005 г. бактериальная пятнистость была обнаружена в Тайыншинском и Аккайынском районах Северо-Казахстанской области на сортах пшеницы Омская 19, Астана, Астана 2 и Памяти Азиева. Заметное её развитие происходило в 2007-2008 и 2015 гг. на посевах опытной станции в период колошения пшеницы. Заболевание проявляется в период флаг-листа – колошение – цветение пшеницы в виде водянистых прозрачных полос и штрихов, расположенных вдоль главной жилки листьев. Позже они становятся коричневыми, на их поверхности образуется желтый экссудат бактерии, который при сухой погоде засыхает и крошится [рис. 15]. Вероятно, в распространении инфекции определенную роль играют насекомые, особенно сосущие вредители: злаковые тли, пшеничный трипс, цикады.

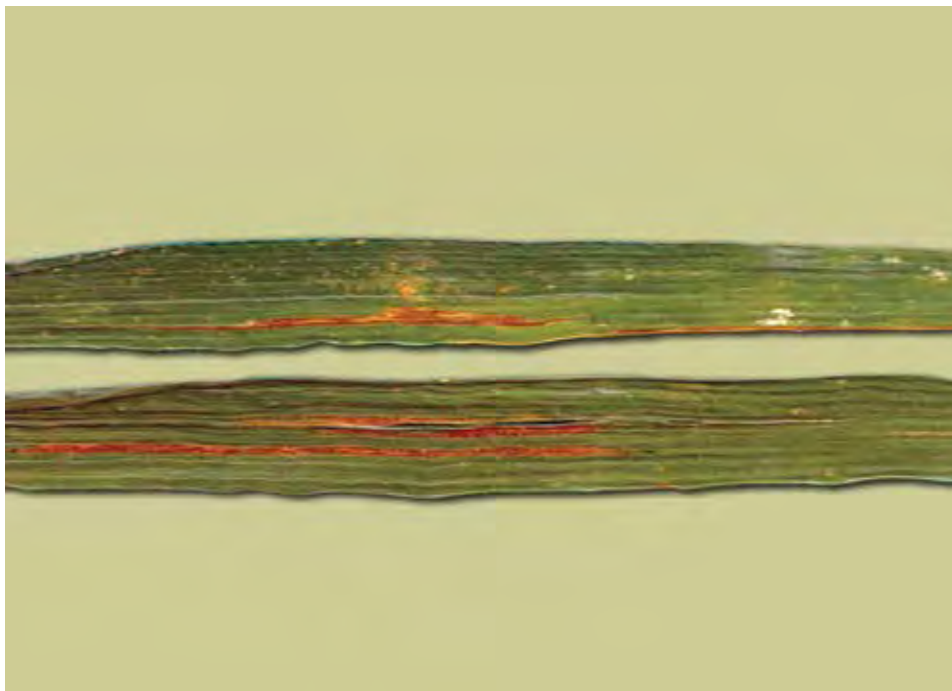


Рисунок 15. Листья пшеницы, пораженные полосчатым бактериозом

Слизистый или желтый бактериоз. Возбудитель болезни – бактерия *Rathayibacter tritici* (Carls. et Vidav) Zgurskaia et all. (син.: *Clavibacter iranicus* (Carls. et Vidav), *Corynebacterium tritici* Hutch., *Phytophthora tritici* Elliott, *Agrobacterium tritici* Savul.)

Симптомы болезни, распространение, морфологические и биологические особенности возбудителя. Поражаются листья и их влагалище, где появляются продолговатые белые или желтые полосы, позже они скручиваются. У больных растений сильно деформируются колосья, часто они остаются в пазухе листьев, превращаясь в бесформенную слизистую массу. При влажной погоде на пораженных болезнью органах растений образуется желтоватый экссудат, который при сухой погоде высыхает, становится белым. Больные растения часто не выколашиваются и погибают. Возбудитель болезни – бактерии: подвижные палочки, с закругленными концами, одним полярным жгутиком, спор не образуют, размером $0,8-2,4 \times 3,2$ мкм. На мясо-пептоновом агаре образуют желтые, округлые, выпуклые колонии; на картофельном – бледно-желтые. Редуцируют глюкозу, фруктозу и глицерин, не усваивают манит и салицин;

не гидролизуют желатин и крахмал, не образуют сероводорода, но выделяют аммиак. Одним из отличительных признаков бактерии от фитопатогенных видов является грамположительная реакция. Оптимальная температура для её роста находится в пределах 20-30°C, при 50°C теряет жизнеспособность (Израильский, 1979).

Заболевание впервые обнаружено в 1917 г. в Индии, позже распространилось в Азиатский субконтинент, в частности Китай, Египет, а также в Северную Африку и Австралию. В странах СНГ отсутствует, является карантинным объектом. В 1999 г. обнаружено в Жамбылской области на сорте пшеницы, семена, которого были завезены из Египта. Для ликвидации очага карантинной болезни посевы были сожжены и участок перепахан, в дальнейшем она не выявлена.

Инфекция её передается семенами, распространяется нематодой *Anguina tritici*. Однако в Северной Америке, где распространена эта нематода, слизистый бактериоз на пшенице не обнаружен. Возможен занос инфекции воздушным потоком, а также насекомыми. При отсутствии растения-хозяина продолжительное время бактерия сохраняется на растительных остатках, переносится поливной водой на значительные расстояния.

В связи с вступлением Казахстана в ВТО и расширением торговли со странами Азии и Африки, вероятность проникновения патогена очень высокая. В связи с этим семена пшеницы, завозимые из стран, где распространен слизистый бактериоз, обязательно должны проходить фитозэкспертизу и высеваться для грунт-контроля в карантинном питомнике. Обеззараживание их от инфекции осуществляется термической обработкой при температуре 50-55°C или бактерицидным препаратом. При обнаружении очага болезни нужно сжигать посевы пшеницы или обработать их гербицидом сплошного действия, вспахать почву с оборотом пласта на глубину не менее 20-25 см.

1.8.2 Вирусные болезни

На пшенице встречаются русская мозаика озимой, полосатая мозаика яровой пшеницы и красная полосчатость листьев сорго. Возбудители их широко специализированы, наряду с основным хозяином поражают многие культурные и дикорастущие злаки. Некоторые вирусы передаются семенами, многие распространяются при контакте больных растений со здоровыми, а также орудиями труда,

насекомыми-переносчиками. По способу передачи вирусы делятся на 3 группы: персистентные, полуперсистентные и непersistентные, которые легко распространяются механическим путем. Переносчиками многих вирусных болезней являются тли при непродолжительном контакте (1-2 мин.) с больным растением. Персистентные вирусы переносятся цикадами, которые инфицируются при продолжительном (до нескольких часов) питании на больном растении и переносят инфекцию после определенного инкубационного периода. Полуперсистентные вирусы занимают промежуточное положение. Установлено, что возбудителями некоторых болезней типа желтухи являются не вирусы, а микоплазменные тела, которые в отличие от вирусов, размножаются на искусственных питательных средах сложного состава, по форме они эллипсоидальные или округлые, размером 200-300 нм (Власов, Ларина, 1982).

Мозаика (русская) озимой пшеницы. Возбудитель болезни – *Triticum virus 8*, вирионы – бациллоподобной формы длиной 240-2 880, шириной 55-65 нм. Наиболее характерный признак болезни – мозаичность в виде узких светло-зеленых и желтых или лимонно-желтых полос и штрихов, располагающихся вдоль жилок листьев. Отличительным признаком вируса является образование игловидных кристаллов при мацерации кусочка больных листьев в капле раствора 0,1 N HCl, однако, он не является стабильным. Вирус поражает яровую пшеницу, просо, ячмень и озимую рожь, из дикорастущих злаков – щетинник (*Setaria glauca* Beauv., *S. viridis* Beauv.), а также вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*). Озимая пшеница и рожь инфицируются с осени; переносчики болезни – полосатая и темная цикадки (*Psammotettix striatus* L. и *Macrosteles laevis*).

Полосатая мозаика пшеницы. Возбудитель болезни – *Triticum virus*. Характерный признак болезни – слабые хлоротичные полосы и штрихи вдоль жилок листьев, часто расширяющиеся и сливающиеся [рис. 16].

При сильном поражении растений зерно не формируется. Переносчики болезни – клещи *Aceria tulipae* Keif. и *A. tritici* Schev., инфекция легко передается при контакте здоровых растений с больными. Вирус сохраняется на озимой пшенице, весной векторы переносят его на яровые, поражаются просо, озимая рожь, овёс, виды щетинников и костра. Заболевание широко распространено в республи-



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 16. Листья пшеницы, пораженные мозаикой

ках Центральной Азии, в частности в Узбекистане (Горбунова, 1966). В Казахстане встречается в южном и юго-восточном регионах. В Костанайской области наблюдали очень сильное поражение этой болезнью озимой пшеницы и костра.

Закукливание злаков. Характерный признак болезни – усиленное кущение больных растений, сильное отставание в росте, карликовость. Переносчиком болезни является цикада – *Laodelphax striatellus* Fall., зимующая на стерне диких злаков, весной заражающая яровые зерновые культуры, а также виды мышея и других злаковых трав. Закукливание широко распространено в Сибири и на Дальнем Востоке. В начале 60-х годов прошлого столетия в Северо-Казахстанской области распространение болезни на яровой пшенице варьировало от 1-3 до 10-25% в зависимости от сроков посева и сорта (Джиембаев, 1974).

В последние десятилетия в Поволжье и других регионах России большее распространение приобретают на пшенице вирусные бо-

лезни, в частности, русская мозаика озимой пшеницы, мозаика ко-стра безостого; микоплазменные – желтая карликовость ячменя, бледно-зеленая карликовость пшеницы. На яровой пшенице степень их распространения составляла 10-15%, на озимой – 25-30%. Вредоносность вирусных и микоплазменных болезней зависит от ряда факторов, одним из основных является время заражения растений. При проявлении их в фазе 2-3 листьев происходит значительный недобор урожая, иногда полная гибель растений. Заражение озимых зерновых проявляется в весенний период, как правило, в виде мозаичности листьев, из-за щуплости зерна и частичной стерильности цветков колоса продуктивность больных растений снижается заметно. Переносчиками вирусных болезней в основном являются разные виды тлей, микоплазменных – цикады, одной из главных причин вспышки указанных болезней являются высокая их численность. Поэтому главное значение имеет химическая защита посевов пшеницы от насекомых, пространственная изоляция яровой пшеницы от озимых зерновых, оптимальные сроки и нормы посева (Маркелова с соавт., 2012).

1.8.3 Нематодные болезни

Нематоды или круглые черви, в основном обитают в почве, некоторые виды паразитируют на растениях, образуя галлы или цисты, различные наросты. Они развиваются из яиц, размножаются половым или партеногенетическим путем, проходят четыре стадии.

Галловая или пшеничная нематода зерна. Возбудитель болезни – *Anguina tritici* (Stein.) Chitwood – переносчик слизистого бактериоза пшеницы.

В период её вегетации проявляется в виде искривления стеблей и деформации листьев. Заражение зерна происходит в период формирования, внутри колоска образуются темно-коричневые галлы, не отличающиеся по форме от семян пшеницы. Внутри них находятся личинки нематод, которые попадают в почву при уборке и сохраняются в виде примесей к семенам. Осенью или весной при посеве семян из галлов выходят тысячи личинок нематод и заселяют розетки листьев и нижнюю часть стебля. Далее они проникают в завязь пшеницы, где откладывают яйца, превращая зерновку в галлы. Паразитирует на пшенице, озимой ржи, тритикале и некоторых дикорастущих злаках. Распространена в странах с влажным климатом: субконтиненте Ин-

дия, Восточной Америке, Западной Европе, Восточной и Южной Азии (Дувейллер, Сингх, с соавт., 2014). В Казахстане не выявлена.

Нематоды, поражающие корневую систему – *Heterodera avenae*, *Meloidogyne spp.*, *Pratylenchus spp.* Цистообразующие нематоды развиваются чаще на корневой системе всходов, которая утолщается и разветвляется, появляются наросты и цисты, вначале белые, по мере старения становятся темно-коричневыми. В каждом галле содержится несколько самок, которые откладывают большое количество яиц, из них в середине лета отрождаются личинки, которые сохраняются в почве в зрелых цистах, выходят из них и заражают проростки весной при высокой влажности почвы (Дувейллер, Сингх, с соавт., 2014).

При мелоидогенезе признаки болезни проявляются на верхней части корневой системы в виде мелких узлов и галлов. Пораженные растения отстают в росте, листья становятся хлоротичными, при высокой температуре происходит их увядание. Цистообразующие нематоды специализированы на злаковые растения, не поражают двудольные культуры, сохраняются в почве. Путем чередования культур в севооборотах можно ограничить их численность и развитие болезней.

Признаки поражения пшеницы видами *Pratylenchus* проявляются на корневой системе в виде небольших коричневых пятен, которые сливаются между собой, превращаются в некротизированные участки. Боковые корни разветвляются слабо, становятся тонкими, снижаются их количество и длина. Нематоды являются мигрирующими эндопаразитами, в период вегетации могут поражать корневую систему растений, свободно передвигаются по ней и в почве. Личинки проникают в цитоплазму растений, питаются их содержимым. Они широко специализированы и поражают и двудольные, в том числе ягодные и садовые культуры. Вид *Pratylenchus thornei* специализирован на пшеницу, хорошо развивается на легких почвах при засушливых условиях погоды, вызывая потери урожая до 85% (Дувейллер, Сингх и др., 2014). Поэтому этот вид представляет серьезную опасность для пшеницы в Центральной Азии. При многолетних исследованиях корневых гнилей пшеницы в разных почвенно-климатических зонах Казахстана, нематодные болезни не обнаружены.

ГЛАВА II



© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Интегрированная защита пшеницы
от основных болезней**

ГЛАВА II

Интегрированная защита пшеницы от основных болезней

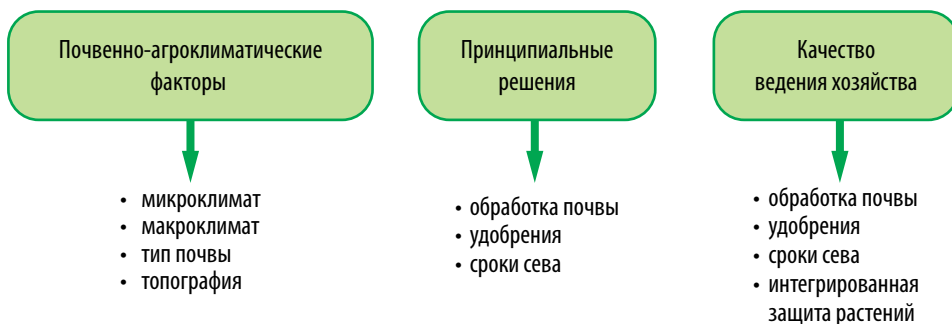
Приемы технологии возделывания играют определенную роль в сезонной и многолетней динамике болезней. С.М. Тупеневич, А.Е. Чумаков, Г.А. Кононова (1981) указывают, что фитосанитарные мероприятия тесно связаны с комплексом прогрессивных технологий, обеспечивающих высокий и устойчивый урожай. При интенсификации земледелия необходимо разрабатывать принципиально новые методы фитосанитарии, в т.ч. агротехнические, обеспечивающие надежную защиту культур.

В странах СНГ и за рубежом большое внимание уделяется разработке интегрированных систем защиты сельскохозяйственных культур. Как указывают Ю.Н. Фадеев и К.В. Новожилов (1985), реальной её моделью является система, предусматривающая использование агротехнических методов профилактики или подавления отдельных видов, приемов по сохранению и активизации деятельности полезных микроорганизмов; выращивание иммунных сортов, использование биологических и химических средств защиты растений на основе объективной оценки фитосанитарного состояния посевов и экономического ущерба. В ней на первый план выдвигается управление экосистемами посевов культурных растений двумя путями: создание экологического равновесия и фитосанитарная оптимизация элементов технологии возделывания [рис. 17].

Интегрированная защита растений состоит из 4 блоков: мониторинг за вредными организмами, анализ информации, установочные и корректирующие мероприятия. При этом мониторинг должен обеспечивать регулярный сбор информации об абиотических элементах среды и популяциях вредных организмов (Гулий, Миняйло, 1989).

Н.З. Милащенко с соавторами (1988) считают, что для решения экологических проблем, возникших в связи с интенсивным применением средств химизации в сельском хозяйстве, необходима организация агроэкологического мониторинга с учетом комплексного взаимодействия всех блок-компонентов агросистем: почва – растение – атмосфера – вода – животные – человек. При этом нужно создать базу данных и разработать практические меры по обеспечению высокой

Рисунок 17. Элементы интегрированного растениеводства (В. Зайлер, 1987)



продуктивности сельскохозяйственных культур при сохранении экологической чистоты агроценозов. Интегрированная защита растений, как технология возделывания культур, должна быть интенсивной, ресурсосберегающей, щадящей и рачительной по отношению к естественным ресурсам. Эффективное использование агротехнических приемов обеспечивает профилактическую направленность и реализацию потенциалов регуляции агроэкосистем, возделывание устойчивых сортов является главной предпосылкой оптимизации применения химических средств для защиты растений.

В интегрированном растениеводстве экономические цели необходимо увязывать с экологическими условиями. При этом производство любой продукции должно быть ориентировано на долгосрочный экономический успех с учетом состояния окружающей среды.

С.С. Санин (2005) указывает, что достоверно не зная биологию возбудителя, особенности формирования фитопатогенных комплексов, их структуру и динамики изменений, трудно эффективно защитить урожай. Принципиально новой особенностью защиты растений в XXI веке будет переход от систем предупредительных и истребительных мероприятий к конструированию агроэкосистем на основе комплексного использования селекционно-генетических, агротехнических и химических приемов. В связи с этим перспективными направлениями исследований являются анализ особенности формирования фитопатогенов основных сельскохозяйственных культур, создание устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам сортов с использованием методов генной инженерии, синтез и применение многофункциональных стимуляторов защитных реакций. Сельское хозяйство в последние годы становится все более

сложным, наукоемким, в развитых странах широко внедряется информационная технология, предусматривающая фитосанитарную, агроэкологическую и экономическую экспертизу, позволяющую принимать оптимальные решения.

Концепция интегрированного управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем основывается на применении всех известных методов защиты растений с учетом их эффективности, биологической и экологической безопасности. Предпочтительными являются методы управления агроценозами, ориентированные на максимальное использование естественных процессов повышения устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам. В случае их недостаточности применяются специальные методы и средства, проявляющие биоцидную активность, стимулирующие защитные функции растений. основополагающие принципы интегрированной защиты растений – рациональное сочетание всех методов и ограниченное применение химических средств, без которых невозможно обеспечить высокую биологическую и экономическую эффективность. Практически все приемы, используемые при возделывании культуры, имеют определенную фитосанитарную направленность. Агротехнические приемы в отличие от химических, могут повлиять на весь комплекс полезных и вредных видов (Захаренко, 2005).

Для защиты зерновых культур от основных болезней в Казахстане были разработаны комплексные системы, однако они нередко представляли собой сугубо механическое сочетание различных мероприятий в отношении одной или группы болезней без учета особенности распространения и многолетней динамики их развития и вредоносности в зависимости от погодных условий и зональных технологий их возделывания (Джиембаев, 1971; Нурмуратов с соавт., 1986; Еськов, Шашков с соавт., 1995).

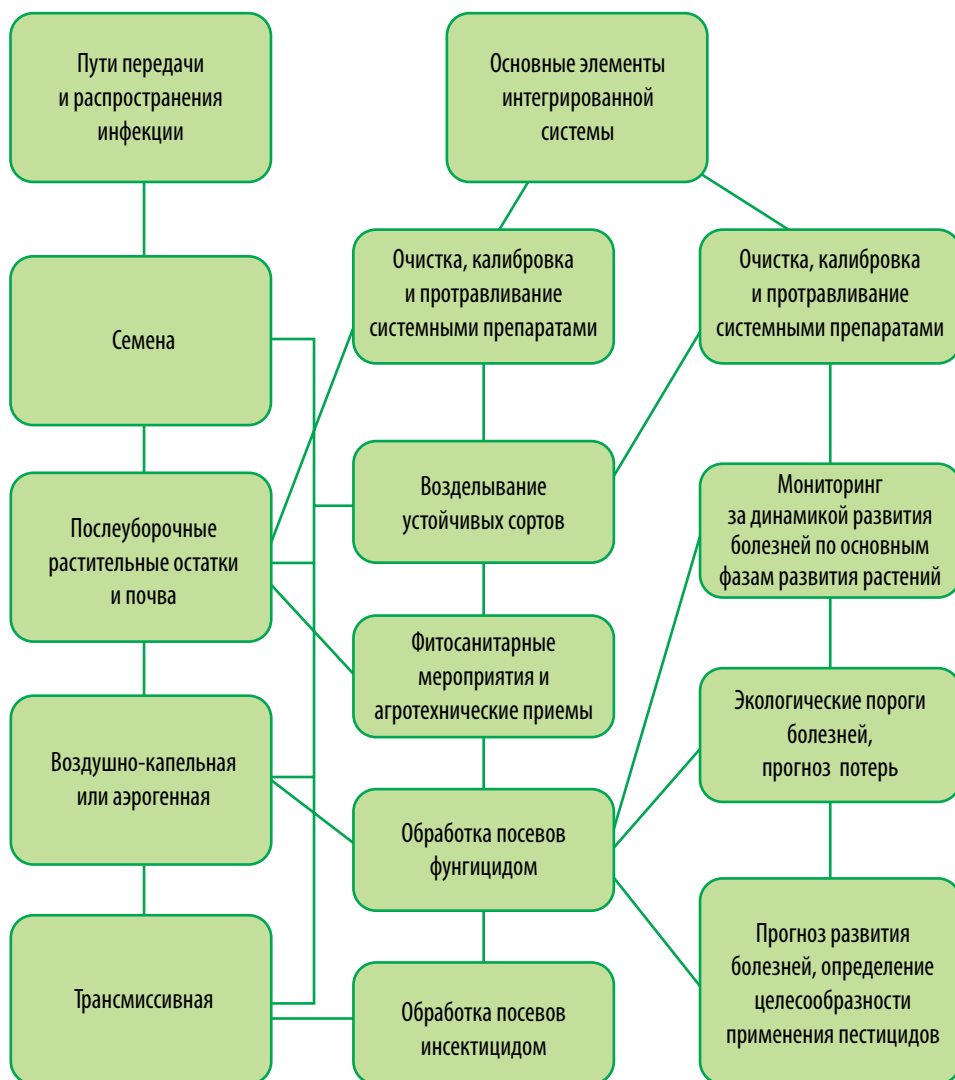
В связи с вышеизложенным в период 1986-2000 гг. совершенствовали комплексную систему защиты пшеницы от основных болезней в разных почвенно-климатических зонах и подзонах северного, восточного и юго-восточного регионов Казахстана с учетом внедрения новых технологий возделывания и сортового разнообразия культур, ассортимента препаратов, а также изменения форм хозяйствования в аграрном секторе. Установлено, что стратегия и тактика защиты растений от болезней во многом зависят от способа и источника

передачи и сохранения инфекции патогенов. Например, против болезней, передающихся преимущественно семенами (виды головни), наиболее эффективно протравливание посевного материала. В то же время, многолетняя динамика болезней с почвенной инфекцией (корневая гниль) и сохраняющейся на послеуборочных остатках (септориоз, гельминтоспориозные пятнистости и др.) можно регулировать фитосанитарными и агротехническими приемами, в частности путем подбора предшественников оптимизации норм и сроков посева семян, применения органических и минеральных удобрений. Развитие болезней с аэрогенной или воздушно-капельной инфекцией (виды ржавчины и септориоза, мучнистая роса) больше зависит от погодных условий и сортовых особенностей культур, меньше – от предшественников. В качестве основного корректирующего фактора динамики их развития и вредоносности рекомендуется возделывание устойчивых или выносливых к болезням сортов, а при их отсутствии, применение фунгицидов (Койшыбаев, Турапин с соавт. 1988; Койшыбаев, Хасанов с соавт., 1993).

С учетом изложенного, нами предложена схема интегрированной защиты пшеницы от основных болезней, состоящая из нескольких блоков. В ней наряду с агротехническими приемами и фитосанитарными мероприятиями большое внимание уделяется химической защите посевов, биологическим и селекционно-генетическим методам. Неотъемлемой частью системы являются мониторинг за распространением болезней, прогноз их развития и возможных потерь урожая, а также определение целесообразности применения фунгицидов с учетом уровня развития болезней и ожидаемого урожая. Для эффективной селекционной работы необходим постоянный мониторинг за структурой популяций облигатных паразитов, особенно видов ржавчины [рис. 18].

2.1 Система защиты пшеницы от болезней с семенной инфекцией

Роль предшественников, сроков посева семян и удобрений. На пшенице могут встречаться четыре вида головни, которые не заражают другие культуры, при этом инфекция твердой головни сохраняется в почве до следующего года, карликовой – до 5-7 лет. В связи с этим чередование культур в севообороте является одним из приемов для оздоровления почвы от инфекции. Путем переноса

Рисунок 18. Модель интегрированной защиты пшеницы от комплекса болезней

посева на неблагоприятные для возбудителя болезни сроки можно значительно снизить пораженность пшеницы видами головни. Для юго-восточного и южного регионов республики рекомендованы следующие оптимальные сроки посева озимой пшеницы: в предгорной зоне I-II декады октября, горной – II-III декады августа. В это время температура почвы находится в пределах 15-20°C, она неблагоприятна для заражения проростков твердой головней, оптимальная для прорастания её телиоспор и заражения проростков находится в пределах 7-13°C (Ишпайкина с соавт., 1972).

Почвозащитная система земледелия сыграла определенную роль в оздоровлении посевов яровой пшеницы от твердой головни в Северном Казахстане. Оптимальный срок её посева – третья декада мая, в это время воздух прогревается до 20-25°C, и условия неблагоприятны для заражения растений. Полевые опыты в 1998-2000 гг. в Акмолинской области показали, что сорт Акмола 3 при посеве в ранний (5-10 мая) и оптимальный (20 и 25 мая) сроки поражается пыльной головней от 0,6 до 1%, в начале июня – на 0,3-0,4%, т.е. в 2-3 раза слабее.

Минеральные и органические удобрения существенно не влияли на пораженность яровой пшеницы головневыми болезнями. Так, в 1991-1993 гг. на опытных посевах Костанайского НИИСХ в контрольном варианте количество пораженных ею колосьев составляло в среднем 0,5%, при внесении в почву P_2O_5 по д.в. 80 кг/га – 0,4, при посеве вместе с семенами из расчета 20 кг/га и навоза 30 т/га – 0,3%.

2.1.1 Эффективность протравливания семян

Инфекция различных видов головни пшеницы передается семенами. Кроме того, в период формирования-созревания они заражаются возбудителями корневых гнилей (гельминтоспориозная и фузариозная), септориоза и другими патогенами, а также заселяются сапрофитными микроорганизмами. При высеве таких семян происходит снижение полевой их всхожести, угнетение, иногда гибель всходов. Кроме того, в почве сохраняются возбудители корневых гнилей, которые заражают проростки, при низкой её температуре прорастающие семена подвергаются плесневению.

В связи с изложенным, протравливание семян зерновых культур рассматривалось, как один из основных элементов противоголовневых мероприятий, разработанных ещё в начале 30-х годов прошлого столетия А.И. Боргардтом. Учитывая высокую вредоносность головневых болезней в Казахстане в 40-50-ые годы прошлого столетия была предложена система, включающая организационно-хозяйственные и специальные мероприятия, в частности, протравливание посевного материала и термическая обработка семян. До 70-х годов прошлого столетия для протравливания семян зерновых культур применялись контактные препараты, которые были эффективны только в отношении инфекции, которая сохраняется на их поверхности, в частности твердой головни. Для пыльной головни пшеницы и ячменя, инфекция которой находится внутри

семян, они были не эффективны, в связи с этим рекомендовалось термическое их обеззараживание. Из-за сложности технологического процесса оно проводилось только в семеноводческих хозяйствах, производящих элиту и суперэлиту (Гешеле, 1956; Ишпайкина с соавт., 1972; Пушкарева, 1972; Новиков, Хориков, 1974).

Согласно ГОСТ 52325-2005 Российской Федерации фитосанитарными критериями, регламентирующими семенное зерно пшеницы является зараженность его видами головни, которая не должна превышать 0,5% (Санин, 2010). Грибная и бактериальная инфекция семян пшеницы представлена видами из родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Septoria*, *Cladosporium*, *Pseudomonas* и *Xanthomonas* (Абеленцев, 2007). В Курганской области семена зерновых культур ежегодно поражаются поверхностной инфекцией болезней, в том числе гельминтоспориозом на 10,2-21,8%, септориозом – 1,5-2,5%, альтернариозом – 8,6-10,4%, плесневыми грибами до 12,3-18% (Немченко, Рыбина и др., 2005).

Наши исследования показали, что в отдельные годы зараженность семян пшеницы гельминтоспориозной и альтернариозной инфекцией в северном и восточном регионах Казахстана достигает 15-25%. В период хранения семена, имеющие высокую влажность (более 15-16%) подвергаются плесневению (Койшыбаев, Исмаилова, 1989). В связи с вышеизложенным протравливание семян нужно рассматривать как один из элементов технологии возделывания пшеницы, направленный не только против головневых болезней, но и комплекса семенной и почвенной инфекции. В 1970-1980 гг. почти весь семенной материал в Казахстане протравливался обязательно, в результате, в северном, центральном и восточном регионах практически полностью была ликвидирована твердая головня на яровой пшенице. В 90-е годы из-за трудного финансового положения и отсутствия препаратов семена часто высевались без протравливания. Анализ показал, что в 1997 г. в северном регионе – основной зоне производства товарного зерна, протравлено от 55,8 до 64,6%, в западном и восточном регионах – 19,4-22,9% высеванных семян. В результате посева непротравленными семенами резко возросло распространение твердой и карликовой головни на озимой пшенице в южном, юго-восточном и восточном регионах. Часто убранное зерно было не пригодно для переработки на муку и использования для фуражных целей (Койшыбаев, 1996; Койшыбаев, Пономарева, 1999).

В развитых странах мира протравливание посевного материала является обязательным профилактическим мероприятием для защиты зерновых культур от комплекса возбудителей болезней. Оно считается экологически безопасным приемом, т.к. препараты разлагаются до кущения растений, токсикостатки в зерне не сохраняются. Кроме того, токсичность широко применяемых ныне препаратов для обработки семян, в сотни раз ниже (LD_{50} 2 000-5 000 мг/кг) по сравнению с ртутьорганическими, применявшимися до 80-х годов а также веществ, продуцируемых отдельными патогенами растений (Фадеев, Новожилов, 1985; Зайлер, 1987).

2.1.2 Эффективность системных препаратов

Синтез препаратов системного действия стал большим открытием в защите зерновых культур не только от головневых болезней, но комплекса патогенов с семенной, почвенной и воздушно-капельной инфекцией. Они относятся к 8 группам химических соединений: Беномил (Бенлат), Карбоксин (Витавакс 200 FF, Витарос и др.), карбендазимы (Дерозал, Колфуго-супер), Флутриафол (Винцит, Винцит-экстра, Витацит), азолы (Суми-8, Раксил, Ламадор, Дивиденд и др.), Триадимефон (Фундазол), Прохлораз (штерн. и др), имидаклоприды (Тессей) и стробрулин (Иншурперформ). Многие препараты для расширения спектра применения содержат 2 действующих вещества, например, Витавакс – Карбоксин=тирам, Винцит, 5% с.к. – Флутриафол + Тиабендазол, Иншурперформ – Триконазол+ Пиракlostробин.

В 1978-90 гг. в юго-восточном и северном регионах республики определяли эффективность протравливания семян пшеницы системными препаратами: Витавакс, 75% с.п., Плантвакс, 80% с.п., Витавакс 200 FF, 70% с.п., Беномил, 50% с.п. (США), Фундазол, 50% с.п. (Венгрия) и др. В 1978-1980 гг. опыты были заложены в Алма-тинской области на озимой пшенице, в качестве эталонов служили контактные препараты – ТМТД, 80% с.п. и Гранозан, 2,3% д. Лабораторная всхожесть семян была очень высокой и испытанные препараты существенно не влияли на её показатель, за исключением Гранозана, который снизил на 3,1-4,2%. Беномил, Витавакс и Фундазол показали высокую эффективность (92-100%) против твердой головни, положительно влияли на озерненность колоса и массу 1 000 зерен на 7,4-15,7% [табл. 15].

Таблица 15. Эффективность препаратов против твердой головни и корневой гнили озимой пшеницы (Алматинская обл., 1978-1980 гг.)

Препарат	Норма расхода, кг/т	Всхожесть семян, %	Густота всходов, шт/м ²	Индексы корневой гнили, %		Пораженность головней, %	Урожай, ц/га	Масса 1 000 зерен, г
				распространение	развитие			
Беномил	2,0	97,8	216	22,4	5, 8	0,5	17,8	42,1
Витавакс	2,5	92,2	199	33,9	9,1	0,2	16, 8	42,6
Фундазол	2,0	96,1	225	18, 6	6,2	0,0	17,9	40,5
Гранозан (эталон)	1,5	92,5	207	31,2	8,0	0,2	16, 8	44,3
ТМТД (эталон)	2,0	96,2	234	35,1	9,2	0,15	18,5	41,4
Контроль	–	95,6	191	29,8	7, 6	6, 5	16,2	41,3

В 1981-1985 гг. в сухо-степной зоне северного региона определяли эффективность системных и комбинированных препаратов против основных болезней яровой пшеницы на полях Торгайской СХОС. На фоне естественного заражения семян количество пораженных пыльной головней колосьев колебалось по годам от 0,06 до 0,2%. Витавакс, Бенлат и Фундазол показали высокую эффективность против этой болезни, заметно повышали полевую всхожесть семян и снижали пораженность растений корневой гнилью в 1,3-2,5 раза. Однако они недостаточно были эффективны против паразитных (*Helminthosporium* и *Fusarium*) и сапрофитных (*Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*) грибов, составляющих основную часть микрофлоры семян. Против них были эффективны комбинированные препараты, содержащие Тиурам: при протравливании ими лабораторная и полевая всхожесть семян повышалась до 6-7%. Если, в контроле сырая масса 10-дневных проростков пшеницы составляла в среднем 135,7 мг, то при обработке их Витаваксом 146,3 мг, сухая масса – соответственно 11,3 и 13,9 мг. В остроозасушливые 1982-1984 гг. от протравливания семян урожай пшеницы повышался незначительно (0,5-0,6 ц/га).

Существенным недостатком препаратов, выпускающихся в виде смачивающих порошков, была их распыляемость при протравливании и погрузке семян. Учитывая это, в начале 90-х годов большинство зарубежных фирм перешли к выпуску жидких препаратов (ФЛО и смачивающиеся концентраты), для улучшения санитарно-гигиенических условий труда, их эффективности и безопасности применения.

В 1994-1996 гг. в юго-восточном регионе определяли эффективность препаратов из азоловой группы или ингибиторов стереолов: Суми-8,2% с.п., Раксил, 2% с.п., Дивиденд 030, а также Витавакс 200 FF против карликовой головни озимой пшеницы. Опыты были заложены естественно зараженными семенами Одесской 120 на двух фонах (пар или стерня). В 1994 г. осень была засушливой, и всходы появились весной следующего года, при пораженности колосьев в контроле на 1,8% препараты показали недостаточную эффективность: Суми-8 – 49,7%, Дивиденд – 73,3%. Иные результаты были получены в 1995-1996 гг.: на делянках, засеянных семенами, протравленными Дивидендом в нормах 2 и 3 л/т и Суми-8 (2 кг/т) заболевание не обнаружено, Витаваксом 200 FF (3 л/т) пораженных головней колосьев было 0,2%, при посеве необработанными семенами – 2,0%. При урожайности в контрольном варианте 24,1 ц/га, сохранен 1,3-1,5 ц/га зерна. Дивиденд 030 зарегистрирован против карликовой головни озимой пшеницы в Казахстане.

Исследования в 1991-1995 гг. в северном, восточном и юго-восточном регионах республики на озимой и яровой пшенице подтвердили, что Витавакс 200 FF высоко эффективен (98-100%) против головневых болезней. Он за счет Тиурама хорошо подавляет развитие на семенами плесневых грибов, однако против корневой гнили уступает препаратам из триазоловой группы. В опытах, заложенных в 1994-1995 гг. в Алматинской области, с искусственно зараженными семенами озимой пшеницы Витавакс 200 FF (3 л/т) и Суми-8 (2 л/т) показали высокую биологическую эффективность (99-100%) против твердой головни при пораженности колосьев в контрольном варианте на 34,2% [табл. 16].

Аналогичные результаты были получены на яровой пшенице: Витавакс в нормах расхода 2,0, 2,5 и 3,0 л/т показал высокую эффектив-

Таблица 16. Эффективность препаратов на озимой пшенице (Алматинская обл., 1994-1995 гг.)

Препараты	Норма расхода, л/т	Показатели семян, %		Количество всходов, шт/м²	Поражено колосьев твердой головней, %	
		всхожесть	плесневение		1994 г.	1995 г.
Витавакс 200 FF	3,0	93,5	0,5	244	0,7	0,0
Суми-8	2,0	94,7	0,9	228	0,0	0,0
Контроль	–	94,4	3,7	213	32,2	1,4

ность (100%) против твердой головки при пораженности колосьев ею в контрольном варианте на 3,4%.

В 1996-2000 гг. в Акмолинской области определяли эффективность препаратов из азоловой группы на двух сортах яровой пшеницы (Саратовская 29 и Акмола 3), в качестве эталона брали Витавакс 200 FF. Установлена высокая их эффективность против пыльной и твердой головки, а в отношении корневой гнили удовлетворительная (45,7-68,9%). В 1996 г при пораженности колосьев пыльной головней в контроле 2,5%, биологическая эффективность Витавакс 200 FF при норме 2 л/т составляла 86,8%, 2,5 л/т – 92,9%. Колфуго-супер был недостаточно эффективен против неё (82,3%) и корневой гнили (25,2%). У семян, протравленных Витавакс 200 FF, происходило повышение лабораторной всхожести на 5,2%, Дивидендом – 2,7%, полевой – от 9,9 до 20,8% в сравнении с контролем. Они стимулировали рост и развитие растений: увеличивали длину стебля, озерненность колоса и массу 1 000 зерен. Из 5 лет исследований только в двух была заметная прибавка урожая: в остроозасушливом 1998 г. по Раксилу 2,9 ц/га, Витаваксу 200 FF – 1,8, Винциту – 1,4 ц/га в 1999 г. – 1,0-1,1 ц/га [табл. 17].

Аналогичные результаты были получены Российскими учеными: препараты Раксил, Дивиденд-стар, Премис 200, Винцит, Витавакс 200 FF при соблюдении норм расхода обеспечивает 100%-ную эффективность против головки пшеницы, колфуго дуплет и Суми 8 – 94,8 и 71,3% соответственно (Абеленцев, 2007).

Таблица 17. Влияние препаратов на урожайность яровой пшеницы (Акмолинская обл., ОПХ КазНИИЗХ, 1996-2000 гг.)

Препараты	Норма расхода, л/т	Кустистость, шт	Длина, см		Урожай, ц/га по годам				
			стебля	колоса	1996	1997	1998	1999	2000
Винцит	1,5	2,0	73,8	7,6	24,1	18,1	12,6	15,6	12,6
Витавакс 200 FF	2,0	1,5	71,6	7,0	24,4	17,5	13,0	16,3	13,2
Дивиденд	2,0	1,6	72,1	7,1	25,2	15,9	12,4	15,3	13,8
Колфуго-супер	1,5	1,7	70,7	7,0	–	17,8	12,8	16,0	–
Раксил	0,4	1,4	73,0	7,2	24,8	17,2	14,1	16,2	13,5
Премис	1,5	1,9	72,5	7,3	25,3	17,8	11,5	16,2	12,2
Контроль	–	1,5	69,1	6,6	22,2	17,7	11,2	15,2	12,9

В 1996-2000 гг. препараты для обработки семян были испытаны на яровой пшенице в Костанайской области. Установлено, что на делянках, где посеяны семена, протравленные Премисом и Витаваксом, плотность всходов повышается до 5%, Винцит снижал её на 7,6%, Раксил – 4,4%. При поражённости колосьев пыльной головней в контрольном варианте от 0,1 до 0,5% все испытанные препараты показали высокую эффективность (99-100%) против этой болезни, подавляли развитие корневой гнили в ранней фазе развития пшеницы. Они увеличивали озерненность и массу зерна с колоса, в засушливые годы прибавка зерна не превышала 0,5-1,0 ц/га, увлажненные – 1,5-2 ц/га. В острозасушливом 1998 г. Раксил и Винцит снижали его на 1-1,9 ц/га, что, возможно, обусловлено ретердантным их действием [табл. 18].

В 2003-2005 гг. были заложены опыты с препаратами азоловой группы на фоне искусственного заражения семян озимой пшеницы (сорт Стекловидная 24) возбудителем твердой головни. Раксил (2,5% с.к. и 6% в.с.к) в рекомендуемой норме расхода показал высокую эффективность, местная формуляция Премиса (1,5 л/т) – недостаточную. При испытании заводской его формуляции, полученной в следующем году из Германии, подтверждена высокая эффективность препарата против этой болезни. В результате оздоровления посевов от твердой головни сохранено до 11,9-16,4 ц/ га зерна [табл. 19].

В 1998-2000 гг. определяли эффективность системных препаратов в условиях Восточно-Казахстанской области на сортах яровой пшеницы Ульбинка и Кутулукская. Установлено, что они подавляют развитие плесневых грибов, повышают лабораторную всхожесть семян на 3,7-6,1%, полевую – 3,7-10,2%. В 1998 г. при поражённости колосьев пыльной головней в контроле на 0,42%, биологическая эффективность Колфуго-супер составила 85,4%, Витавакса 200 FF (2 л/т) – 99%, Премиса (1,5 л/т) – 98-100%, против корневой гнили – 59,6-71,7 и 44,4% соответственно. В результате увеличения продуктивной кустистости растений, стимулирования вегетативного роста и формирования репродуктивных органов с делянок, посеянных обработанными семенами намолочено зерна на 1,4-3,8 ц/га больше [табл. 20].

В 2001-2003 гг. в северо-восточном регионе – основной зоне производства товарного зерна, продолжены исследования по оценке эффективности препаратов для обработки семян пшеницы.

Таблица 18. Влияние обработки семян яровой пшеницы препаратами на массу 1 000 зерен и урожай (Костанайская обл., ТОО «Шеминовка», 1996-2000 гг.)

Препараты	Норма расхода, л/г	Масса зерна, г		Урожай, ц/га по годам					
		с 1 колоса	1 000 шт	1996	1997	1998	1999	2000	среднее
Витавакс 200 FF	2,0	0,84	31,8	23,7	27,0	13,9	25,2	25,0	22,9
Премис, 2% с.п.	1,5	0,90	30,8	23,0	26,7	12,8	25,7	25,6	22,8
Дивиденд 030	2,0	0,91	31,8	25,7	26,7	12,1	26,7	25,8	23,4
Винцит	1,25	0,92	30,6	22,6	26,6	10,7	24,3	–	21,1
Раксил, 6%	0,4	0,86	29,6	–	26,3	9,8	24,8	24,3	21,3
Контроль	–	0,83	30,6	22,1	25,2	11,7	22,6	22,8	20,9

Таблица 19. Эффективность препаратов из азоловой группы, против головни озимой пшеницы (Алматинская обл., 2003-2005 гг.)

Препараты	Норма расхода, л/г	Кустиность, шт	Пораженность колосьев, %	Биологическая эффективность, %	Урожай, ц/га 2004 г.	Масса 1 000 зерен, г	Длина колоса, см
Раксил, 2,5% с.к.	0,9	3,0	0,0	100,0	38,0	56,4	10,5
То же	1,0	3,1	0,0	100,0	37,3	55,7	9,6
Раксил, 6% в. с.к.	0,4	3,0	0,0	100,0	42,0	55,9	10,5
Премис, 2,5% с.к.	1,5	3,2	0,0	100,0	34,3	56,1	9,8
Контроль	–	2,7	20,8	–	25,6	54,3	9,8

Таблица 20. Влияние препаратов на урожай яровой пшеницы и его структуру (опытное поле Восточно- Казахстанского НИИСХ, 1998-2000 гг.)

Препараты	Норма расхода, л/т	Длина, см		Кустистость, шт	Количество колосков, шт	Урожай, ц/га		Масса 1 000 зерен, г
		стебля	колоса			1998 г.	1999-2000 гг.	
Витавакс 200 FF	2,0	65,7	7,4	2,4	14,9	13,0	27,1	35,5
Дивиденд	2,0	65,2	7,1	2,3	14,6	13,1	26,2	35,1
Дивиденд-стар	1,0	63,1	7,1	2,3	14,5	12,5	26,3	35,3
То же	1,5	66,1	7,5	2,5	15,1	13,5	26,9	35,5
Колфуго-супер	1,5	62,0	6,6	2,1	13,7	11,3	24,1	34,5
Премис	1,25	60,7	6,8	2,0	13,9	12,2	26,3	35,0
То же	1,5	63,6	7,2	2,2	14,7	12,5	23,1	35,2
Контроль	–	60,2	6,3	1,9	12,8	9,9	23,3	33,8

Таблица 21. Эффективность препаратов против семенной и почвенной инфекции, влияние на урожай яровой пшеницы (ТОО «Шеминовка», 2001-2003 гг.)

Препарат	Норма расхода, л/т	Лабораторная всхожесть семян, %	Биологическая эффективность, (%) против		Густота растений к уборке, шт/м ²	Кустистость, шт	Урожай, ц/га	
			корневой гнили	пыльной головки			средний	прибавка
Контроль	–	95,5	–	–	259	1,17	16,9	–
Витавакс 200 FF 34% в. с.к.	2,0	94,5	51,1	97,6	267	1,27	18,8	1,9
Дивиденд стар 030 т.к.с.	1,0	92,7	81,2	98,0	247	1,33	18,4	1,5
Премис 200, к.с.	0,125	97,2	57,6	98,9	273	1,20	18,1	1,2
Премис, 25% к.с.	1,0	95,8	55,5	95,7	275	1,23	15,7	1,8
Раксил,6% в.р.к.	0,4	97,5	55,5	100	296	1,35	20,8	3,9

Ассортимент их дополнен новыми, в частности, Дивиденд-стар компании «Сиб-Гейги» Швейцария, Премис 200 «Авентис» Франция. В 2002 году для опыта были использованы семена с пониженной лабораторной всхожестью и высокой зараженностью плесневыми грибами. При этом Дивиденд-стар снижал её на 2,8%, Раксил и Премис 200 увеличили на 2,0-3,2%. Наибольшую эффективность против плесневения семян показал Витавакс 200 FF, корневой гнили – Дивиденд-стар. Все препараты показали высокую эффективность против пыльной головки, повышали продуктивную кустистость и сохранность растений к уборке, в результате от обработки семян получена прибавка в размере от 0,9 до 2,7 ц/га зерна [табл. 21].

Аналогичные результаты были получены в северо-западной зоне Курганской области при суммарной зараженности семян яровой пшеницы грибами *Alternaria tenuis*, *Bipolaris sorokiniana*, видами *Fusarium*, *Penicillium*, превышающей биологический порог вредности болезни в 2-3 раза, при обработке её семян препаратами Премис 200 и Дивиденд стар получена прибавка урожая 1,8-2,5 ц/га (Порсев, Торопова, 2012).

В 2006-2008 гг. на яровой пшенице определяли эффективность препаратов нового поколения, в том числе, инсекто-фунгицида Юнта и биологического – Экстрасол в северном регионе. В 2006 г. у протрав-

Таблица 22. Влияние препаратов на всхожесть семян яровой пшеницы, урожай и его структуру (Северо-Казахстанская СХОС, 2007 г.)

Вариант	Норма расхода, л/т	Лабораторная всхожесть, %	Густота всходов, шт/м ²	Корневая гниль, %	Масса зерна, г		Урожай, ц/га	
					с 50 колосьев	1 000 шт	средний	прибавка
Дивиденд экстрим, с.к.	0,4	97,3	264	2,3	47,9	35,8	21,1	0,1
Витавакс 200 FF	2,0	97,6	262	2,3	50,6	35,9	21,8	+0,8
Ламадор, с.к.	0,12	97,3	244	2,1	49,3	34,9	21,6	+0,6
Провакс, 1,5% м.э.	0,6	98,3	256	4,8	45,1	35,3	21,6	+0,6
Провакс, 1,5% м.э.	1,0	96,0	252	2,1	49,6	35,4	21,3	+0,3
Раксил, 6% в.р.к.	0,4	97,6	242	4,1	50,8	36,2	22,0	+1,0
Экстрасол	1,0	98,0	272	4,1	45,2	35,2	21,1	+0,1
Юнт, с.к.	1,5	92,0	264	2,3	46,3	35,2	20,6	-0,4
Контроль	–	98,3	274	4,5	42,3	34,7	21,0	0,0
НСР ₀₅ = 1,2 ц/га; 5,5%								

ленных семян происходило некоторое снижение лабораторной и полевой всхожести, однако это не отразилось на урожайности, так как препараты оказывали стимулирующее действие на рост и развитие растений: получена прибавка урожая от химических препаратов 0,9-1,1, биологического – 2,4 ц/га. В 2007 г. заметное снижение полевой всхожести (8,0-11,6%) семян происходило под влиянием Раксила и Провакса. Все испытанные препараты, за исключением Экстрасола, снизили пораженность растений корневой гнилью, но уровень прибавки урожая был невысокий – 0,6-1,1 ц/га [табл. 22].

Ниже приводится список основных препаратов, разрешенных к применению на территории Республики Казахстан для протравливания семян пшеницы, и их биологическая эффективность против болезней с семенной и почвенной инфекцией [табл. 23].

Таблица 23. Список препаратов, рекомендованных для протравливания семян пшеницы в Казахстане, нормы их расхода и биологическая эффективность

Препарат	Норма расхода, л/т; кг/т	Биологическая эффективность, %			
		головня		корневая гниль	плесневение семян
		твердая	пыльная		
Барьер, 6% в.р.к.	0,4	+++	++	+	++
Витавакс 200 FF, 34% в.с.к.	1,5-2,0	+++	++	+	+++
Виал ТТ, в. с.к.	0,4	+++	++	+	++
Витарос, 39% в.с.к.	2,0	+++	++	+	+++
Винцит экстра, к.с.	0,5-0,75	+++	+++	+	++
Дивиденд 030 к.с.	2,0	+++	++	++	++
Дивиденд экстрим, 115, т.к.с.	0,4	+++	++	++	++
Иншур-перформ, 120 к.с.	0,4	+++	++	++	++
Кинто-дуо, 80 к.с.	1,5	+++	++	++	++
Ламадор, к.с.	0,1-0,12	+++	++	++	++
Премис двести, к.с.	0,12-0,2	+++	++	++	++
Провакс, 1,5% м.л.	0,67-1,0	+++	++	++	++
Раксил, 6% в.р.к.	0,4	+++	++	++	++
Раксил ультра, с.к.	0,2	+++	++	++	++
Скарлет, м.э.	0,3-0,4	+++	+	+	+
Селест – топ** 312 к.с.	1,2	+++	++	++	++
Суми-8,2% ФЛО	1,0	+++	++	++	++
Фундазол, 50% с.п.	2,0-3,0	+++	++	+	+
Юнт**, к.с.	1,5-1,75	+++	++	+	++

*+++ – высокая (90-100%), ++ – хорошая (70-85%); + – удовлетворительная (50-65%) эффективность.
**- инсекто-фунгицидные препараты

Необходимо иметь в виду, что список ежегодно пополняется новыми препаратами. В последние годы зарегистрированы в республике под разным названием более 10 препаратов на основе Тебуконазола, пропиконазола, производства Китая, России, Австрии и других стран. Протравливание семян считается обязательным профилактическим мероприятием для оздоровления и защиты всходов озимых культур от ранней инфекции ржавчины и мучнистой росы. В последние годы созданы препараты с инсекто-фунгицидным действием, которые защищают всходы, не только от болезней, но и скрыто-стеблевых вредителей.

2.1.3 Сроки обработки, глубина заделки протравленных семян и длительность их хранения

Обычно семена зерновых культур протравливают накануне посева, но можно их обработать заблаговременно: от нескольких суток до 2-3 месяцев. С целью определения длительности хранения протравленных семян проводили специальные опыты с Витаваксом 200 FF и Раксилем на яровой пшенице. Регулярно определяли лабораторную их всхожесть: в контрольном варианте она варьировала от 89,3 до 94,8%, у протравленных – от 92 до 94,5%, через 7 месяцев – 92 и 91,5% соответственно, т.е. она оставалась на первоначальном уровне [табл. 24]. Эти результаты были получены на семенах с кондиционной влажностью (13-14%). При протравливании семян с высокой влажностью (более 15-16%) при длительном хранении лабораторная их всхожесть заметно снижается. Поэтому такие семена целесообразно протравливать накануне сева.

Известно, что в северном регионе к оптимальному сроку сева яровой пшеницы (20-27 мая) в годы с засушливой весной верхний слой почвы высыхает, и семена обычно заделывают на глубину 6-8 см.

Таблица 24. Всхожесть и плесневение семян яровой пшеницы при хранении

Варианты	Норма расхода, л/т	Показатели	Индексы через...суток хранения семян				
			7	20	40	180	210
Контроль	–	всхожесть	91,8	89,3	90,8	91,5	94,8
		плесневение	4,0	5,5	6,8	6,8	4,5
Витавакс 200 FF	2,0	всхожесть	94,0	92,0	93,6	92,3	92,5
		плесневение	1,0	1,3	1,5	2,3	3,8
Раксил	1,5	всхожесть	95,8	95,3	94,3	95,8	97,0
		плесневение	0,5	1,2	2,3	2,3	0,7

Многие зарубежные фирмы рекомендуют высевать протравленные препаратами азоловой группы семена зерновых культур на глубину не более 3-4 см. В связи с этим, в лабораторных опытах определяли влияние глубины заделки (3,5, 7 и 10 см) обработанных Витаваксом 200 FF и Раксилом семян пшеницы на их всхожесть, пораженность корневой гнилью и накопление ими биомассы. При посеве протравленных Раксилом семян на глубину 5 см надземная масса снижалась на 3,5, подземная – 6,8%, 7 см – 10,3 и 12,8%, на 10 см – 17,8 и 17,2% в сравнении с непротравленными семенами, посеянными на те же глубины. В то же время, заметное снижение накопления биомассы по Витаваксу 200 FF происходило только при заделке семян на глубину 10 см: листо-стебельная – на 20,5%, корневая система – 9,1%. При проращивании семян на бумажных рулонах выявлено стимулирующее действие этого препарата на первоначальный рост пшеницы: у протравленных им семян длина проростка составляла 22 см, сырая масса 100 проростков – 9,67 г, корешков – 2,48, в контроле – 21,6 см, 9,56 и 1,93 г соответственно. Раксил стимулировал рост корневой системы, но оказывал некоторое ингибирующее действие на длину проростков. У протравленных Витаваксом 200 FF и Раксилом семян количество корешков составляло 4,6, в контроле – 3,6 шт [рис. 19]. В 1997-1998 гг. на стационаре Казахского НИИ зернового хозяйства определяли влияние различной глубины заделки (4 и 8 см) протравленных Витаваксом 200 FF (2 л/т) и Раксилом (0,5 л/т) семян на продуктивность яровой пшеницы по стерневому фону. В 1997 г. при посеве обработанных Витаваксом 200 FF семян на глубину 4 см была получена прибавка 0,5 ц/га при урожайности в контроле 10,7 ц/га, по Раксилу урожай был ниже на 1,4 ц/га. В остро-засушливом 1998 г. при заделке протравленных Витаваксом 200 FF семян пшеницы на глубину 8 см полевая их всхожесть снижалась на 5,2%, Раксилом – 28,6%, в контроле она была одинаковой независимо от глубины посева. При заделке необработанных семян пшеницы на глубину 8 см увеличивалась пораженность всходов корневой гнилью в 2-3 раза, колосьев пыльной головней, чем при мелкой заделке (4 см), биологическая эффективность испытанных препаратов не превышала 80-90%.

Опыты, проведенные в 2003-2005 гг. на Северо-Казахстанской СХОС показали, что при глубокой заделке семян пшеницы (8-10 см) протравленных препаратами азоловой группы (Дивиденд-стар, Суми-8, Раксил 6%, Раксил плюс), всходы появляются на 1-2 дня поз-

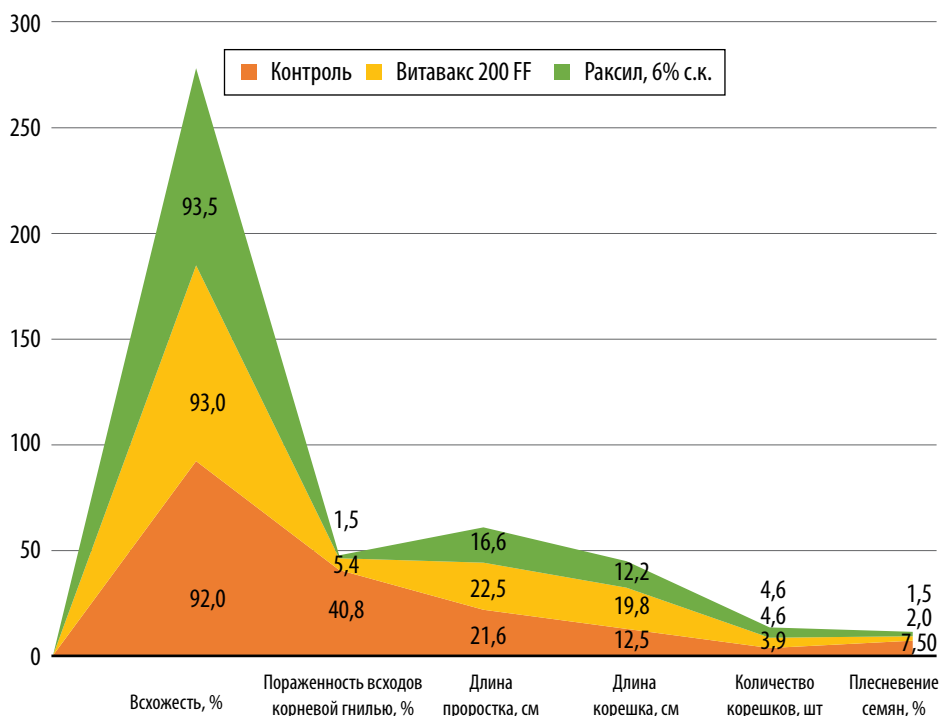


Рисунок 19. Влияние протравливания семян пшеницы Витаваксом и Раксилем на их всхожесть и плесневение, пораженность всходов корневой гнилью

же, полевая их всхожесть снижается до 15-20%, урожай – до 1,0-1,5 ц/га. В то же время Витавакс 200 не снижал всхожести семян; еще одним его преимуществом является подавление бактериальной инфекции, которая передается семенами.

В.И. Абеленцев (2009) указывает, что полнота протравливания семян зерновых культур должна быть не более 90-100%, так как повышение нормы препаратов, особенно триазоловых (Раксил, Бункер, Ремис, Суми-8, Тебу и др.) в экстремальных условиях (засуха, низкая влажность почвы или переувлажнение), оказывает ретердантное действие: снижает полевую всхожесть семян до 20-30%, массу надземной части и корневой системы.

Для определения длительности хранения препаратов в складских условиях использовали Байтан универсал, Суми-8, 2% с.п. и Раксил, 2% с.п., хранившиеся более 5-6 лет, Винцит – 3 года. Семена пшеницы обрабатывали рекомендуемой нормой их расхода: 1,5-2 кг (л)/т. При пораженности колосьев твердой головней

в контроле 23,2%, они показали высокую биологическую эффективность (100%). Это свидетельствует о том, что препараты в виде смачивающихся порошков или концентрата суспензии не теряют биологическую эффективность длительное время при хранении в заводской таре и упаковке в складских условиях при температуре летом 25-35°C, зимой до –15-30°C.

2.1.4 Экономическая эффективность обработки семян препаратами

В 1996-1997 гг. в 5 научно-исследовательских учреждениях Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Восточно-Казахстанской областей проводили на яровой пшенице сравнительные испытания препаратов. Установлено, что при протравливании её семян Витаваксом 200 FF прибавка урожая по 14 опытам составляет в среднем 1,5 ц/га, препаратами из группы азолов – 1,2 ц/га (12 опытов), а Колфуго-супер из 8 опытов в 3-х она была 1,6-2,3, в 5 происходило снижение его от 0,2 до 1,5 ц/га. В 2000 г. в ОПХ Казахского НИИ зернового хозяйства заложен демонстрационный опыт, затраты на обработку семян яровой пшеницы варьировали с 2,85 до 2,24 USD, и при уровне цен на зерно 85-100 USD за 1 тонну, в зависимости от размера сохраненного урожая окупались в 3,7-9,1 раза [табл. 25].

Таким образом, протравливание семян системными препаратами необходимо рассматривать как профилактический прием, направленный для оздоровления семян от инфекции головневых болезней, септориоза, гельминтоспориоза, предохранение их от плесневения и всходов – корневых гнилей.

Таблица 25. Экономическая эффективность обработки семян яровой пшеницы (Акмолинская обл., 2000 г.)

Препарат	Норма расхода, л/т	Урожай, ц/га	Прибавка		Стоимость сохраненного урожая, \$	Затраты на обработку семян, \$	Окупаемость затрат, раз
			ц/га	%			
Витавакс 200 FF	2,0	22,1	3,0	15,7	25,5	2,67	9,4
Витавакс 200 FF	2,5	20,6	1,5	7,8	12,8	3,43	3,7
Дивиденд 030	2,0	22,7	3,6	18,9	30,6	2,20	7,3
Дивиденд-стар	1,25	22,1	3,0	15,7	25,5	2,85	9,1
Контроль	–	19,1	–	–	–	–	–

На основе многолетних исследований установлено, что при протравливании семян пшеницы достигаются следующие результаты:

- обеззараживание семян от инфекции многих патогенов, прежде всего видов головни, септориоза, гельминтоспориоза и других;
- подавление развития на семени плесневых грибов, в частности видов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium* и других;
- защита всходов от почвенной инфекции корневой гнили, ранней инфекции ржавчины и мучнистой росы;
- повышение всхожести семян, стимулирование роста и развития всходов.

Рекомендации для производства: протравливают семена с влажностью не более 13-14%, всхожестью не ниже 90%.

Протравливание проводится накануне посева или заблаговременно (от нескольких дней до 2-3 месяцев и более) увлажненным способом.

При хранении семян пшеницы, протравленных системными препаратами заблаговременно посевные их качества не снижаются.

При хранении препаратов в заводской упаковке, сухом помещении, биологическая их эффективность в течение 3-4 лет не снижается.

2.1.5 Комбинированная обработка семян препаратами и микроэлементами, физиологически активными веществами

Академик К.В. Новожилов с соавторами (2005) указывает на необходимость создания химических препаратов нового поколения, т.е. биорациональных пестицидов. Они, в основном, представлены аналогами природных соединений, обладающими биорегуляторной активностью и отвечающими требованиям энерго-ресурсосбережения, экологической сбалансированности. Предполагается, что в развитых странах мира в ближайшие годы доля применения индукторов устойчивости составит 10-15% от общего объема химических средств защиты растений. В России выпускается препарат Биосил, на основе тритерпеновой кислоты, Украине – «Агростимулин» (имитил пиридин + ростовые вещества), которые зарегистрированы на зерновых культурах и применяются в Казахстане.

Микроэлементы, необходимые в ничтожных количествах для роста и развития растений, оказывают поразительный эффект. Многие из них входят в состав ферментов и являются катализаторами биохимических процессов, происходящих в клетках растений. Активность их в сочетании с органическим комплексом возрастает в сотни и тысячи раз. Известно несколько способов применения микроудобрений: внесение в почву с основным удобрением или обработка семян перед посевом. Зерновые культуры более чувствительны к таким микроэлементам, как цинк, марганец, которые являются активными катализаторами ростовых и физиологических процессов (Школьник, 1966).

Исследования в разных почвенно-климатических зонах республики показали перспективу применения микроудобрений для повышения урожайности зерновых культур и устойчивости их к болезням. В 1977-1980 гг. в Алматинской области было установлено, что при обработке семян озимой пшеницы гексатиурамом в сочетании с марганцем и цинком урожайность её повышается от 2,9 до 4,6 ц/га, или на 7,8-12%. Аналогичные результаты были получены в 1981-1985 гг. в засушливо-степной зоне Торгайской области на яровой пшенице. Установлено, что на зерновых культурах наиболее экономически выгодным способом применения микроэлементов является совмещение с протравливанием (Койшыбаев, 2000).

В наших исследованиях в качестве химических индукторов устойчивости пшеницы к болезням основное внимание уделено супергумату, который синтезирован Институтом химических наук им. А. Бектурова МОН РК и содержит более 90% гуминовой кислоты и микроэлементов. Биоактивированные соли гуминовых кислот в отдельности и совместно с микроэлементами широко применяются в Западной Сибири и Поволжье на многих сельскохозяйственных культурах для повышения их устойчивости к стресс-факторам и урожайности.

В период 2010-2012 гг. в лабораторных и полевых условиях определяли ростостимулирующую и фунгицидную активность препаративных форм супергумата (СПГ) в виде смачивающегося порошка и жидкой, а также микроэлементов на яровой пшенице для установления наиболее оптимальных норм их расхода. Лабораторный опыт проращиванием её семян на бумажных рулонах показал эффективность против корневой гнили обработки семян супергуматом и цин-

ком в концентрации 0,5%, пораженность всходов болезнью снизилась более чем в 5-7 раз по сравнению с контролем; в концентрации 0,1% происходило стимулирование роста всходов: опытные варианты по сырой биомассе превышали контроль на 21-39%, сухой – от 9,4 до 25,9%. При концентрации супергумата, марганца и меди 0,5% происходило снижение биомассы корневой системы [табл. 26].

Далее определяли эффективность обработки семян пшеницы бинарными (Zn+Mn, Zn+Cu) и тройными (Zn+Mn+Cu) смесями микроэлементов, а также супергумата. Опыт на бумажных рулонах показал, что при этом пораженность всходов корневой гнилью снижается в 2-3 раза. На накопление листо-стеблевой и корневой биомассы положительно влияли следующие композиции микроэлементов: Zn+Mn, Zn+Cu и Zn+Mn+Cu; заметное стимулирование роста всходов происходило при обработке семян смесью трех микроэлементов: сырая их биомасса превышала контроль на 20,3, сухая – на 15,1%. На рост корневой системы лучшие результаты показали композиции Zn+Cu и СПГ+Zn+Mn+Cu, превысив контроль на 13,5 и 10,4% [табл. 27].

В 2009-2011 гг. на Карабалыкской СХОС определяли в полевых условиях эффективность обработки семян яровой пшеницы супергуматом и микроэлементами, а также посевов в период вегетации.

Таблица 26. Влияние обработки семян пшеницы супергуматом и микроэлементами на их всхожесть, плесневение, биомассу всходов и пораженность их корневой гнилью

Вариант	Концентрация, %	На бумажных рулонах				На влажном песке				
		всхожесть, %	корневая гниль, %	масса, г		всхожесть, %	сырая масса всходов, г		сухая масса всходов, мг	
				надземная	корневая		надземная	корни	надземная	корни
СПГ	0,1	95,5	5,7	2,58	2,74	96,8	2,61	2,80	379	323
СПГ	0,5	96,7	3,1	2,50	2,56	96,8	2,67	2,16	307	352
Цинк	0,1	96,7	6,8	2,76	3,18	98,8	2,0	2,32	311	335
Цинк	0,5	90,5	2,5	2,25	2,12	98,8	2,07	2,45	333	363
Медь	0,1	98,0	7,5	2,45	2,55	96,8	2,42	2,77	367	331
Медь	0,5	92,5	8,1	2,54	2,37	98,0	2,78	2,24	417	336
Марганец	0,1	96,7	12,5	2,45	2,78	98,8	2,70	2,98	404	412
То же	0,5	95,0	11,5	2,42	2,56	98,0	2,42	2,17	362	333
Контроль	–	96,7	16,2	2,41	2,79	96,0	2,0	2,98	331	400

Таблица 27. Влияние композиции микроэлементов и супергумата на всхожесть и плесневение семян пшеницы, биомассу всходов и пораженность их корневой гнилью

Вариант	Всхожесть, %	Корневая гниль, %	Плесневение, %	Биомасса всходов, г	
				надземная	корни
Zn+Mn	95,5	25,6	2,4	3,29	3,20
Zn+Cu	95,7	28,1	3,1	3,32	3,58
Mn+Cu	96,7	40,6	4,9	3,08	3,29
Zn+Mn+Cu	97,5	27,5	6,2	3,32	3,58
СПГ+ Zn+Mn	92,2	15,7	8,1	2,89	3,25
СПГ+Zn+Mn+Cu	96,7	51,2	3,6	3,08	2,94
Контроль	96,7	56,2	6,2	3,23	3,41

Установлено, что более высоким стимулирующим действием обладает супергумат при обработке семян из расчета 0,5 кг/т и посевов в период вегетации (50 мл/га), а также марганец [табл. 28].

При обработке семян пшеницы жидкой формуляцией супергумата (50 мл на 1 тонну) пораженность всходов корневой гнилью снижалась в 2,5 раза, он по эффективности не уступал Биосилу – биопрепарату зарегистрированному в Казахстане. На делянках, где были посеяны семена, обработанные серноокислым марганцем, индексы болезни были ниже в 3-4, цинком в 1,6-1,7 раза по сравнению с контролем [рис. 20 и 21].

Таблица 28. Влияние супергумата и микроэлементов на урожай яровой пшеницы и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009 г.)

Вариант	Норма расхода, кг, л/т	Кустистость, шт	Длина, см		Число колосков, шт	Масса зерен, г		Урожай зерна ц/га
			стебля	колоса		С 50 колосьев	С 1 000 шт	
Супергумат, п.	0,5	1,7	78,0	6,7	12,7	45,7	39,9	35,7
Супергумат, п.	0,25	1,8	77,1	6,2	11,9	44,8	41,1	35,3
СПГ + СПГ, ж.	0,05	1,6	76,0	6,5	12,1	49,1	41,0	36,7
Цинк +цинк	0,5	1,9	76,0	6,8	12,5	46,4	39,0	35,9
Медь +медь	0,5	1,3	74,0	6,2	11,9	43,7	37,9	35,6
Марганец+ марганец	0,5	1,8	73,7	6,4	12,5	49,7	39,1	38,0
Контроль	–	1,6	71,0	5,8	11,3	38,3	37,2	34,1
П- порошок, ж- жидкая форма								

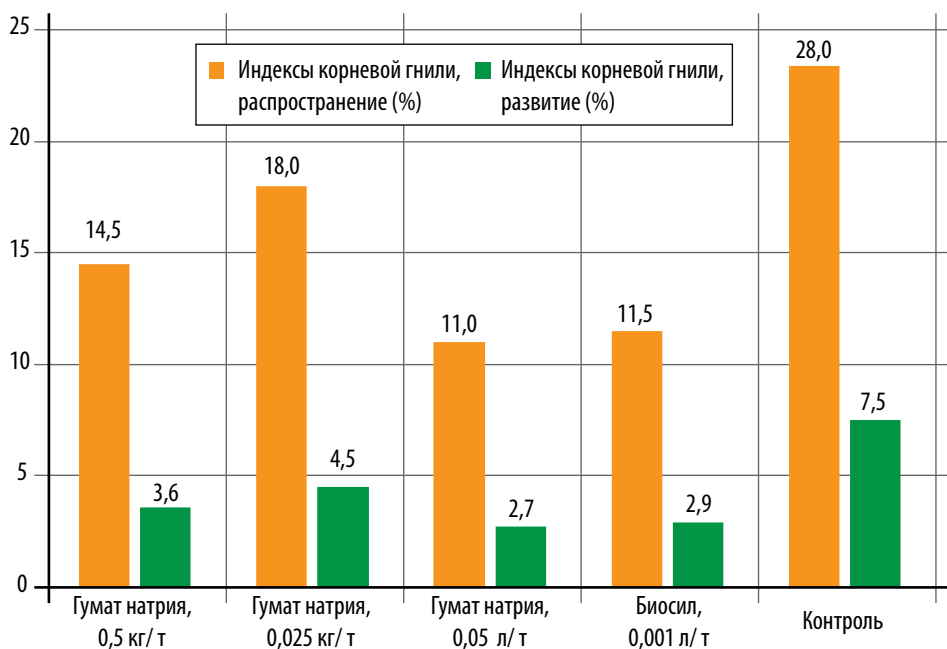


Рисунок 20. Влияние супергумата на пораженность пшеницы корневой гнилью (Карабалыкская СХОС, 2009 г.)

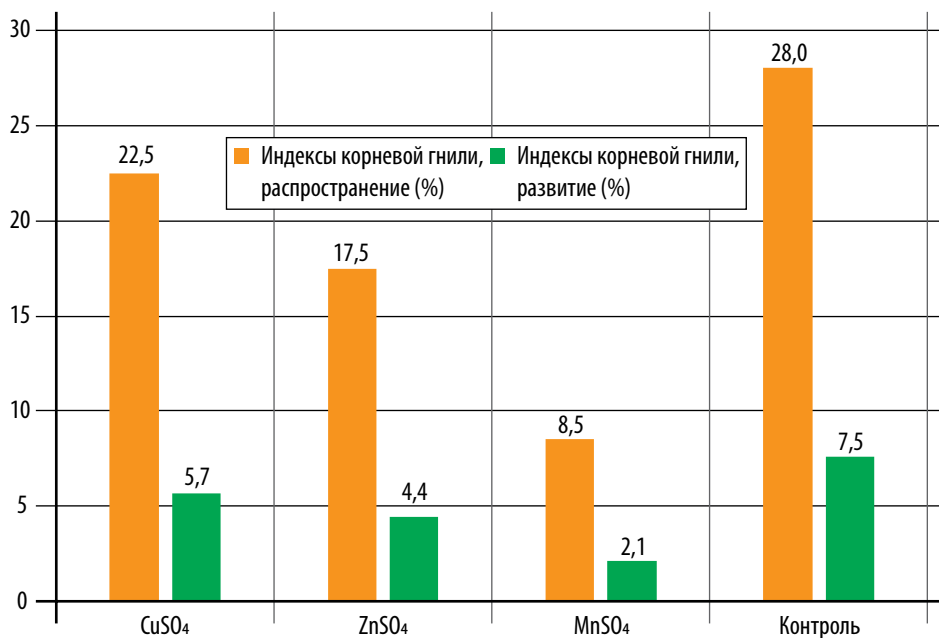


Рисунок 21. Влияние микроэлементов на пораженность пшеницы корневой гнилью в фазу кущения (Карабалыкская СХОС, 2009 г.)

В 2010 острозасушливом году при обработке семян яровой пшеницы супергуматом (0,250 л/т) и цинком происходило увеличение полевой их всхожести на 4,4-9,0%. Пораженность растений корневой гнилью в фазу кущения была ниже на делянках, где были посеяны семена, обработанные супергуматом, марганцем и цинком. В период колошения посевы опрыскивались этими же препаратами из расчета 0,1 и 0,25 л/га. Учет урожая показал на незначительное его превышение (0,6-1,1 ц/га) при обработке семян супергуматом и марганцем; дополнительное опрыскивание ими посевов в период вегетации не приводило к повышению урожая.

В 2011 г. эффективность обработки семян бинарной смесью супергумата и цинка против корневой гнили была на уровне химических препаратов – Витавакс 200 FF и Кинто-дуо. Растения, обработанные ими в период колошения, оставались более зелеными, цинк снизил пораженность листьев пятнистостями в 1,3 раза. В период молочной спелости сырая масса колосьев была значительно выше на делянках, где посевы были обработаны супергуматом и цинком, которые оказали заметное стимулирующее действие на рост и развитие пшеницы. Прибавка урожая при обработке семян ими в отдельности и сочетании составила 3,4 ц/га, дополнительном опрыскивании посевов в период колошения – 4,3-4,8 ц/га. Структурный анализ показал, что происходило увеличение кустистости растений, озерненности колоса и массы 1 000 зерен.

Таким образом, на основе лабораторных и полевых исследований определены оптимальные концентрации и нормы расхода супергумата и микроэлементов, оказывающие стимулирующее действие на рост и развитие растений, повышающие устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам, разработана технология их применения. Совместно с Институтом химических наук им. А. Бектурова получены инновационные патенты РК: «Способ повышения устойчивости зерновых культур к болезням и урожайности» (№25518, 2012 г.) и «Способ повышения урожайности и устойчивости зерновых культур против абиотического и биотического стрессов» (№82332, 2014 г.).

2.2 Система защиты пшеницы от корневых гнилей

Для снижения распространения и развития корневой гнили, а также вредоносности болезни были рекомендованы следующие мероприятия:

- освоение севооборотов и рациональное размещение культур;
- обработка почвы для накопления и сохранения влаги, борьба с сорняками;
- усиление развития в почве микроорганизмов, подавляющих патогенов;
- возделывание засухоустойчивых, выносливых к болезням сортов;
- использование высококачественных семян и обязательное их протравливание (Тупеневич, 1970; Шевшенко, 1970; Джиембаев, 1971; Чулкина, 1977; Койшыбаев с соавт., 1984).

2.2.1 Роль предшественников в севооборотах

В процессе длительной эволюции, большая часть фитопатогенов, в т.ч. и почвенных, паразитирует на определенном виде растений; если возбудитель является широкоспециализированным, внутри вида могут возникать формы, приспособленные к той или иной культуре. Это позволяет регулировать многолетнюю динамику их развития чередованием культур в севооборотах.

С.М. Тупеневич (1948) указывал, что накоплению инфекции корневой гнили в почве способствует предшествующая культура. В севооборотах лучшими предшественниками пшеницы являются черный пар, пропашные культуры и люцерна. Они, а также кукуруза, эспарцет и гречиха снижают запас инфекции корневой гнили в почве. Злаковые сорняки – пырей ползучий и костер безостый поражаются корневой гнилью до 80% и увеличивают зараженность почвы его конидиями.

Ещё в начале 50-х годов Ж.Т. Джиембаев и Л.М. Городилова (1955) отмечали, что лучшим предшественником твердой пшеницы является занятый пар. Так, на Карабалыкской селекционной станции распространение болезни по чистому пару составляло 45%, развитие – 20,5, а по занятому – 20,9 и 9,1%, т.е. ниже более чем в 2 раза.

В первые годы освоения целинных и залежных земель в посевах пшеницы распространение гельминтоспориозной корневой гнили не превышало 5-10%. В Акмолинской области на твердой пшенице по пласту люцерно-житняковой смеси её распространение колебалось от 1,3 до 5,2%. В Павлодарской области более высокая пораженность (до 59,1-67,5%) яровой пшеницы отмечалась после ячменя

и чистого пара. При размещении её по кукурузе, пласту житняка, горчице и горохо-овсяной смеси заболевание проявлялось в 2-4 раза слабее (Джиембаев, Альжанов, 1970).

В первые годы освоения целинных и залежных земель было установлено, что повторное возделывание пшеницы на одном и том же поле ведет к увеличению зараженности растительных остатков и пораженности яровой пшеницы корневой гнилью. Возделывание яровой пшеницы в монокультуре или высокий ее удельный вес в севооборотах привело к увеличению зараженности почвы возбудителем корневой гнили и широкому распространению болезни на освоенных землях Северного Казахстана и Западной Сибири. Так, в 1973-1974 гг. в Костанайской области потери её урожая в зависимости от предшественников и сорта колебались от 10,7 до 30% (Джиембаев, 1971; Котова, 1977).

На освоенных черноземах лесостепи и степи Западной Сибири содержание в почве инфекционных зачатков гриба *Helminthosporium sativum* было больше в 4-17 раз, чем на целинных и залежных аналогах (Чулкина, с соавт., 1975). В Костанайской области при бессменном возделывании мягкой пшеницы распространение болезни на посевах достигало 85,7%, развитие – 54,1%, при размещении её по пласту многолетних трав (донник, люцерна и житняк) не превышало 7,1-11,8 и 3,5-4,9% (Тупеневич, Нестеров, 1977).

В Западной Сибири лучшими фитосанитарными предшественниками пшеницы являются кукуруза и зернобобовые культуры, чистый пар занимает промежуточное положение. При бессменном её возделывании в течение 8-10 лет повышается зараженность почвы возбудителем и пораженность растений болезнью (Чулкина с соавт., 1975).

В лесостепной зоне Красноярского края на повторных посевах пшеницы зараженность почвы конидиями гриба *B. sorokiniana* и ячменя достигала 70-100 шт/г, распространение болезни – 80%, развитие – 30%. Установлено, что рапс, вика, горох, подсолнечник и другие своими корневыми выделениями способствуют отмиранию мицелий и конидий, очищению почвы от инфекции патогена (Хацкевич, Бенкен, 1987).

В США в отношении корневой гнили очень эффективны 3-польные севообороты со следующим чередованием культур: озимая

пшеница – яровой ячмень – горох или кукуруза – соя-зерновые. Исследования канадских ученых показали, что при монокультуре пшеницы заметно возрастает агрессивность гриба *Helminthosporium sativum* в сравнении с полями, где её возделывали в севообороте. При бессменном возделывании яровой пшеницы происходит сильное развитие болезни, заметное снижение – после овса, кукурузы и зернобобовых культур (Шпаар, 1994).

В наших исследованиях, проведенных в период 1976-2000 гг. большое внимание уделялось определению роли предшественников в снижении распространения и развития корневой гнили озимой яровой пшеницы. В 1976-1980 гг. на многолетних стационарных опытах Казахского НИИ земледелия, заложенных в пустынно-степной зоне Алматинской области, определяли влияние предшественников на развитие корневой гнили озимой пшеницы в следующих севооборотах: 10-польный зернопаротравяной, 5-польные зернопаровой с выводным клином многолетних трав, зернопаропропашной и почвозащитный с полосным размещением культур, 3-х-польный зернопаровой, 2-х-польный зерновой и бессменных её посевах.

Длительное бессменное возделывание (около 20 лет) озимой пшеницы существенно не влияло на фитосанитарное состояние её посевов: распространение корневой гнили перед уборкой составило в среднем за 5 лет 26,7%, развитие – 7,1%, зараженность почвы инфекционными зачатками гриба 50-54 конидии в 1 г почвы. При размещении её в севооборотах по пару или после пропашной культуры оно колебалось от 23,5 до 29,1%, второй – от 21 до 33 [табл. 29].

В 10-польном зернопаротравяном севообороте на озимой пшенице, размещенной по пласту многолетних трав (смесь люцерны + житняка), количество пораженных корневой гнилью растений было в 1,5-1,7 раза меньше, чем повторно по обороту пласта, где распространение болезни составило 27,6%, развитие – 8,9%; в 1 г почвы содержалось от 14 до 40 конидий. В почвозащитном севообороте с многолетними травами озимая пшеница, посеянная по пару, поразились этой болезнью в 1,7-2,1 раза больше, чем в зерновых. Это связано с тем, что поле под пар отводилось после двухлетнего возделывания ячменя, который из-за высокой восприимчивости к корневой гнили накапливал инфекцию патогена и снижал фитосанитарную эффективность пара [табл. 30].

Таблица 29. Пораженность озимой пшеницы корневой гнилью и инфицированность почвы её возбудителем в зависимости от предшественников в севооборотах и на бессменных посевах (Алматинская обл., 1976-1980 гг.)

Севообороты	Предшественник	Индекс болезни в фазу, %				Зараженность почвы конидиями гриба, шт/г	
		кущения		полной спелости		весной	осенью
		P	R	P	R		
Зернопаропропашной	пар	6,1	1,6	29,1	9,2	40	22
Зернопаропропашной	сафлор	7,3	2,1	23,5	7,7	23	21
3-польный зернопаровой	пар	2,6	0,7	25,5	6,6	46	25
2-польный зернопаровой	пар	3,0	0,7	24,0	6,6	29	33
Бессменные посевы озимой пшеницы		5,4	1,5	26,7	7,1	54	50
Примечание: в этой и последующих таблицах Р – распространение, R – развитие болезни.							

Таблица 30. Влияние предшественников в севооборотах на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью (Алматинская обл., 1976-1981 гг.)

Севообороты	Удельный вес в севообороте, %		Распространение корневой гнили, %			
	озимой пшеницы	ячменя	на озимой пшенице по		на ячмене	
			пару	пласту трав	озимой пшенице	по озимой пшенице
10-польный зернотравяной	40	20	24,1	18,4	27,6	73,6
5-польный зернопаровой с выводным клином трав	40	20	25,0	29,8	26,4	75,7
5-польный зернопаропропашной	40	20	29,1	–	23,5	75,8
10-польный почвозащитный	10	30	52,4	–	–	87,8
3-польный зернопаровой	66,6	33,3	25,5	–	–	88,5
2-польный зернопаровой	50,0	–	24,0	–	–	–
Бессменные посевы	100	–	–	–	26,7	–

Результаты исследований в двух почвенно-климатических зонах юго-востока республики показали, что ни один предшественник полностью почву не освобождает от возбудителя корневой гнили. Это связано с тем, что при отсутствии восприимчивого растения-хозяина грибок может сохраняться в ней длительное время. Так, на бессменном паре (более 25 лет) обнаруживалось до 10-20 конидий гриба в 1 г почвы.

Чередование культур в севооборотах позволяет поддерживать зараженность почвы на сравнительно низком уровне.

В Северном Казахстане с 60-х годов прошлого века широко внедрялась почвозащитная технология возделывания зерновых культур, разработанная академиком А.И. Бараевым, основным элементом которой являются плоскорезная обработка почвы и короткоротационные зернопаровые севообороты с высоким удельным весом яровой пшеницы. В 1981-1985 гг. на Торгайской ГоСХОС определяли влияние предшественников на многолетнюю динамику корневой гнили в 3-х видах севооборотов: 5-польном зернопаровом, 4-польных зернопаротравяном и зернопаровом. Установлено, что на повторных посевах яровой пшеницы после пара существенного увеличения пораженности растений болезнью не происходит, хотя зараженность почвы возбудителем возрастает в 1,5-2 раза. Распространение корневой гнили на 1-й культуре пшеницы в среднем за 5 лет составляло 39,1%, развитие – 12%, а на бессменных посевах – 53,2 и 14,3% соответственно. Зараженность почвы конидиями гриба *B. sorokiniana* варьировала в зависимости от предшественников в севооборотах с 33 до 65 в 1 г почвы, а при бессменном ее возделывании в течение 10 лет – 98 шт. [рис. 22]. В отдельные годы заболевание развивалось более интенсивно по паровому предшественнику, чем на 2-й и 3-й культурах. Это обусловлено двумя обстоятельствами: во-первых, поле под пар отводится после ячменя, восприимчивого к корневой гнили и увеличивающего зараженность почвы её возбудителем. Во-вторых, в засушливой степной подзоне при размещении пшеницы по пару создаются наиболее благоприятные условия не только для роста и развития растения-хозяина, но и жизнедеятельности патогена. Еще С.М. Тупеневич (1948) указывал, что недостаток влаги в почве (ниже 30%) не только угнетает рост растений, но и ограничивает заражение органов пшеницы возбудителем корневой гнили.

В 4-польных зернотравяном (донниковый пар-пшеница-пшеница-ячмень-донник) и зернопаровом севооборотах с кулисным и комбинированно-кулисным парами снижалась пораженность яровой пшеницы корневой гнилью в 1,3-1,8, заселенность почвы инфекционными зачатками гриба – в 1,5-2,1 раза. Это свидетельствует об определенной фитосанитарной роли названных культур, однако полного очищения почвы от инфекции патогена не происходило [табл. 31].

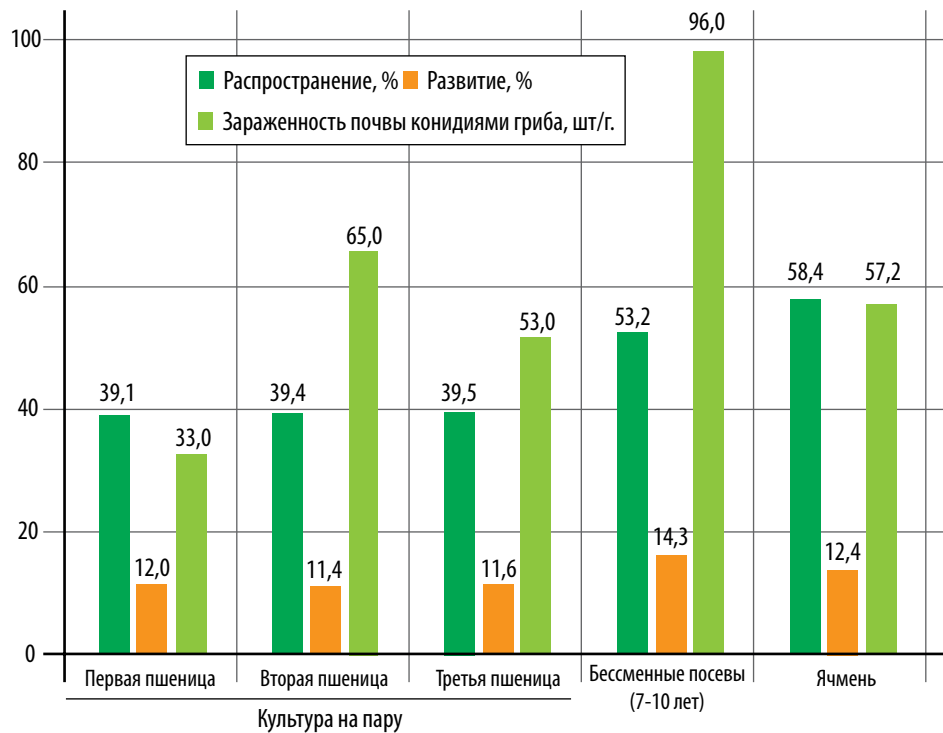


Рисунок 22. Влияние предшественников на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью в севообороте и при её бессменном возделывании и зараженность почвы инфекционными зачатками гриба *B. sorokiniana*

Таблица 31. Пораженность пшеницы корневой гнилью в 4-польных севооборотах и зараженность почвы её возбудителем (Торгайская СХОС, 1983-1985 гг.)

Севооборот	Предшественники	Индексы корневой гнили, %		Зараженность почвы конидиями, шт/г
		распространение	развитие	
Зернотравяной	донник	31,2	7,8	36
	пшеница	46,8	11,7	45
Зернопаровой с кулисным паром	кулисный пар	25,2	6,3	32
	пшеница	49,6	12,4	67
Зернопаровой с комбинированно-кулисным паром	овес на зеленый корм	25,6	6,4	40
	пшеница	38,0	9,5	59

В 1986-1990 гг. в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях в отношении корневой гнили проводили оценку предшественников в различных севооборотах с удельным весом пшеницы от 20 до 50%.

Исследования на многолетних стационарах Северо-Казахстанской ГoCХOC показали, что в фитосанитарном отношении лучшими являются 2-польные зернотравяной (пшеница – горохо-овсяная смесь) и зернопропашной (пшеница – кукуруза) севообороты, где инфицированность почвы не превышает 20-30 конидий в 1 г почвы. Анализы показали, что на стерне пшеницы обычно развиваются микроскопические грибы, среди которых много антагонистов, вытесняющих возбудителей болезней с меньшей конкурентоспособностью. Если из пораженных корневой гнилью органов пшеницы осенью *B. sorokiniana* выделялся до 80-100%, то в августе следующего года на паровом поле из её стерневых остатков не более 10-20% (Койшыбаев, Абирова, 1994).

Наибольшая зараженность верхнего горизонта пахотного слоя (до 10 см) зачатками гриба *B. Sorokiniana* выявлена в зернопаровом севообороте, инфицированность ее под пшеницей была выше в 1,5-2 раза порогового уровня (20 конидий в 1 г почвы); в острозасушливые 1987 и 1989 гг. заметно ниже, чем в достаточно увлажненные.

Исследования в 1988-1990 гг. на легких супесчаных почвах Павлодарской области показали, что в 10-польном почвозащитном севообороте с удельным весом многолетних трав 40-50%, в зависимости от погодных условий по черному и раннему парам распространение корневой гнили на яровой пшенице колеблется от 28,0 до 92,6, в среднем – 60,3%. Более сильное развитие болезни в этой зоне связано с тем, что поле под пар отводится после восприимчивой культуры – ячменя. Зараженность почвы возбудителем корневой гнили после 4-5-летнего посева житняка снижалась до 5-10 конидий на 1 г; при повторном возделывании пшеницы или ячменя она увеличивается в 2-3 раза и более (Койшыбаев, Абирова, 1994).

В 1991-1993 гг. на многолетних стационарных опытах Костанайского НИИСХ изучали фитосанитарную роль предшественников яровой пшеницы в 4 севооборотах: 5-польном зернопаровом (пар-пшеница-просо-ячмень-пшеница), 7-польном зернопаровом с выводным клином многолетних трав (пар кулисный-пшеница-про-

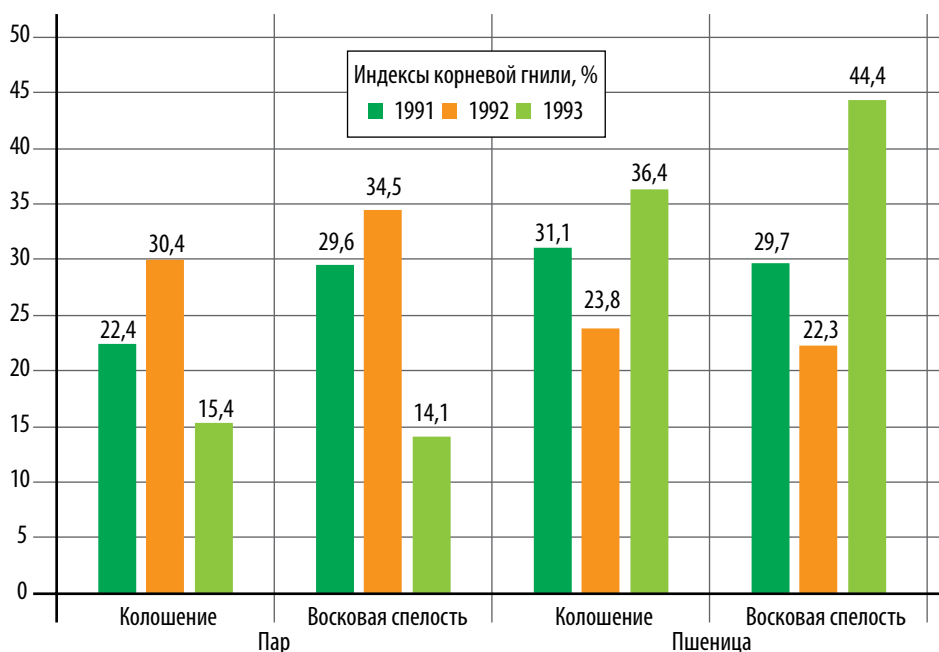
со-кукуруза-пшеница-ячмень-многолетние травы), 7-польном зерно-паровом (кулисный пар-озимая рожь-яровая пшеница-пшеница-занятый пар-яровая пшеница-пшеница) и 4-польном зерновом: овес-яровая пшеница-ячмень-яровая пшеница. Исследования показали, что к корневой гнили наиболее восприимчив ячмень, в зависимости от погодных условий и предшественников распространение болезни на этой культуре колебалось от 42,7 до 68,5%, развитие – 11,3-23,8%, а на яровой пшенице с 12,2 до 62,0 и 2,2 до 20,3% соответственно. Наиболее высокие индексы болезни отмечены в 4-польном зерновом севообороте при размещении её после ячменя и в 7-польном зернопаропропашном после кукурузы [табл. 32].

В 4-х польном зернопаровом севообороте в зависимости от погодных условий года к восковой спелости пораженность пшеницы корневой гнилью варьировала по предшественнику пар от 14,1 до 34,5%, на второй её культуре – от 12,3 до 44,7% [рис. 23].

Таблица 32. Влияние предшественников в севооборотах на индексы корневой гнили и зараженность почвы её возбудителем (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.)

Культура	Предшественник	Индексы корневой гнили,%			Зараженность возбудителем, шт. на 1 г почвы	
		распространение		развитие	средняя	максимальная
		среднее	максимальное			
5-польный зернопаровой						
Пшеница	пар кулисный	25,7	34,5	7,7	15	19
Пшеница	ячмень	25,9	41,8	7,1	18	25
Ячмень	пшеница	53,9	67,3	15,1	17	77
Просо	пшеница	8,4	13,0	2,4	11	13
7-польный зернопропашной						
Пшеница	занятый пар	42,7	46,0	13,0	13	26
Пшеница	озимая рожь	28,6	28,6	9,6	12	17
Пшеница	пшеница	45,6	47,6	13,9	12	15
Пшеница	кукуруза	44,8	62,5	12,7	13	28
4-польный зерновой						
Пшеница	ячмень	38,6	44,5	12,6	15	38
Ячмень	пшеница	56,3	68,5	17,9	28	71
Пшеница – бессменные посевы		53,0	66,0	15,3	36	141

Рисунок 23. Распространение корневой гнили на яровой пшенице в зернопаровом севообороте при возделывании по пару и второй культуре



В 1996-2000 гг. исследования по фитосанитарной оценке предшественников пшеницы продолжены на южных карбонатных черноземах Акмолинской области на многолетних стационарах Казахского НИИ зернового хозяйства. Основное внимание уделялось короткоротационными (4-польные) севооборотам с бобовыми культурами (горох, донник, нут), а также с кукурузой и овсом. Развитие болезни на бессменных посевах пшеницы в среднем за 4 года составляло 19,9%, т.е. выше порога вредоносности (12-15%), в 4-польном зернопаровом севообороте по предшественнику пар – 14,5%, рапсу – 12,3%.

Таким образом, более оптимальная фитосанитарная ситуация складывалась в сидеральном, зернотравяном и зернопропашном севооборотах после зернобобовых и масличных культур, а также овса; пораженность пшеницы и ячменя корневой гнилью, инфицированность почвы были 1,5-3 раза ниже по сравнению с 2-польными – зернопаровым, зерновым севооборотами и бессменными посевами. В фитосанитарном отношении лучшими предшественниками пшеницы были донник, горох, овес и их смесь для зеленого корма, просо, озимая рожь, худшим – ячмень.

2.2.2 Роль обработки почвы

Почвозащитная система земледелия, разработанная академиком А.И. Бараевым (1998), была широко внедрена во многих регионах Казахстана. Одним из основных ее элементов, как известно, является плоскорезная обработка почвы оставлением стерни с целью накопления влаги и предотвращения водной и почвенной эрозий. При этом создаются благоприятные условия для сохранения отдельных патогенов пшеницы, в частности, возбудителей септориозно-гельминтоспориозных пятнистостей листьев и корневых гнилей, инфекции которых сохраняются на стерневых остатках.

В 60-годы прошлого столетия во Всесоюзном НИИ зернового хозяйства определяли влияние способов обработки почвы на развитие корневой гнили и численность конидий *B. sorokiniana* в пахотном горизонте. Было установлено, что при плоскорезном её рыхлении увеличивается содержание конидий гриба, как на паровом поле, так и на повторных посевах пшеницы (Плахотник, 1974). Исследования Казахского НИИ защиты растений в Павлодарской и Кокшетауской областях показали, что приемы обработки почвы существенно не влияют на развитие корневой гнили яровой пшеницы (Джиембаев, Альжанов, 1970).

В Костанайской области увеличивалось количество возбудителя корневой гнили на безотвальных фонах, весной зараженность её конидиями гриба при рыхлении почвы составляла 42,3 шт на 1 г почвы, перед уборкой – 240, при отвальной вспашке – 30,1 и 131,4 соответственно, но урожай пшеницы был выше на 1,5-2 ц/га при плоскорезной обработке (Кольцун, 1974). Исследования на Степно-Ишимской СХОС показали, что способы основной обработки почвы существенно не влияют на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью. Однако при плоскорезной обработке на второй её культуре заметно возросла зараженность почвы конидиями гриба (Кургина, 1974).

В 1977-1981 гг. на богарных сероземах юго-восточного региона определяли влияние способов обработки почвы на пораженность озимой пшеницы корневой гнилью и зараженность почвы её возбудителем в 5-польном зернопаровом севообороте с выводным клином многолетних трав. Установлено, что она по-разному влияет на пораженность культуры болезнью в зависимости от предшественников и других факторов. При плоскорезной обработке не происходило

заметное увеличение индексов корневой гнилью и зараженности почвы конидиями *B. sorokiniana* [табл. 33].

Таблица 33. Пораженность озимой пшеницы корневой гнилью и зараженность почвы конидиями в зависимости от способа обработки (Алматинская обл., 1976–1980 гг.)

Обработка почвы	Глубина обработки, см	Индексы болезни в фазу, %				Зараженность почвы конидиями гриба, шт/г	
		кущения		полной спелости		весной	осенью
		P	R	P	R		
Озимая пшеница по пару							
Плоскорезная обработка	28-30	15,6	4,3	27,4	7,6	33	27
	20-22	12,7	3,2	31,1	8,4	27	29
Отвальная вспашка	28-30	12,8	3,4	25,7	8,1	37	27
	20-22	15,1	3,6	32,3	8,6	29	26
Озимая пшеница по озимой или сафлору							
Плоскорезная обработка	10-12	7,8	2,1	38,0	11,1	35	30
Плоскорезная обработка	20-22	12,1	3,5	34,4	11,3	29	29
Отвальная вспашка	20-22	8,4	2,2	32,1	9,9	31	33
Посев по стерне	–	14,3	4,9	36,3	12,1	34	42

При статистическом анализе результатов выявлена высокая отрицательная коррелятивная связь между развитием корневой гнили на озимой пшенице и влажностью почвы в слое 0–10 см в фазу кущения ($r = -0,76 \pm 0,18$) и молочно-восковой спелости зерна ($r = -0,67 \pm 0,19$), а также между проявлением болезни и запасом влаги в слое 0–100 см в период колошения растений ($r = -0,58 \pm 0,22$). Основной причиной накопления инфекции корневой гнили при плоскорезной обработке почвы могут быть стерневые остатки, где возможно сапрофитное развитие возбудителя. Однако корреляционный анализ показал на отсутствие связи между интенсивностью развития болезни в фазу всходы-кущение, количеством стерневых остатков и зараженностью почвы зачатками гриба *B. sorokiniana* на повторном посеве озимой пшеницы [табл. 34].

В 2006–2007 гг. провели оценку плоскорезной и нулевой обработки почвы на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью в 4-польных зерно-паровом и плодосменном севооборотах Северо-Казахстанской СХОС. На первой и второй её культурах способ подготовки пара существенно не влиял на индексы болезни.

Таблица 34. Разложение растительных остатков и зараженность почв возбудителем корневой гнили (Алматинская обл., 1976-1980 гг.)

Обработка почвы, см	Стерневые остатки перед обработкой почвы, ц/га	Сохранение остатков, %		Количество конидий, шт/г		Содержание влаги в почве осенью, %
		осенью	весной	весной	перед уборкой	
Отвальная вспашка на 20-22	23,0	0,0	0,0	31	33	7,9
Плоскорезная обработка на 20-22	23,0	75,5	18,3	29	29	8,6
Плоскорезная обработка на 10-12	23,0	76,6	18,3	35	30	10,5

В южной лесостепи Западной Сибири установлено, что при плоскорезном рыхлении почвы под пар пораженность пшеницы корневой гнилью и инфицированность пахотного слоя почвы конидиями гриба снижаются по стерневому фону. По отвальной вспашке коэффициент вредоносности болезни был выше, потери урожая составляли 0,64 ц/га, при плоскорезной – 0,17 ц/га, несмотря на то, что ее развитие было в 2 раза выше (Крицкая, 1977).

Исследования на Южном Урале показали, что при плоскорезной обработке почвы увеличивается выносливость твердой пшеницы Харьковской 46 к патогену, и снижается вредоносность болезни по сравнению с отвальной её вспашкой. Аналогичные результаты были получены и на мягкой пшенице: при плоскорезной и минимальной обработках повышались зараженность почвы и поражение зародышевых органов растений корневой гнилью в 6-польном зернопропашном севообороте, при отвальной вспашке, наоборот, возрастала заселенность пахотного слоя почвы возбудителем болезни. В то же время, при минимальной обработке зяби инфицированность её возбудителем болезни была ниже, чем при плоскорезной (Полывяный с соавт., 1987).

Таким образом, способы основной обработки существенно не влияют на распространение и развитие корневой гнили озимой пшеницы и зараженность почвы её возбудителем. Отсутствует связь между интенсивностью развития болезни в фазу всходы-кущение, количеством стерневых остатков и зараженностью почвы зачатками гриба *B. sorokiniana*. Влажность почвы пахотного горизонта и запас влаги на глубине до 1 м является одним из основных факторов, определяющих уровень развития болезни.

2.2.3 Роль органо-минеральных удобрений, гербицидов и дополнительного влагонакопления

Оптимизация пищевого и водного режимов почвы имеет важное значение в ограничении развития болезней растений и снижении их вредоносности. Известно, что в северных областях Казахстана более эффективно применение фосфорных удобрений, что связано со слабостью и средней обеспеченностью почвы подвижными его формами: в 100 г содержится 5,6-5,7 мг P_2O_5 . Азотные удобрения рекомендуются вносить только под вторую и третью культуру пшеницы (Городилова, 1967; Бараев, 1998; Госсен, Койшыбаев, 1987).

С.С. Санин (1998) указывал, что внедрение в 80-е годы интенсивных почвозащитных, энергосберегающих технологий без компенсирующего применения химических средств защиты растений было стратегической ошибкой. Широкое внедрение почвозащитной технологии в Европейской части Российской Федерации привело к повышению засоренности посевов, усилению развития гельминтоспориозной корневой гнили, фузариоза колоса и других болезней озимой пшеницы.

Ученые России всесторонне изучали роль минеральных и органических удобрений для оптимизации фитосанитарного состояния посевов пшеницы. Исследования в Западной Сибири показали достаточно высокую их эффективность против корневой гнили этой культуры; фосфорные, фосфорно-азотно-калийные удобрения снижали заселенность темно-каштановых почв ее возбудителем. При длительном применении суперфосфата в норме 30 кг/га по д.в. инфицированность почвы *B. sorokiniana* уменьшалась, особенно заметно при посеве пшеницы по пару. При внесении азота в норме 40 кг/га по д.в. количество конидий гриба на выщелоченном черноземе снижалось на 28%, на бессменных посевах такой эффект наблюдался при норме 80 кг/га. Однако в большинстве случаев азотные удобрения способствовали увеличению численности конидий патогена в пахотном горизонте. Эффективность азотных удобрений зависит от их формы, нитратный повышает восприимчивость яровой пшеницы к обыкновенной корневой гнили, аммонийный и амидный снижает ее до уровня фосфорного удобрения. Внесение в почву P_2O_5 60 кг/га по д.в. отодвигало пик споруляции возбудителя на 7 дней, 120 кг/га – на 2 недели, аммиачная селитра и мочевины снижали накопление патогена в почве (Жегульская, 1984).

Наибольшим оздоравливающим действием обладал фосфор, особенно на почвах с низким содержанием этого элемента. При химической прополке посевов зерновых культур гербицидами группы 2,4Д пораженность пшеницы корневой гнилью снижалась (Тепляков, 1977; Кузнецова, Чулкина с соавт, 1984).

Микрополевые опыты с тремя уровнями инфицированности возбудителем корневой гнили: слабая – 15-20 конидий, средняя – 40-60, сильная – 300-350 на 1 г почвы показали, что при внесении суперфосфата из расчета 120 кг/га по д.в., чем выше её зараженность, эффективность была больше. Несмотря на сильную заселенность почвы возбудителем болезни на удобренном фоне получен достаточно высокий урожай пшеницы (Тепляков, 1977).

После освоения целинных земель в Казахстане также уделялось большое внимание изучению роли минеральных удобрений, особенно фосфорных в оздоровлении пшеницы от корневой гнили (Городилова, Шевцов, 1972; Джиембаев, 1971; Кургина, 1974). По данным А. Ф. Коршуновой (1977), в степной зоне северного региона, суперфосфат, внесенный под пар из расчета P_2O_5 60 и 90 кг/га по д.в., существенно не влиял на поражаемость пшеницы болезнью в засушливые годы, снижал её индексы в 1,2-1,8 раза, повышал урожай на 1,8-2 ц/га в годы с нормальным увлажнением. В Акмолинской области установлено, что при внесении суперфосфата в почву под пар, а также вместе с семенами при посеве пораженность пшеницы корневой гнилью снижается по отвальной вспашке, при плоскорезном рыхлении положительный эффект не наблюдался (Городилова, Шевцов, 1972).

Исследования в Костанайской области показали, что на посевах пшеницы, посеянных на фоне снегозадержания, индексы корневой гнили были ниже в 1,4-1,8 раза. При дополнительном влагонакоплении происходило увеличение продуктивной кустистости растений, озерненности колоса и массы 1 000 зерен, в результате урожай повышался на 1,6-2,2 ц/га. При внесении в почву навоза из расчета 20 т/га в отдельности и сочетании с суперфосфатом (3 ц/га) развитие корневой гнили снижалось в 1,3-2,6, зараженность почвы грибом *B. sorokiniana* – в 1,5-1,7 раза, увеличивалось количество деградированных конидий до 50,8-54,7% (Тупеневич, Нестеров 1970; Чулкина, Неклюдов, 1975).

Аналогичные результаты были получены в Кокшетауской области. Суперфосфат оказывал положительное влияние только при до-

статочной влагообеспеченности почвы, при внесении его в норме P_2O_5 100 кг/га развитие болезни снижалось в 1,5-1,8 раза, урожай повышался на 2,9 ц/га (Кургина, 1983).

В 1981-1985 гг. на Торгайской опытной станции, расположенной в засушливо-степной зоне определяли роль минеральных и органических удобрений в оздоровлении яровой пшеницы от корневой гнили в 5-польном зернопаровом севообороте. При внесении фосфора 60 кг/га по д.в. под пар разница в индексах пораженности растений болезнью между опытным и контрольным вариантам была не существенной из 4-х лет исследований в трех, а из расчета 120 кг/га по д.в. – заметно снижалось её развитие. Последствие его сохранялось на второй культуре пшеницы, проявление болезни в отдельные годы было ниже более чем в 2 раза, на третьей – не выявлено. При внесении в почву суперфосфата снижалась заселенность её возбудителем, это свидетельствует, что удобрение влияет не только на развитие болезни, повышая устойчивость к ней растений, но и на патоген [табл. 35].

Определяли эффективность трех видов минеральных удобрений при применении в отдельности и сочетании, а также рядкового внесения фосфора вместе с семенами при посеве. Установлено, что азот существенно не влиял на пораженность пшеницы корневой гнилью, она была на уровне контрольного варианта, под влиянием калийного удобрения происходило некоторое снижение ее развития; более эффективным было рядковое внесение суперфосфата (P_2O_5 20 кг/га). При сбалансированном применении трех минеральных удобрений ($N_{60} K_{60} P_{60}$) на первой культуре пшеницы распространение болезни было ниже в 1,2, второй – 1,6 раза в сравнении с контролем [табл. 36].

Таблица 35. Индексы корневой гнили на пшенице в зернопаровом севообороте и зараженность почвы её возбудителем в зависимости от фосфорного удобрения (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.)

Варианты	Развитие корневой гнили перед уборкой урожая, %			Зараженность почвы конидиями гриба осенью, шт/г		
	культура пшеницы после пара			первая	вторая	третья
	первая	вторая	третья			
Без удобрений	14,8	15,6	12,6	44	64	63
P_2O_5 60 кг/га *	13,7	12,9	13,8	45	39	92
P_2O_5 120 кг/га *	13,1	10,8	12,8	39	61	58

* В этой и в последующих таблицах – по действующему веществу

Таблица 36. Влияние минеральных удобрений на распространение и развитие корневой гнили пшеницы (Торгайская СХОС, 1982-1985 гг.)

Варианты	Индексы в фазу восковой спелости зерна, %			
	первая культура		вторая культура	
	распространение	развитие	распространение	развитие
$P_2 O_5$ 20 кг/га в рядки	39,6	10,7	31,4	8,5
N_{60}	43,6	11,2	43,2	11,1
K_{60}	39,9	10,1	31,9	8,4
$N_{60} K_{60} P_{60}$	38,5	9,8	27,4	6,8
Контроль – без удобрений	40,6	13,1	43,1	11,6

В зависимости от способа обработки почвы определяли эффективность перегноя (20 т/га), внесенного под пар, в отдельности и в сочетании с суперфосфатом на развитие корневой гнили яровой пшеницы. Заметное снижение пораженности растений болезнью происходило только при отвальной вспашке почвы, последствие его сохранялось на вторую культуру, при плоскорезной её обработке происходило незначительное снижение развития болезни (Койшыбаев, Келдибеков, 1988).

Исследованиями ученых установлено, что любой стресс-фактор, в частности дефицит влаги, элементов минерального питания и другие снижают устойчивость растений к возбудителям болезней, особенно к патогенам недостаточно закрепленными паразитическими свойствами. В связи с этим, оптимизация приемов влагонакопления рассматривается как один из способов снижения распространения и вредоносности корневой гнили.

В засушливых и сухостепных зонах влажность почвы является одним из основных факторов, влияющих не только на урожайность, но на развитие корневой гнили и других заболеваний пшеницы (Коршунова и Тупеневич, 1977; Чулкина, 1977; Госсен, Койшыбаев, 1981). Дефицит и избыток влаги в почве приводят к угнетению растений и способствуют более интенсивному поражению их корневой гнилью.

В 1987-1990 гг. на опытах Северо-Казахстанской СХОС в 4-польном зернопаровом (пар – пшеница – пшеница – ячмень), в 2-польных зернопропашном (кукуруза-пшеница) и зернотравяном (горохо-овсяная смесь-пшеница) севооборотах на фоне применения минеральных

удобрений определяли влияние приемов накопления влаги на поражаемость пшеницы корневой гнилью. Исследования показали, что в зернопаровом севообороте на фонах с влагонакоплением возрастает пораженность растений болезнью. Это, на наш взгляд, связано с тем, что для жизнедеятельности возбудителя болезни требуется определенный лимит влаги, особенно в верхнем слое пахотного горизонта (до 10-15 см), где в основном располагаются восприимчивые к болезни органы растений. В зернотравяном и зернопропашном севооборотах на фоне снегозадержания и посева высокостебельных кулисных культур снижались индексы болезни в 1,5-3 раза в сравнении с фоном без дополнительного влагонакопления. Если, на фоне без снегозадержания потери урожая от корневой гнили составляли 16,2%, то при посеве пшеницы по кулисной культуре с дополнительным влагонакоплением – 3,2% [табл. 37].

Таблица 37. Влияние приемов влагонакопления и минеральных удобрений на пораженность пшеницы корневой гнилью в севооборотах

Предшественник, сорт пшеницы	Агрофон	Индексы болезни перед уборкой, %	
		распространение	развитие
Зернопаровой севооборот			
Пар, Иртышанка 10	Без удобрений и снегозадержания	36,9	10,3
	Кулисы без удобрений	46,4	12,9
	Кулисы + P ₂ O ₅ 80 кг/га	34,4	9,2
Пшеница, Саратовская 29	Без удобрений и снегозадержания	30,8	8,2
	Кулисы + снегозадержание	38,8	10,0
	Кулисы + снегозадержание+ удобрение	27,7	7,2
Зернотравяной			
Горохо-овсяная смесь, Алтайка	Без удобрений и снегозадержания	46,6	12,2
	Кулисы + снегозадержание	30,8	7,8
	Снегозадержание + N ₂₀ P ₂₀	46,4	13,9
Зернопропашной			
Кукуруза Саратовская 29	Без удобрений и снегозадержания	39,2	8,3
	Снегозадержание + P ₂₀ N ₂₀	10,6	2,8
	P ₂₀ N ₂₀	29,7	7,1

В 1989-1990 гг. определяли влияние гербицидов, применяемых против одно и двудольных сорняков на развитие корневой гнили пшеницы. При внесении в почву Авадекса БВ против овсяга и химической прополке ее посевов в фазу кущения аминной солью 2,4Д происходило снижение пораженности растений болезнью. В зернопаровом севообороте на фоне снегозадержание+удобрение развитие болезни на второй культуре составляло 6,5%, при применении гербицида – 4,7%. В зернотравяном севообороте, где в фазу кущения пшеницы проводилась химпрополка сорняков аминной солью 2,4Д, пораженность болезнью была ниже в 1,2-1,6 раза в сравнении с контролем. В то же время, в зернопропашном севообороте, где под кукурузу вносили Алирокс, против двудольных сорняков в период вегетации обрабатывали посевы 2,4Д, до посева на пшенице применяли Авадекс БВ, в период вегетации аминную соль 2,4Д индексы её были выше в 2 раза (Койшыбаев, Дубина, 1995).

В 1991-1993 гг. на стационаре Костанайского НИИСХ в 5-польном зернопаровом севообороте определяли влияние минеральных и органических удобрений, а также химической прополки посевов гербицидом (2,4Д) на развитие корневой гнили пшеницы. Установлено, что в засушливые годы суперфосфат, внесенный под пар и в рядки при посеве, органическое удобрение существенно не влияют на пораженность пшеницы болезнью, в годы с влажным летом снижают ее в 1,2-1,9 раза. При химической прополке в результате уничтожения таких многолетних корнеотпрысковых сорняков, как вьюнок полевой, осот желтый, бодяк полевой и однолетних – щирица жминдовидная, сорно-полевое просо и других происходило улучшение влагообеспеченности почвы. При этом более высокостебельные и облиственные сорта Безенчукская 139 и Целинная-Юбилейная засорялись меньше, чем Иртышанка 10. Химпрополка посевов существенно не влияла на распространение и развитие корневой гнили пшеницы [табл. 38].

Таким образом, применение органических и минеральных удобрений, а также химическая прополка сорняков играют определённую роль в регулировании многолетней динамики корневой гнили и зараженности почвы её возбудителем. Эффективность фосфорного удобрения зависит от условий года, достаточно увлажненные – происходит заметное оздоровление пшеницы от болезни, при внесении высоких доз под пар сохраняется последствие его на вторую культуру пшеницы. Более эффективным является рядковое внесение су-

Таблица 38. Влияние удобрений и химпрополки посевов на пораженность пшеницы корневой гнилью (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.)

Варианты	Индексы корневой гнили на сортах, %					
	Безенчукская 139		Иртышанка 10		Целинная Юбилейная	
	P	R	P	R	P	R
Контроль	33,3	9,1	29,2	8,2	26,0	7,1
P ₂ O ₅ – 80 кг/га под пар	22,5	5,9	20,7	6,1	20,3	5,8
P ₂ O ₅ – 20 кг/га в рядки при посеве	23,6	6,3	27,0	7,5	20,5	5,5
Навоз – 30 т/га под пар	26,6	7,0	22,5	6,1	19,5	6,1
Химическая прополка 2,4 ДА	27,5	7,4	26,6	7,1	27,7	7,6

перфосфата при посеве с семенами, а также сбалансированное применение минеральных удобрений.

2.2.4 Роль сроков, норм высева семян и технологии возделывания пшеницы

При оптимальных сроках посева и норме высева семян более эффективно используются атмосферные осадки, улучшается влагообеспеченность растений. В засушливых условиях Казахстана, оптимальная норма высева яровой пшеницы 2,0-2,5 млн. всхожих семян на 1 га, обеспечивает более высокий урожай и экономию семенного материала (Бараев, 1998).

В первые годы внедрения почвозащитной технологии в степной зоне северного региона было установлено, что при посеве яровой пшеницы в конце второй декады мая развитие корневой гнили снижается в 1,5-2,5 раза по сравнению с ранним (5 мая) и поздним (5 июня) сроками (Городилова, Шевцов, 1972).

Наши исследования в 1981-1985 гг. на Торгайской опытной станции в 5-польном зернопаровом севообороте показали, что сроки сева по-разному влияют на развитие корневой гнили пшеницы в зависимости от предшествующей культуры и погодных условий в период вегетации растений. Так, достаточно увлажненном в 1981 г. (в июне-июле – 74 мм осадков при норме 83 мм) на пшенице, посеянной по предшественнику пар в средние отрезки оптимального и позднего сроков, заболевание развивалось в 1,5-1,6 раза слабее, по сравнению с ранним сроком. В острозасушливом 1982 г., когда сумма осадков была в 2,4 раза ниже многолетней нормы (34 мм в июне-июле), пораженность растений болезнью снижалась только при

позднем сроке посева, а в 1984 г. – наоборот, развитие ее увеличилось с 10,5 до 19,3%. На второй культуре пшеницы при позднем сроке посева развитие болезни снижалось почти в 2 раза по сравнению с ранним, в достаточно увлажненном 1985 г., наоборот – увеличивалось в 1,8 раза. Примерно такие результаты получены на третьей культуре пшеницы: при увеличении нормы высева семян с 1,5 до 3,5 млн./га усиливалась пораженность растений корневой гнилью, как на первой, так и на второй культурах после пара [табл. 39].

Таблица 39. Пораженность пшеницы корневой гнилью в зависимости от сроков и норм высева семян (Торгайская СХОС, 1981-1985 гг.)

Пшеница	Сроки посева			Нормы высева, млн. шт/га		
	13 мая	20 мая	27 мая	1,5	2,5	3,5
Первая культура по пару	16,4	13,9	13,8	11,7	13,9	17,6
Вторая культура после пара	16,9	15,0	15,2	10,4	14,9	14,7
Третья культура после пара	15,6	15,1	14,5	13,9	16,3	14,4

В Костанайской области в острозасушливом в первой половине вегетации 1991 году при раннем (7 мая) и позднем (28 мая) сроках сева происходило более слабое развитие корневой гнили. В достаточно увлажненном 1992 г. индексы болезни были выше при оптимальном (21 мая) и позднем (28 мая) сроках посева, особенно при высоких нормах высева семян. Сроки посева существенно не влияли на пораженность пшеницы пыльной головней, которая зависела от сорта и погодных условий года [табл. 40].

В 1996-1999 гг. на многофакторном опыте Казахского НИИ зернового хозяйства определяли влияние сроков и норм посева пшеницы на пораженность её корневой гнилью и пыльной головней в зависимости от сорта и погодных условий. Установлено, что в достаточно

Таблица 40. Пораженность пшеницы корневой гнилью и пыльной головней в зависимости от сроков посева (Костанайский НИИСХ, 1992-1993 гг.)

Сроки посева	Корневая гниль, %		Пыльная головня, %		
	распространение	развитие	Костанайская 17		Иртышанка 10
			1992 г.	1993 г.	1993 г.
14 мая	25,1	6,9	2,7	0,3	0,2
21 мая	26,8	7,2	2,6	0,4	0,19
28 мая	27,6	7,6	2,5	0,6	0,18
4 июня	27,0	7,4	–	–	0,17

увлажненном 1996 г. при среднем и позднем сроках сева на сортах Акмола 3 и Саратовская 29 развитие первой болезни было ниже в 1,2-1,8 раза. В острозасушливом 1998 г. при раннем и оптимальном сроках сева на стерновом фоне Саратовская 29 поразились корневой гнилью в 1,7-2 раза сильнее, чем по предшественнику пар. В наиболее увлажненные – 1999 и 2000 гг. при позднем сроке посева пораженность пшеницы ею увеличивалось в 1,5-1,8 раза; пыльной головней – оба сорта поражались в 1,5-3 раз слабее в сравнении с ранним [табл. 41].

Таблица 41. Влияние сроков посева семян пшеницы и предшественника на развитие корневой гнили и пыльной головни (КазНИИЗХ, 1996-1999 гг.)

Сроки посева	Сорта	Предшественник	Корневая гниль, %	Пыльная головня, %
Ранний (15 мая)	Саратовская 29	пар	15,8	0,16
		пшеница	13,8	0,1
	Акмола 3	пар	17,9	0,7
		пшеница	17,2	0,6
Средний (22-25 мая)	Саратовская 29	пар	11,6	0,06
		пшеница	15,5	0,06
	Акмола 3	пар	10,6	0,98
		пшеница	14,1	0,74
Поздний (30 мая-4 июня)	Саратовская 29	пар	9,4	0,03
		пшеница	12,0	0,06
	Акмола 3	пар	11,3	0,26
		пшеница	11,2	0,4

Определяли влияние норм высева семян (1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 млн. шт/га) на индексы корневой гнили по стерновому фону на сортах пшеницы Акмола 2 и Акмола 3 при посеве в оптимальный срок (25 мая). Развитие болезни варьировало по годам и было высокое в острозасушливом 1998 г. и влажном 1999 г.; с увеличением густоты посева усиливалась пораженность растений болезнью, что связано с конкуренцией за влагу, ослаблением их устойчивости. Погодные условия вегетационного периода в 1997 г. были крайне экстремальными, в третьей декаде мая среднесуточная температура превышала многолетнюю на 5,4°C, в июне осадков выпало в 1,7 раза меньше нормы, в июле – 8,3 мм, вместо 55 мм. При низкой норме высева семян (1,5-2 млн. шт/га) развитие корневой гнили было выше в 2-3 раза, чем в посевах с нормой 2,5- 3 млн. шт, где влажность почвы

была ниже критического уровня, когда возможно заражение растений возбудителем болезни.

В 1998-2000 гг. определяли влияние различных глубин (4 и 8 см) заделки семян яровой пшеницы на её пораженность корневой гнилью и пыльной головней. Установлено, что при глубокой их заделке индексы указанных болезней возрастают более чем в 2 раза. Так, в 1998 г. пораженность всходов корневой гнилью при посеве не-протравленных семян на глубину 4 см составляла 12,5%, в фазу полной спелости зерна – 34,5%, на 8 см – 28,5 и 71,2% соответственно; такая тенденция сохранилась при посеве протравленных Витаваксом 200 FF и Раксилем семян.

В 1997-2000 гг. в многофакторных опытах Казахского НИИ зернового хозяйства проводили оценку обычной и интенсивной технологии возделывания пшеницы в севооборотах, а также при бессменном её посеве. В пятипольном зерновом и зернопропашном севооборотах не выявлено заметного влияния технологии на пораженность растений корневой гнилью и инфицированность почвы возбудителем; последняя больше зависела от предшественников. На бессменных её посевах зараженность почвы зачатками гриба *B. sorokiniana* была в 2-3 раза больше, чем в зернопаровом севообороте [табл. 42].

Таблица 42. Влияние технологии возделывания на развитие корневой гнили пшеницы и зараженность почвы её возбудителем

Севооборот	Предшественник	Технология	Развитие болезни в фазу, %		Зараженность почвы в фазу, шт/га	
			кущения	полной спелости зерна	кущения	полной спелости
Зернопаровой	Пар	интенсивная	9,1	16,9	39	63
		обычная	6,8	17,1	32	59
	Пшеница	интенсивная	6,8	25,4	82	100
		обычная	7,5	21,9	26	134
Зерновой	Овёс	интенсивная	6,7	15,9	50	53
		обычная	6,9	16,0	29	79
Зернопропашной	Кукуруза или нут	интенсивная	4,8	11,7	52	109
		обычная	6,4	17,6	34	92
Бессменная пшеница		интенсивная	9,0	22,3	53	135
		обычная	8,2	19,8	93	102

В 2008-2011 гг. на Карабалыкской СХОС в 4-польных зернопаровом и плодосменном севооборотах проводили фитосанитарную оценку нулевой и традиционной технологии возделывания яровой пшеницы. В 2008 г. при посеве без предварительной обработки почвы в первом севообороте снижалось распространение корневой гнили в 1,7-2 раза. но несколько возростала пораженность листьев грибными пятнистостями [табл. 43].

В 2009 г. в зерно-паровом севообороте индексы корневой гнили были ниже в 2-4 раза на 1-культуре пшеницы после пара. На второй и третьей её культурах к восковой спелости заметно возросла её пораженность по нулевой технологии. Аналогичные результаты были получены в 2010 г., распространение болезни было ниже в 1,5-2 раза на фоне $N_{30}P_{20}$ [табл. 44].

Таблица 43. Влияние технологии возделывания пшеницы на пораженность растений (%) корневой гнилью и пятнистостями (Карабалыкская СХОС, 2008)

Фон	Традиционная				Нулевая			
	1- культура		3 культура		1 культура		3 культура	
	пятни- стость	кор- невая гниль	пятни- стость	кор- невая гниль	пятни- стость	кор- невая гниль	пятни- стость	кор- невая гниль
Без удобрений	3,3	47,5	3,2	75,0	5,4	62,5	7,7	32,5
P_{20}	5,5	62,5	2,9	82,5	5,8	50,0	9,3	40,0
$P_{20}N_{30}$	5,9	65,0	2,9	62,5	4,3	65,0	6,4	35,0
Среднее	4,9	58,3	2,9	73,3	5,2	59,1	7,8	35,8

Таблица 44. Влияние технологии возделывания пшеницы на индексы корневой гнили в зернопаровом севообороте (Карабалыкская СХОС, 2009-2010 гг.)

Предше- ственник	Фон	Технология и индексы корневой гнили, % в фазу							
		нулевая				традиционная			
		распростра- нение		развитие		распростра- нение		развитие	
		кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з
Пшеница, 1 КПП	$N_{30}P_{20}$	3,0	28,6	0,7	10,8	6,5	19,9	1,6	6,8
	без удобрения	5,6	25,3	1,8	5,7	5,5	31,3	1,5	10,7
Пшеница, 2 КПП	$N_{30}P_{20}$	10,9	29,6	2,4	13,9	4,7	21,3	1,3	5,9
	без удобрения	9,8	37,3	2,6	11,6	9,0	25,6	2,2	9,1
Пшеница, 3 КПП	$N_{30}P_{20}$	10,6	34,0	2,7	14,3	6,3	26,3	1,6	7,6
	без удобрения	12,4	42,5	2,5	14,0	6,9	26,3	1,7	8,4

В плодосменном севообороте при посеве яровой пшеницы по рапсу происходило заметное снижение пораженности растений корневой гнилью. В 2010 г. в фазу полной спелости зерна распространение болезни на ее посевах не превышало 20,6%, что значительно ниже, чем в зернопаровом, особенно на третьей её культуре после пара; на фоне $N_{30}P_{20}$ по нулевой технологии была ниже в 1,5 раза [табл. 45].

Таблица 45. Влияние технологии возделывания пшеницы на индексы корневой гнили в плодосменном севообороте (Карабалыкская СХОС, 2009 -2010 гг.)

Предшественник	Фон	Технология и индексы корневой гнили в фазу*, %							
		нулевая				традиционная			
		распространение		развитие		распространение		развитие	
		кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з	кущ.	п. с. з
Горох	$N_{30}P_{20}$	6,8	24,3	1,9	7,0	7,7	24,3	1,9	9,1
	без удобрения	7,5	27,6	1,9	8,8	8,1	26,4	2,5	7,3
Рапс	$N_{30}P_{20}$	3,9	18,6	0,8	7,8	7,8	32,9	2,2	9,3
	без удобрения	4,0	33,3	1,0	12,2	12,2	32,9	1,5	9,1
Бессменная пшеница	$N_{30}P_{20}$	10,6	27,0	2,1	8,3	8,3	49,0	1,7	13,0
	без удобрения	7,8	21,9	2,7	9,5	9,5	54,6	3,7	14,6
В этой и других таблицах: * – кущ. – кущение, п. с. з. – полная спелость зерна									

В Западной Сибири, при нулевой обработке почвы, пораженность пшеницы корневой гнилью была ниже в 4 раза по сравнению с традиционной технологией (Власенко с соавт., 2010).

Таким образом установлено, что распространение и развитие корневой гнили пшеницы больше зависит от погодных условий и предшественников. При применении комплекса минеральных удобрений, а также суперфосфата в рядки при посеве заметно снижается пораженность посевов болезнью. В острозасушливые годы при высоких нормах посева, а также при глубокой заделке семян увеличивается пораженность растений болезнью. По нулевой технологии происходит заметное снижение пораженности пшеницы корневой гнилью на фоне применения минеральных удобрений.

2.2.5 Роль протравливания семян и биологических методов защиты растений

2.2.5.1 Роль протравливания семян

Возбудитель корневой гнили – гриб *Bipolaris sorokiniana* часто поражает формирующееся зерно. Фитоэкспертизы семян яровой пшеницы из различных зон Казахстана, проведенные в 1985-1987 гг. показали, что в зависимости от погодных условий в восточном регионе зараженность их гельминтоспориозной и альтернариозной инфекцией («черный зародыш») достигает 38,2-50,7%, в северном варьирует от 19,4 до 50,6%, южном – от 8,3 до 21,4%. Для оздоровления семян от инфекции важное значение имеет протравливание, которое обеспечивает также защиту всходов от почвенной инфекции возбудителя корневой гнили (Гаврилюк, Смоляк, 1992; Койшыбаев, 1996; Койшыбаев, Пономарева, 1999).

В Западной Сибири зараженность семян яровой пшеницы грибами *Alternaria* составляла 48%, *Fusarium* – 9, *Helminthosporium* – 10,5%. Наибольшую защиту её посевов от корневых гнилей обеспечивали препараты Фенорам, Винцит и Дивиденд, эффективность их в период кущения составляла 71,4-81,3%, у – Колфуго-супер и Фундазол – 47,9 и 52,6% соответственно, прибавка урожая колебалась от 2,1 до 6,8 ц/га.

В Костанайской области при протравливании семян мягкой и твердой пшеницы ВитаТиурамом пораженность растений корневой гнилью снизилась почти в 2 раза в сравнении с контролем, урожай увеличился на 24,8%. Положительный эффект от протравливания проявлялся заметно, когда погодные условия были благоприятными для роста и развития растений на первом этапе вегетации (Здрожевская, 1988).

При определении эффективности системных препаратов на озимой и яровой пшенице в различных регионах республики против головневых болезней обращалось внимание и на корневую гниль. Установлено, что более высокой эффективностью против неё выделяются препараты из азово-азоловой группы, в частности Дивиденд экстрим, Раксил, Раксил-ультра, Премис 200; Флутриафол – Винцит, Винцит-экстра, менее эффективны – Витавакс 200 FF, Колфуго-супер Супер, Дерозал (Койшыбаев, 1996; 2006; Койшыбаев, Пономарева, 1999).

В 2010-2011 гг. определяли эффективность новых химических препаратов для обработки семян 2-3 действующими веществами.

Исследования показали, что они хорошо подавляют развитие грибов, вызывающих плесневение семян яровой пшеницы. При обработке иншуром–перформом происходило повышение полевой их всхожести, Кинто-дуо её снижал. Высокой эффективностью против корневой гнили выделялся инсектофунгицид Селес-топ [табл. 46].

Таблица 46. Влияние обработки семян пшеницы новыми препаратами на их всхожесть, поражаемость корневой гнилью (Карабалыкская СХОС, 2010)

Вариант	Норма расхода, л/т	Показатели, %			Количество всходов, шт/м ²	Распространение корневой гнили в фазу, %	
		энергия	всхожесть	плесневение		кущения	восковой спелости зерна
Витавакс 200 FF – эталон	2,0	80,0	92,0	0,3	266	9,3	52,5
Иншур-перформ	0,4	92,6	95,0	0,3	284	11,6	39,4
Кинто-дуо	1,5	90,6	93,0	0,6	254	11,3	46,7
Селес-топ	1,5	77,6	94,0	0,0	270	0,0	27,9
Контроль	–	92,3	95,0	3,3	270	18,3	58,4

Наши многолетние исследования показали, что защитное действие системных препаратов для обработки семян против почвенной инфекции корневой гнили пшеницы сохраняется до кущения, к восковой спелости зерна существенные различия в пораженности растений в опытном и контрольном вариантах не наблюдаются. При отсутствии головневых болезней протравливание семян зерновых культур не всегда обеспечивает прибавку урожая (Койшыбаев, 1996; 2006).

2.2.5.2 Роль микроорганизмов-антагонистов

Улучшение фитосанитарного состояния посевов зерновых культур от корневых гнилей достигается путем повышения биологической активности почвы. Растительные остатки служат богатой питательной средой для массового размножения сапрофитной микрофлоры и эффективного подавления фитопатогенов. Грибы из рода *Trichoderma* играют большую роль в ограничении численности почвенных фитопатогенов, при внесении в инфицированную почву спор *Trichoderma lignorum* снижается количество инфекционных зачатков возбудителей корневых гнилей и пораженность ими растений. Установлено, что под влиянием этого гриба ингибируется деятельность патогенной микрофлоры, в частности *B. sorokiniana*, *F. oxysporium*, *F. solani* и *F. moniliforme* (Федоринчик, 1971).

В 1981-1984 гг. на Торгайской с.х. опытной станции определяли эффективность Триходермина 4 против корневой гнили яровой пшеницы. Семена обрабатывались биопрепаратом перед посевом из расчета 2,5 и 5 кг/т. Результаты показали, что он снижает пораженность растений болезнью в 1,5-2,2 раза; прибавка урожая составляла от 1,4 до 2,2 ц/га, что обусловлено положительным его влиянием на рост и развитие пшеницы (Койшыбаев, 1986). Согласно З.Ф. Карамчук (1992) в условиях Акмолинской области обработка семян пшеницы триходермином дает такой же эффект, как протравливание их Байтан-универсалом и Витаваксом; развитие корневой гнили снижалось в 2-3 раза, повышались продуктивная кустистость и озерненность колоса. Аналогичные результаты были получены российскими учеными: при обработке семян яровой пшеницы триходермином – пораженность растений корневой гнилью снижалась более чем в два раза, урожай повышался на 2,6 ц/га, при его сочетании с ТМТД – до 3-4,6 ц/га (Коломникова 1980; Возняковская, 1980).

В 1986-1990 гг. совместно с лабораторией биологии споровых растений Института Ботаники Академии наук проводили анализ образцов почв из Северо-Казахстанской СХОС и Павлодарской опытной станции по защите почв от эрозии для определения количественного и видового состава микроорганизмов после различных предшественников. Установлено, что в почвозащитном севообороте с высоким удельным весом многолетних трав по пласту житняка увеличивается численность бактерий, особенно актиномицетов: весной на полупаре или раннем паре – до 151-208 тыс. на 1 г почвы, активных антагонистов возбудителей корневых гнилей – грибов из рода *Trichoderma* – до 16,7-20,4%. Из образцов почвы, отобранных после повторных посевов пшеницы, чаще выделялись виды *Penicillium*, на бессменных посевах они становятся доминирующими. В результате антагонистической деятельности грибов и актиномицетов, постепенно из корневых остатков пшеницы вытесняется возбудитель корневой гнили (Койшыбаев, Абирова, 1994).

На черноземных почвах Северо-Казахстанской области при посеве пшеницы по горохо-овсяной смеси увеличивалось количество грибов из рода *Trichoderma* в 2-3 раза, а на повторных посевах – доля *Bipolaris sorokiniana* и других темно-цветных гифомицетов, видов *Fusarium*, актиномицетов в почве к осени. Частота выделения грибов рода *Fusarium* возрастала при повторном возделывании пшени-

цы, размещении её по кукурузе и раннему пару, была ниже по горохо-овсяной смеси. На повторных посевах пшеницы в 5-польном зернопаровом севообороте снижалось количество грибов из рода *Trichoderma* в 3-4 раза. В то же время, численность их была высокой в почвах из-под ячменя и горохо-овсяной смеси [табл. 47].

Возбудитель корневой гнили сохраняется на пораженных растительных органах в виде мицелий, новая генерация конидий образуется в основном в осенне-весенний период, когда верхний слой почвы бывает наиболее увлажненным. В это же время на стерне пшеницы обильно развиваются сапрофитные микроорганизмы, среди

Таблица 47. Численность микроорганизмов в почвах в зависимости от предшественников в севооборотах (1988-1990 гг.)

Севообороты, культуры, предшественники	Заселенность почвы грибом <i>B. sorokiniana</i> , шт/г	Содержание в почве микроорганизмов (тыс. шт/г)			В том числе грибы, %			
		бактерии	актиномицеты	грибы	гифомицеты	Fusarium	Trichoderma	Penicillium, Aspergillus
Северо-Казахстанская ГоСХОС								
Зернопаровой Пшеница по пару	$\frac{31}{27}$	$\frac{966}{608}$	$\frac{39}{137}$	$\frac{49}{65}$	2,8	10,2	11,3	59,8
Пшеница по пшенице	$\frac{32}{37}$	$\frac{620}{385}$	$\frac{78}{109}$	$\frac{87}{85}$	16,8	15,6	3,3	70,8
Ячмень по пшенице	$\frac{31}{30}$	$\frac{820}{140}$	$\frac{12}{73}$	$\frac{45}{28}$	6,7	19,7	25,6	63,2
Зернотравяной Пшеница по горохо- овсяной смеси	$\frac{13}{20}$	$\frac{380}{300}$	$\frac{80}{139}$	$\frac{42}{64}$	13,0	2,2	31,3	58,4
Зернопропашной Пшеница по кукурузе	$\frac{20}{19}$	$\frac{527}{340}$	$\frac{60}{74}$	$\frac{77}{62}$	7,9	18,9	6,5	81,2
Павлодарская СЗПЭ								
Зернопаротравяной Пшеница по раннему (черному) пару	$\frac{12}{17}$	$\frac{1100}{1477}$	$\frac{86}{90}$	$\frac{110}{51}$	2,7	16,8	16,7	51,7
Пшеница по пшенице	$\frac{18}{20}$	$\frac{1129}{576}$	$\frac{71}{208}$	$\frac{61}{51}$	6,3	11,6	5,0	66,5
Просо по раннему или полупару	$\frac{14}{13}$	$\frac{1739}{1510}$	$\frac{49}{151}$	$\frac{50}{63}$	2,6	10,4	20,4	60,5
Ячмень по просу	$\frac{24}{38}$	650	144	89	1,4	6,2	6,8	78,5
Примечание: в числителе – в фазу всходов, знаменателе – перед уборкой								

которых много и антагонистов. Последние вытесняют возбудителя болезни, обладающего меньшей конкурентоспособностью. Учеты, проведенные на Торгайской СХОС показали, что если из пораженных корневой гнилью органов пшеницы гриб *B. sorokiniana* осенью выделялся в 80-100%, то в августе следующего года из стерневых остатков – 10-20%. Последние обильно заселялись сапрофитными грибами из родов: *Chaetomium*, *Alternaria*, *Curvularia*, *Stemphillum*, *Penicillium*, *Mucor* и другие. По мере удаления пшеницы от парового поля в почве возрастает доля грибов рода *Penicillium*, на бессменных посевах они становятся доминирующими.

В сухо-степной зоне северного региона Казахстана на повторных посевах пшеницы из-за недостатка влаги снижается активность размножения бактерий и актиномицетов, но усиливается деятельность микроскопических грибов, продуцирующих токсические вещества. На темнокаштановых почвах при внесении в почву соломы 1,5 и 5 т/га совместно с азотно-фосфорными удобрениями повышается численность целлюлозоразрушающих грибов, особенно в слое 0-10 см, и урожайность пшеницы (Канивец, Карамшук, 1993).

В южной лесостепи Западной Сибири снижение популяции возбудителя корневой гнили в почве обусловлено действием антагонистов и активными процессами минерализации растительных остатков, особенно на бессменных посевах пшеницы и высоком её удельном весе (до 75%) в севооборотах. В 1 г воздушно-сухой почвы содержалось до 10 тыс. штук антагонистов из различных физиологических групп – бактерии, актиномицеты и грибы, которые интенсивно развиваются при высокой влажности и пониженной температуре (Коломникова с соавт., 1984). Установлена обратная зависимость между численностью почвенной микрофлоры и конидиями гриба *B. sorokiniana*. Антагонистический потенциал почвы и ризосферы к возбудителю корневой гнили был высоким, как в севообороте, так и при бессменном возделывании пшеницы (Кузнецова, Чулкина и др., 1984).

Биологический потенциал почвы можно активизировать внесением в почву соломы и зеленых удобрений, при этом значительно снижается пораженность пшеницы корневой гнилью. На неудобренном паре количество конидий гриба *B. sorokiniana* было равно 115 в 1 г почвы, при внесении перегноя – 73,3, распахке сидеральной культуры – 49,9; биологическая активность почвы – 13,8, 15,7 и 18, % соответственно (Плахотнюк, 1974).

При запашке в почву соломы из расчета 4 и 6 т/га в результате повышения активности микробиологического её потенциала и запаса влаги, пораженность пшеницы корневой гнилью снижается даже в засушливые годы (Алиновский, 1984).

Таким образом, установлено, что стабилизирующим фактором динамики корневой гнили в севооборотах с высокой насыщенностью яровой пшеницей являются антагонисты – виды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, и актиномицеты, обильно заселяющие стерню и послеуборочные растительные остатки.

2.2.5.3 Эффективность бактериальных препаратов и штаммов бактерии *Bacillus cytaceus*

В России созданы бактериальные препараты на основе *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas fluorescens*, которые рекомендованы против корневой гнили зерновых культур (Немченко, Рыбина и др., 2005). В Казахстане для применения на зерновых культурах и сахарной свекле зарегистрирован биопрепарат Экстрасол, содержащий культуральную жидкость *Bacillus subtilis*.

Для создания отечественных биопрепаратов против корневой гнили и других болезней зерновых культур совместно с институтом Микробиологии и вирусологии МОН в период 2009-2011 гг. в условиях *in vitro* и *in vivo* определяли ростостимулирующую и фунгицидную активность штаммов *Bacillus cytaceus* – целлюлозолитических бактерий (ЦЛБ). В качестве тест объектов служили пшеница и гриб *Bipolaris sorokiniana* – возбудитель корневой гнили. Биотестирование проводили использованием трех методов: 1- проращивание семян на стерильном песке в чашках Петри (стандартный), определяли энергию прорастания, всхожесть и плесневение; 2- метод: проращивание семян на бумажных рулонах, устанавливали пораженность всходов корневой гнилью, биомассу листьев и стеблей, корневой системы; 3- метод: посев семян в вазончики, наполненные стерильным песком, определяли рост-стимулирующую активность штаммов.

В лабораторных опытах заметное повышение всхожести семян яровой пшеницы происходило под действием культурального фильтрата (КФ) штаммов №№80 и 82. Первый штамм заметно подавлял развитие на семени плесневых грибов, а второй – снижал его более чем в 2 раза. Высокой рост-стимулирующей активностью выделялись 6 штаммов, в частности №№1, 5, 21, 80, 82, 95, кото-

рые увеличивали накопление листо-стебельной массы до 15-26%, штаммы №№80, 82 и 95 положительно влияли на рост корневой системы. Под влиянием штаммов №21, №82, №95, №160 пораженность всходов корневой гнилью снижалась в 1,9-2,1 раза. В отношении грибов, вызывающих плесневение семян, наибольшую активность показали штаммы №21 и №82; заметное стимулирование роста листостебельной массы и корневой системы происходило при обработке семян КФ штамма №21. У семян, обработанных КФ штаммов №95 и №604 сырая и сухая биомасса листьев и стеблей существенно превышали контрольный вариант [табл. 48].

Наиболее активные штаммы *Bacillus cytaseus* с рост-стимулирующей и фунгицидной активностью испытаны на яровой пшенице сорт Карабалыкская 90 в полевых условиях. Определяли полевую всхожесть семян, пораженность всходов корневой гнилью, биометрические индексы растений, урожай и его структуру. В 2009 г. опыт заложен с 5 штаммами бактерий, под воздействием штамма №160 развитие корневой гнили снизилось более чем в 3 раза или эффективность его была выше Биосила, рекомендованного для применения на этой культуре в Казахстане [рис. 24].

В 2009 году в полевом опыте установлено, что отдельные штаммы ЦЛБ положительно влияют на рост и развитие пшеницы и формирование генеративных органов, особенно №260. Длина колоса, число

Таблица 48. Влияние штаммов ЦЛБ на всхожесть и плесневение семян пшеницы, пораженность всходов корневой гнилью и их биомассу

Штамм	Опыт на бумажных рулонах					Опыт на влажном песке				
	всхожесть	корневая гниль, %	плесневение	масса, г		всхожесть, %	сырая масса, г		сухая масса, мг	
				надземная	корневая		листья, стебли	корни	листья, стебли	корни
№21	95,7	17,5	1,9	3,12	3,38	90,8	2,60	2,24	334	228
№82	97,5	18,1	3,1	2,89	3,03	94,0	2,67	2,16	353	288
№95	92,5	15,7	6,9	2,70	2,48	96,8	3,03	2,17	384	264
№160	96,7	15,7	4,4	3,01	2,69	92,8	2,57	2,13	343	252
№604	95,5	54,3	5,0	2,47	2,01	98,0	2,88	2,32	391	280
№6/н	95,5	26,8	1,2	2,76	2,74	98,5	2,77	2,37	368	272
Контроль	98,0	36,8	6,3	3,03	2,82	97,0	2,61	2,75	372	259

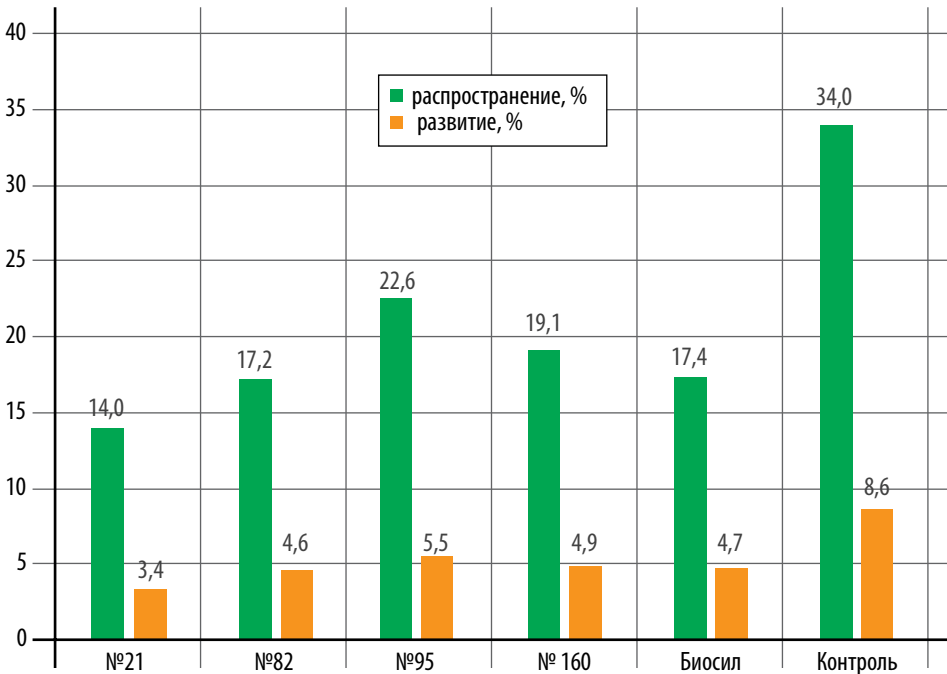


Рисунок 24. Влияние обработки семян КФ ЦЛБ на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью (Карабалыкская СХОС, 2009 г.)

колосков, масса зерна и биологический урожай на этом варианте существенно превышали (от 7,9 до 18,2%) эталон (Биосил) и контроль. На делянках, посеянных семенами, обработанными штаммом 82 урожайность её была выше на 3,4 ц/га по сравнению с контролем [табл. 49].

Таблица 49. Влияние обработки семян культуральным фильтратом ЦЛБ на урожай яровой пшеницы и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009)

Штаммы	Норма расхода, л/т	К-во стеблей, шт/м²	Длина, см		Число колосков, шт	Масса зерен, г		Урожай зерна, ц/га
			стебля	колоса		с 50 колосьев	1 000 шт	
№82	1,0	464	72,2	6,3	12,8	48,5	37,9	37,7
№260	1,0	407	75,0	6,7	13,4	50,5	40,0	35,1
№95	1,0	461	72,2	6,3	12,5	44,7	38,3	34,8
№21	1,0	489	74,8	6,4	12,5	45,0	40,1	33,2
№160	1,0	437	75,0	6,3	12,5	48,5	35,7	32,2
Биосил	0,03	472	74,8	6,0	12,5	42,2	36,7	34,7
Контроль	–	455	74,5	5,6	12,1	42,8	36,9	34,3
НСП ₀₅ = 1,6 ц/га								

Погодные условия 2010 года были неблагоприятны для вегетации пшеницы, при этом более высокую эффективность против корневой гнили показал штамм №82, снизивший пораженность растений болезнью более чем в 2 раза. Урожай делянок, посеянных семенами, обработанными культуральным фильтратом штаммов №160 и №260, превышал контроль и эталон на 1,5-1,6 ц/га.

Таким образом, на основе лабораторных и полевых исследований отобраны штаммы ЦЛБ, обладающие рост-стимулирующей и фунгицидной активностью. Совместно с институтом микробиологии и вирусологии получены 2 инновационных патента: «Способ биологической защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенных грибов» (№50833 от 27.05.2005) и «Биологический способ стимуляции роста и защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенных грибов» (№24974 от 14.03.2011).

2.3 Система защиты пшеницы от болезней с воздушно-капельной или аэрогенной инфекцией

В южном и юго-восточном регионах Казахстана и в республиках Центральной Азии – большую опасность для озимой пшеницы представляют желтая ржавчина, септориоз и желтая пятнистость листьев, мучнистая роса. В северном и восточном регионах республики, Западной Сибири, Южном Урале наиболее вредоносными и широко распространенными болезнями яровой пшеницы являются бурая ржавчина и септориоз /204-206/. Как указывает A.L. Schauen (1999) из-за более 2 000 патогенов растений из двух болезней пшеницы, в частности *Septoria tritici* *Stagonospora nodorum*, могут быть потери урожая на миллионы тонн зерна и миллиарды долларов США. В.А. Захаренко считает, что концепция интегрированного управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем основывается на идее использования всех известных методов защиты растений технологической и экономической эффективности, биологической и экологической безопасности. В случае недостаточной эффективности агротехнических приемов используются специфические методы и средства, в частности химические.

Одним из основных элементов интенсивного растениеводства является насыщение севооборотов зерновыми культурами, в частности пшеницей. В результате усиливается развитие гельминтоспориоза, септориоза и других болезней, инфекция которых сохраня-

ется на пожнивных остатках растений (Санин, 2013). В связи с этим в исследованиях большое внимание уделялось разработке интегрированной защиты основной продовольственной культуры от болезней с воздушно-капельной инфекцией, оценке эффективности агротехнологии её возделывания, химических приемов защиты посевов с учетом устойчивости сортов.

2.3.1 Эффективность агротехнологии возделывания

Роль озимых зерновых в резервации инфекции. В горной зоне Алматинской области всходы озимой пшеницы поражаются желтой ржавчиной с осени от спор, разносимых воздушным потоком при уборке её посевов предыдущего года. В связи с этим в этом регионе чаще наблюдаются эпифитотии болезни по сравнению с предгорно-степной зоной, где она преимущественно возделывается на поливе.

Многолетние исследования в северном регионе Казахстана показали, что возбудитель бурой ржавчины перезимовывает на всходах озимой пшеницы, где проявляется раньше, затем распространяется на ближайшие посевы яровой. Так, осенью 1992 г. в ТОО «Заречное» Костанайского НИИСХ в начале сентября ее всходы были поражены бурой ржавчиной на 90-100%. Установлено, что первоначальное распространение болезни зависит от удаленности посевов яровой пшеницы от озимой. Так, в первой пятидневке июля 1993 г. она была поражена болезнью на 40-50%, яровая, размещенная от неё на 50-100 м – до 10-25%, 500-1 000 м – 1-5%, на посевах, удаленных на 4-5 км, обнаружены единичные пустулы гриба. Однако эпифитотийное развитие болезни на ней происходит и в годы, когда озимая пшеница зимой вымерзает или поражается ржавчиной в слабой степени. В отдельные годы возбудитель стеблевой ржавчины перезимовывал на всходах озимой пшеницы и ржи. Однако, как показали многолетние исследования, в северном регионе республики озимые зерновые и многолетние злаковые травы не играют ведущую роль в распространении видов ржавчины. Эпифитотийное их развитие происходит в основном от инфекций патогенов, заносимых воздушными потоками [рис. 25].

В северном и восточном регионах республики возбудитель мучнистой росы перезимовывает на озимой пшенице и ржи, весной распространяется на яровую. В 1994-1995 гг. посевы озимой ржи Восточно-Казахстанского НИИ сельского хозяйства в фазу стеблевания (первая декада мая) были поражены ею в сильной степени, за-

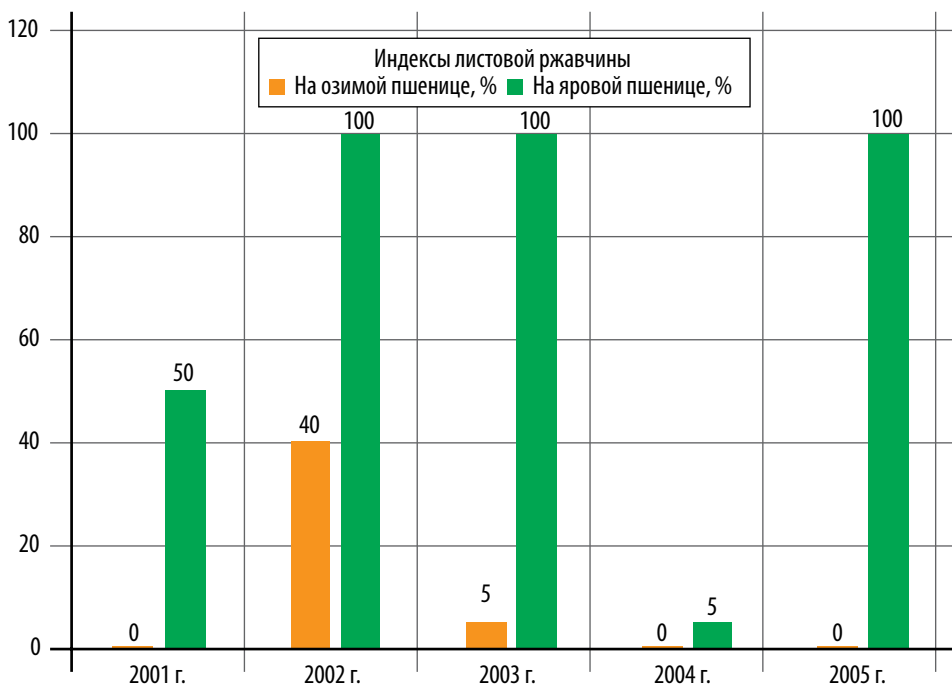


Рисунок 25. Особенности развития листовой ржавчины на озимой и яровой пшенице на опытном поле Костанайского НИИСХ

тем заболевание переходило на яровую. В связи изложенным, в снижении интенсивности развития видов ржавчины и мучнистой росы определенное значение имеет пространственная изоляция посевов озимых культур от яровой пшеницы (Койшыбаев, 1999; 2000).

В 2015-2016 гг. на Северо-Казахстанской СХОС посеяли озимую пшеницу для опытных целей на площади 5-10 га. Листовая ржавчина на ней проявлялась на 15-20 суток раньше, в сильной степени поражались ею посевы яровой пшеницы, расположенные в радиусе до 5-10 км.

Роль предшественников. В распространении видов ржавчины и мучнистой росы пшеницы особой роли не играют. Однако, как облигатные паразиты, эти виды наиболее интенсивно развиваются на пшенице, размещенной по пару, где за счет лучшего влагонакопления и повышенного содержания азота в почве удлиняется срок вегетации растений и они сильнее поражаются указанными болезнями.

В 1985-2000 гг. в северном регионе республики определяли влияние предшественников на распространение и развитие септориоза.

Желтой пятнистости пшеницы, инфекция которых в основном сохраняется на пожнивных остатках растений /287, 298/. В 1985 г. на Торгайской СХОС в 5-польном зернопаровом севообороте распространение септориоза в фазу молочной спелости зерна на третьей культуре пшеницы составляло 95%, развитие – 32,6, на второй и первой культурах после пара – 28,5 и 7,0; 21,0 и 5,3% соответственно.

Исследования в Северо-Казахстанской области в 1986-1990 гг. показали, что степень развития септориоза на яровой пшенице в основном зависит от предшественника. Установлено, что он проявляется раньше и развивается сильнее на повторных её посевах, т.е. по стерневому фону, где сохраняется инфекция патогена. В 1986 г. в лесостепной зоне распространение болезни на производственном поле пшеницы ОПХ «Бишкульское», размещенного по пару, в фазу колошения составляло 24,5%, степень пораженности листьев – 1,2%, по одноименному предшественнику – 98,1; 9,8%; аналогичные результаты были получены в 1987 году.

В 1988-1990 гг. в 4-польном зернопаровом, 2-польных зерно-пропашном и зерно-травяном севооборотах Северо-Казахстанской СХОС определяли влияние предшественников, различных приемов влагонакопления (посев кулисных культур, снегозадержания) и удобрений на динамику болезней с листо-стебельной инфекцией. В 1988 г. у Саратовской 29, посеянной по стерневому фону пораженность листьев септориозом в период молочной спелости составляла 22,9%, кукурузе – 2,4%, или почти в 10 раз ниже.

В то же время предшественники и приемы влагонакопления существенно не влияли на листовую ржавчину. Более сильное ее развитие происходило на этом сорте в зернопропашном севообороте после кукурузы, где условия для роста и развития растений были значительно лучше, чем в зернопаровом севообороте на второй культуре пшеницы после пара [табл. 50].

В 1991 г. в ОПХ «Заречное» Костанайского НИИ сельского хозяйства на третьей культуре пшеницы (Саратовская 29) в фазу колошения пораженность листьев септориозом достигала 25-50%, после пара и кукурузы не превышала 5-10%. Предшественники не оказали существенное влияние на развитие бурой ржавчины: в 1992 г. в фазу молочной спелости зерна пораженность ею листьев варьировала от 26,4 до 40,0%, в 1993 г. в пределах 25,4-32,2, к восковой спелости зерна достигала 50-75% [табл. 51].

Таблица 50. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на развитие болезней с воздушно-капельной инфекцией (Северо-Казахстанская СХОС)

Предшественники, сорта	Севообороты, варианты	Пораженность листьев в фазу молочно-восковой спелости, %	
		бурой ржавчиной	септориозом
Зернопаровой			
Пар, Иртышанка 10	Без удобрений	16,8	2,2
	$P_{80} + СВУ - 2,6$	15,9	4,8
	$P_{80} + \text{снегозадержание} + Гз+Гд^*$	13,2	6,5
	Среднее	15,3	4,5
Пшеница, Саратовская 29	Без удобрений	15,1	8,9
	Кулисы+ $P_{20}N_{20}$	17,9	6,8
	Кулисы+ $P_{20}N_{20}+Гз+Гд$	18,9	9,5
	Среднее	17,3	8,4
Зернопропашной			
Кукуруза, Саратовская 29	Без удобрений	27,9	5,2
	Снегозадержание + $P_{20}N_{20}$	26,6	4,8
	Снегозадержание + $P_{20}N_{20}+Гз+Гд$	22,1	3,4
	Среднее	25,5	4,5
Зернотравяной			
Горохо-овся- ная смесь, Алтайка	Без удобрений	1,4	2,8
	Снегозадержание + $P_{20}N_{20}$	1,4	2,4
	Снегозадержание + $P_{20}N_{20}+Гд$	3,0	2,4
	Среднее	2,9	2,5
* Гз+Гд – гербициды против злаковых и двудольных сорняков (2,4ДА и Гранстар)			

В 1996-2001 гг. на многолетних стационарах Казахского НИИ зернового хозяйства определяли влияние предшественников яровой пшеницы на распространение и развитие бурой ржавчины и септориоза в разных севооборотах. В 1997 и 1998 гг. в острозасушливых условиях болезни проявились в слабой степени, наиболее увлажненные 1999–2001 гг. – от умеренной до сильной. В 1999 г. распространение

Таблица 51. Влияние предшественников на развитие листовой ржавчины и септориоза на яровой пшенице (Костанайский НИИСХ, 1992-1993 гг.)

Предшественники	1992 г.				1993 г.
	пораженность ржавчиной в период			септориоз	ржавчина
	колошения		молочной спелости зерна		
	2-ой лист	флаг-лист			
Занятый пар	14,3	6,3	34,4	3,2	25,4
Кукуруза	9,3	4,6	40,0	8,4	32,7
Озимая пшеница	25,0	8,4	33,3	9,1	32,2
Яровая пшеница	11,2	6,9	26,4	10,6	

септориоза на бессменных посевах пшеницы составило 86%, степень его развития не превышала 3,1%, а при размещении её в севообороте, первый показатель варьировал от 33,3 до 72,2%, второй – от 1 до 2,3%. На фоне эпифитотийного развития листовой ржавчины в 2000 году предшественники существенно не влияли на её развитие.

Исследования в Восточно-Казахстанской области в 1998-2000 гг. подтвердили, что предшественники существенно не влияют на развитие листовой ржавчины яровой пшеницы. В 2000 г. при посеве её по доннику в период молочной спелости зерна пораженность листьев составляла 18,2%, суданке – 16,4, кукурузе – 28, гороху – 25,9%, повторно по одноименной культуре – 18,8%.

В 2005 г. при эпифитотийном развитии бурой ржавчины на Северо-Казахстанской СХОС пораженность листьев пшеницы в начале молочной спелости по черному пару составила 42,6%, донниковому – 45, овсу – 52, а на бессменных посевах – 42,2%; септориозом – 10,1; 3,9; 5,5 и 22,2% соответственно. В 2007 г. септориозные и гельминтоспориозные пятнистости на яровой пшенице заметно проявились по стерневому фону. Так, на 2-4 её культурах после пара в начале колошения пораженность листьев достигала 10-25%, по пару – не превышала 5-10%.

В 2009-2011 гг. при фитосанитарной оценке плодосменного севооборота на Карабалыкской СХОС установлено, что при размещении яровой пшеницы после зернобобовых (горох, нут, соя и др.) и масличных культур (рапс, лен) септориоз проявляется позже – в период колошения и развивается медленно. Они способствуют стабилизации фитосанитарной обстановки, особенно в отношении болезней, сохраняющихся на пожнивных остатках.

Исследования ученых Канады показали, что пораженность септориозом пшеницы, размещенной после пара, может быть высокой (9,5 балла) по сравнению с чечевицей (8,5 балла) или бессменными посевами (8,8 балла). Это связано с тем что, в течение года стерневые остатки полностью не освобождаются от патогена, так в 20 их граммах после пара содержались до 50-155 инфекционных единиц. Чтобы освободить почву от инфекции возбудителя нужен разрыв в течение 2 лет, возделыванием незлаковых культур (Fernandes et al., 1998).

Роль минеральных и органических удобрений. В качестве приема, ограничивающего развитие ржавчины на яровой пшенице, ряд авторов рекомендует применять минеральные удобрения, в частности фосфор. Внекорневая подкормка озимой пшеницы смесью суперфосфата (2 ц/га) с хлористым калием осенью и весной в период кущения растений сдерживали развитие болезни до 15-20%. При одностороннем применении азотного удобрения удлиняется срок вегетации пшеницы и снижается сопротивляемость её к патогену. Под влиянием суперфосфата ускоряется развитие, сокращается вегетационный период растений. При сбалансированном применении азота, фосфора и калия снижается пораженность пшеницы видами ржавчины (Турапин, 1991).

Наши исследования в 1992-1993 гг. на фоне эпифитотийного развития бурой ржавчины на яровой пшенице в Костанайской области показали, что под влиянием суперфосфата, внесенного под пар (P_2O_5 80 кг/га д.в.) и в рядки при посеве (P_2O_5 20 кг/га), пораженность сортов Иртышанки 10 и Целинной-Юбилейной снижается в 1,3-1,7 раза. При применении органического удобрения (навоз 30 т/га) в 1991 и 1993 гг. развитие болезни на Целинной-Юбилейной было ниже в 1,2-1,4 раза [табл. 52].

Сроки посева и нормы высева семян. Ж.Т. Джиембаев (1972) указывал, что в годы эпифитотийного развития ржавчины в Северном Казахстане яровая пшеница при ранних и среднеранних сроках сева поражается болезнью сильнее. В то же время, по данным других авторов они развиваются более интенсивно на поздних сроках посева, т.е. 25-30 мая. Установлено, что с увеличением нормы посева семян яровой пшеницы с 3,5 до 5 млн. шт/га возрастает пораженность её стеблевой ржавчиной (Турапин, Мостовой, 1995; Эльчибаев 1974).

Таблица 52. Влияние удобрений на поражаемость (%) пшеницы бурой ржавчиной (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ)

Варианты	Иртышанка 10		Целинная-Юбилейная			
	1992 г.	1993 г.	1991 г.	1992 г.	1993 г. в период	
					колошения	молочной спелости
Контроль	32,9	38,1	28,4	40,1	37,6	82,7
P_{80} под пар	21,7	30,0	29,6	23,1	24,7	52,5
P_{20} в рядки при посеве	20,0	22,6	20,3	24,4	28,9	64,0
Навоз 30 т/га	18,0	28,9	20,4	41,5	25,0	69,3

Наши исследования в 1991-1994 гг. в Костанайской области показали, что сроки посева пшеницы не однозначно влияют на развитие листовой ржавчины в зависимости от погодных условий. В остро-засушливом, в первой половине вегетационного периода, 1991 г. бурая и стеблевая ржавчины проявлялись только на поздних ее сроках. При посеве 28 мая пораженность листьев первой болезнью составляла 1,6%, 4 июня – 40,6%. В 1992 и 1993 гг., которые характеризовались влажным летом, ржавчина сначала проявилась на ранних посевах, через 7-10 суток на поздних, что в основном было обусловлено различием в стадиях развития растений. Например, в начале II декады июля пшеница раннего сева была на стадии колошения, позднего – находилась в начале стеблевания. Несколько позже развитие болезни выравнивалось, к концу вегетации поздние посевы с высокой плотностью стеблестоя (3-4, 5 млн. шт/га и более) поражались ею сильнее [табл. 53].

В засушливом 1991 году на посевах пшеницы с высокой нормой высева семян (4,5 млн./га) заболевание проявлялось слабее. В 1992-1993 гг. при посеве в оптимальный срок (21 мая) от 3 до 4,5 млн. семян на 1 га пораженность листьев ржавчиной возрастала в 1,4-1,6 раза.

Исследования в 1996-2001 гг. в засушливо-степной зоне Акмолинской области также подтвердили, что развитие болезней пшеницы с аэрогенной инфекцией больше зависит от погодных условий вегетационного периода, чем сроков посева семян. В 1996 году первая половина лета была засушливой, листовая ржавчина распространялась поздно: в конце июля–начале августа, ранние посевы находились в фазе молочно-восковой и восковой спелости зерна и ушли от поражения, она проявлялась только на поздних сроках сева. Так, Саратовская 29, посеянная по пару 25 мая, была поражена болезнью на 9,4%, 4 июня – 12, Акмола 2 – 11,3 и 9,5% соответственно.

Таблица 53. Пораженность пшеницы ржавчиной и септориозом в зависимости от сроков и норм посева семян (Костанайский НИИСХ, 1991-1993 гг.)

Сроки посева	Бурая ржавчина (%) при нормах посева, млн. шт/га				Септориоз (%) 3,0 млн. шт/га
	в 1991 г.		1992–1993 гг.		
	3,0	4,5	3,0	4,5	
14 мая	0,0	–	15,6	–	16,6
21 мая	4,3	3,6	10,9	15,8	8,2
28 мая	3,8	6,1	13,2	21,6	10,8
4 июня	40,6	33,3	12,8	17,5	6,7

На стерневом фоне ржавчина проявлялась в 1,5-3 раза слабее, существенных различий в степени пораженности по срокам посева не выявлено. В 2000 г. при эпифитотийном развитии болезни сначала она была обнаружена на ранних посевах, в фазу молочно-восковой спелости зерна пораженность сортов Акмола 3 и Саратовская 29 достигала 75-100%, по срокам посева различие не выявлено. В 2001 г. на ранних сроках посева пшеницы листовая ржавчина обнаружена в период цветения, и развивалась более интенсивно, чем на поздних (30 мая и 5 июня). При посеве 15 мая в фазу молочной спелости зерна пораженность флаг-листа составляла 11,0%, второго – 10,5, септориозом – 17,2 и 3,7%; 5 июня – 10,6 и 2,1%, 1,8 и 0,4% соответственно.

В 2016 г определяли влияние сроков посева сортов Астана, Астана 2, Омская 35, посеянных по паровому предшественнику на развитие стеблевой ржавчины, урожай и массу 1 000 зерен и его натуру на Северо-Казахстанской опытной станции. Она проявилась в начале 1-ой-декады августа на более раннеспелом сорте Астана в слабой степени. В то же время среднеспелые Астана 2 и Омская 35 поразились ею сильно, особенно на поздних сроках посева; заметно снижалась не только урожайность, но и качественные показатели, т.е. масса и натура зерна [табл. 54].

Таким образом, в засушливые в первой половине вегетационного периода, более увлажненные – во второй годы листовая ржавчина проявляется в период налива зерна пшеницы и сильнее развивается на поздних сроках посева с меньшей плотностью стеблестоя.

Таблица 54. Влияние сроков посева сортов яровой пшеницы на пораженность их стеблевой ржавчиной и урожайность

Сорт	Срок посева	Индекс стеблевой ржавчины	Урожай, ц/га	Масса 1 000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Астана	20 мая	3,1	18,3	26,8	663
	25 мая	4,5	17,9	23,2	644
	30 мая	7,0	13,2	18,4	611
Астана 2	20 мая	12,2	19,8	27,0	643
	25 мая	34,5	16,9	23,4	608
	30 мая	50,0	13,4	19,7	592
Омская 35	20 мая	5,2	17,9	28,2	602
	25 мая	8,6	18,3	28,0	674
	30 мая	27,8	19,8	26,9	577

Во влажные в первой половине вегетационного периода годы сначала поражаются ранние посевы с более высоким травостоем, а затем – средние и поздние, на последних она развивается более интенсивно и более вредоносна. Септориоз проявляется обычно в период стеблевания- колошения пшеницы, наиболее сильно развивается на раннем и среднем сроках посева с более низким травостоем.

Роль технологии возделывания. В последние годы во многих регионах с засушливым климатом, интенсивно внедряются сберегающие технологии земледелия – нулевая и минимальная обработка почвы. При этом создаются очень благоприятные условия для перезимовки возбудителей септориоза и пиренефороза (желтая пятнистость), а также трипсов и других вредителей, сохраняющихся или зимующих на стерне. Если в 1980-90 гг. септориоз имел локальное распространение, то в последние годы в Западной Сибири, Центральной Черноземной зоне России доля его в патогенном комплексе достигает 45-55%. В 2007 г. на всей территории Западной Сибири происходило эпифитотийное развитие септориоза, потери достигали 20-25%. На Южном Урале при посеве пшеницы по вспашке пораженность листьев составляла 14-38%, плоскорезной обработке – 45-82%, т.е. почти в 2-3 раза больше, возрастала численность пшеничного трипса и других вредителей, зимующих на стерне (Немченко с соавт., 2005; Назарова с соавт., 2010).

В Мексике в связи с увеличением площадей пшеницы с сохранением стерни, т.е. возделываемых по нулевой или минимальной технологии обработки почвы в последние годы, усиливается пораженность посевов желтой пятнистостью и септориозом (Osorio, et al, 1998).

В связи с изложенным, в период 2007-2012 гг. в северном регионе республики, где широко внедряются минимальная и нулевая обработка почвы при возделывании пшеницы, проводили их фитосанитарную оценку. В 2007-2008 гг. на Карабалыкской СХОС в 4-х полном зерно-паровом севообороте определяли её влияние на развитие болезней с воздушно-капельной инфекцией. В 2007 г. происходила эпифитотия листовой и заметное развитие стеблевой ржавчины, что позволило объективно оценить основные её элементы. Как и следовало ожидать, предшественники и обработка почвы (нулевая и минимальная), внесение в почву минеральных удобрений существенно

не влияли на их развитие. По нулевой обработке почвы происходило увеличение пораженности пшеницы септориозом, на 2-ой культуре ее индекс был выше в 2 раза, что обусловлено сохранением инфекции на пожнивных растительных остатках. На 1-ой культуре пшеницы после пара на фоне P_{30} степень развития стеблевой ржавчины при минимальной обработке почвы была ниже в 2 раза [табл. 55].

В 2008 г. из-за засушливых условий погоды листовая ржавчина проявилась в слабой степени, при нулевой обработке несколько возрастала пораженность листьев грибными пятнистостями. Примерно аналогичные результаты были получены в плодосменном севообороте на 2-ой культуре после гороха и 4-ой культуре после рапса, а также на бессменных посевах пшеницы. Технология возделывания и внесение в почву минеральных удобрений существенно не влияли на уровень её пораженности септориозом.

В 2009-2011 гг. на Карабалыкской СХОС проводили фитосанитарную оценку нулевой и традиционной технологии возделывания яровой пшеницы в 4-польных плодосменном и зернопаровом севооборотах. Основное внимание уделяли пятнистостям, которые проявлялись в фазу колошения и интенсивно развивались в период молочной спелости зерна. В 2009 г. на первой её культуре пшеницы после пара в зернопаровом севообороте пораженность листьев септориозом не превышала 1-5%, как по нулевой, так и традиционной обработке почвы, а на второй и третьей её культурах достигал 25 до 50%. В плодосменном севообороте на яровой пшенице, размещенной по гороху и рапсу, пятнистости проявлялись позже и развивались в сла-

Таблица 55. Влияние технологии возделывания пшеницы на пораженность её болезнями в зернопаровом севообороте (Карабалыкская СХОС, 2007 г.)

Вариант	1-культура						2-культура		
	минимальная			нулевая					
	ржавчина		септориоз	ржавчина		септориоз	ржавчина		септориоз
	бурая	стеблевая		бурая	стеблевая		бурая	стеблевая	
Без удобрений	62,7	14,5	11,5	58,5	19,5	14,3	62,7	15,3	23,3
$P_{20}N_{30}$	60,3	12,1	10,2	59,5	12,3	15,4	50,0	10,5	19,5
P_{20}	57,6	7,3	10,0	35,7	31,8	11,9	57,7	10,7	18,4
Среднее	60,2	11,3	10,5	52,2	21,2	13,8	56,8	12,1	20,4

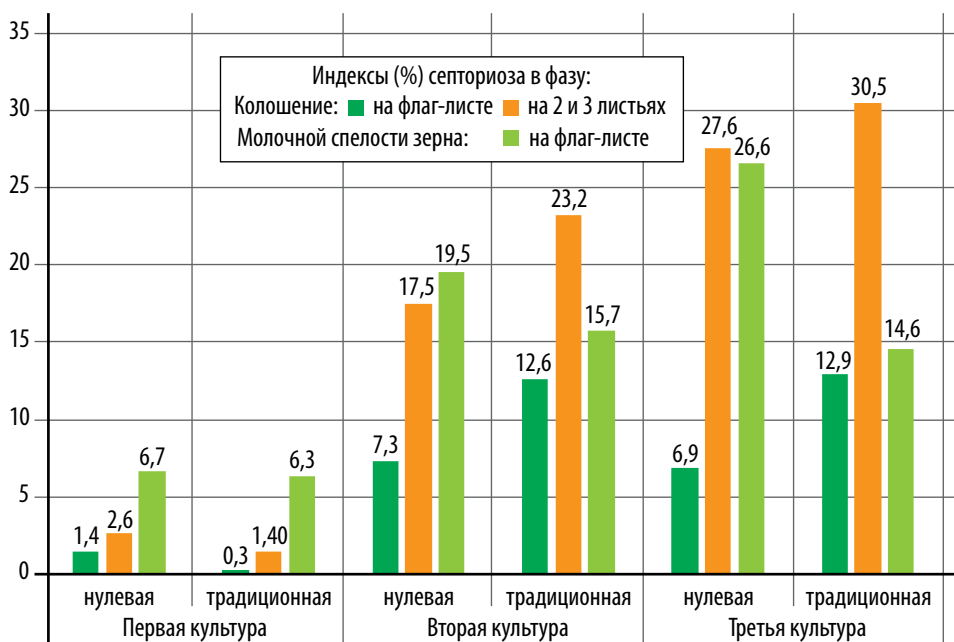


Рисунок 26. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы в зернопаровом севообороте на динамику пораженности листьев септориозом (Карабалыкская СХОС, 2009)

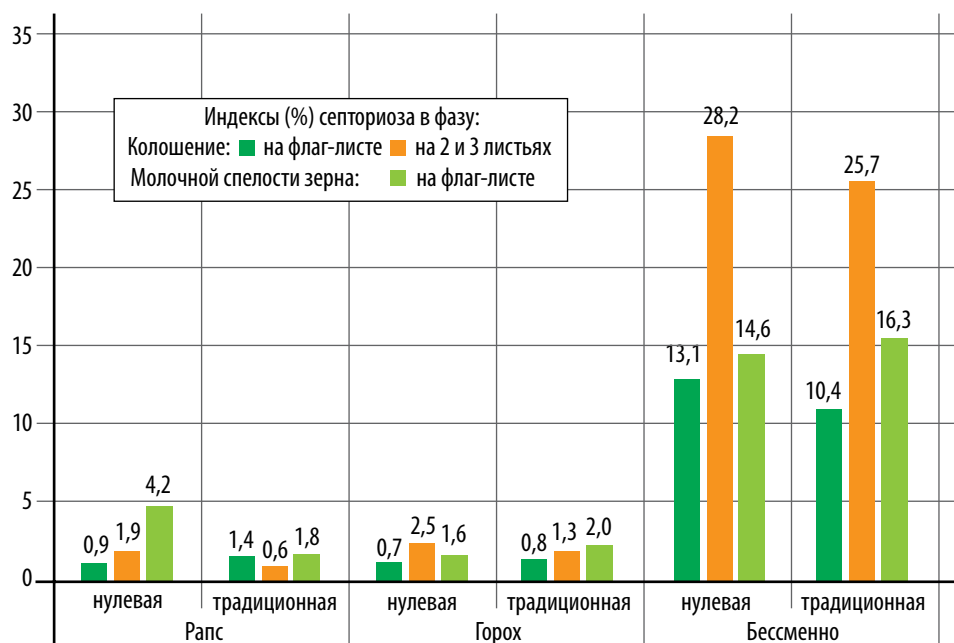


Рисунок 27. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы в плодосменном севообороте на динамику пораженности листьев септориозом

бой степени, в фазу колошения пораженность листьев не превышала 1-5%, а на бессменных посевах до 25–50% [Рис. 26 и 27].

В 2011 году в связи с особо благоприятными условиями погоды, септориоз и желтая пятнистость на посевах проявились рано – в фазу стеблевания пшеницы, и были распространены до 80-100%, пораженность листьев варьировала от 4,1 до 15,1%, к молочной спелости зерна достигала 50-75%. Наибольшее их развитие происходило в зернопаровом севообороте на третьей культуре и бессменных посевах пшеницы [рис. 27]. Несмотря на благоприятные условия погоды на пшенице ржавчинные болезни не проявились, что связано отсутствием заноса инфекции с воздушными потоками.

2.3.2 Эффективность химической защиты посевов пшеницы

В тридцатые годы прошлого века Н.И. Вавилов (1967) указывал, что наиболее экологически безопасным и экономически выгодным методом защиты растений является возделывание устойчивых к болезням сортов. Однако почти все допущенные к использованию и перспективные сорта яровой мягкой пшеницы Казахстана не обладают устойчивостью к видам ржавчины и септориозу. Так, в 1993-1994 гг. при эпифитотийном развитии листовой ржавчины проходящих на Карабалыкской опытной станции экологическое и на Костанайском сортоучастке государственное испытание из более 50 сортов, все проявили высокую восприимчивость к септориозу и бурой ржавчине, только 3 проявили сравнительную устойчивость к последней болезни. Аналогичные результаты были получены в 2000-2001 гг. при эпифитотии бурой ржавчины в Акмолинской области из 70 районированных и перспективных сортов Казахстана и Западной Сибири только 2 сорта были устойчивы к ней (Койшыбаев, 2002).

В степной и лесостепной зонах Западной Сибири бурая ржавчина проявляется обычно в июле, в период флаг-листа – цветения яровой пшеницы в годы, когда осадков выпадает в 2-3 раза больше многолетней нормы. Одновременно с ней развивается септориоз, особенно заметно в прохладные годы, занимая основную экологическую нишу (Торопова, с соавт., 2009).

При эпифитотиях видов ржавчины и септориоза происходят огромные потери урожая пшеницы. В интегрированной защите растений при ожидаемом ущербе выше экономического порога, когда невозможно контролировать развитие вредных организмов

природными факторами и агротехническими приемами должны использоваться корректирующие мероприятия, в частности, биологические и химические средства защиты растений (Фадеев, Новожилов, 1985; Гулий, Миняйло, 1989).

Немецкий ученый Д. Шпаар (2005) считает, что необходимо разработать критерии химической защиты, которые позволяют контролировать вредные организмы. Под индексами обработки подразумевается частота или количество обработок на данном поле.

Химическая защита посевов пшеницы от болезней с аэрогенной инфекцией разрабатывалась в северном регионе Казахстана после эпифитотийного развития стеблевой и листовой ржавчины в 1965 и 1967 гг. В конце 60-х годов на Карабалыкской опытной станции определена эффективность Цинеба и его аналога пероцина. Опыты показали, что при 3-кратной обработке ими посевов при нормах расхода 4-5 кг/га, интервалом 8-10 сут. пораженность пшеницы стеблевой ржавчиной снижается в 2 раза, прибавка урожая составляла от 1,7 до 4,6 ц/га. Из 3-х опытов в двух затраты на обработку посевов фунгицидом (16, 5 руб/га) превышали стоимость сохраненного урожая (Джиембаев, 1971).

В 1968-1970 гг. в Северо-Казахстанской области определена эффективность пероцина против стеблевой листовой ржавчины яровой пшеницы. При умеренном развитии болезни (20-25%) при 2 и 3-кратном опрыскивании посевов биологическая его эффективность колебалась от 62,9 до 90,3%, коллоидной серы – 40,8%, сохраненный урожай от 2 до 6, 5 ц/га (Эльчибаев 1974; Турапин, 1991).

Контактные фунгициды были недостаточно эффективны против видов ржавчины, продолжительность защитного их действия не более 10 суток, поэтому рекомендовалось 2-3 обработки посевов, что невозможно в производственных условиях. В связи с этим синтез фунгицидов системного действия из групп азолов был крупным достижением в области защиты растений. В середине 80-х годов они в различных регионах Казахстана были апробированы против болезней пшеницы видов ржавчины, септориозных и гельминтоспориозных пятнистостей листьев. В северном, восточном и юго-восточном регионах республики определяли эффективность фунгицидов из различных химических классов, оптимальную норму их расхода, сроки и кратность их применения с учетом уровня развития болезней, ожидаемого урожая и возможных потерь зерна в зависимости от погодных условий.

В 1984-1990 гг. в северном регионе республики на яровой пшенице против видов ржавчины и септориоза были испытаны системные фунгициды: Байлетон, 25% с.п., Байфидан, 25% к.э. («Байер», Германия), Тилт, 25% к.э. («Сиб», Швейцария), Импакт, 12,5% к.э. («Зенека», Англия). В 1986 г. в связи с благоприятными условиями погоды в северном регионе республики происходило сильное поражение пшеницы септориозом. Высокую эффективность (более 90%) против этой болезни показали Импакт и Тилт при норме 1 л/га, Байфидан (0,5 л/га), удовлетворительную – Байлетон (1 л/га); контактные фунгициды Цинеб и Поликарбацин слабую эффективность. В 1987-1989 гг. продолжены испытания системных фунгицидов против комплекса болезней яровой пшеницы, уточняли сроки и кратность обработки ими посевов в зависимости от сроков проявления и погодных условий. 1987 год был засушливым, особенно в июле и августе; несмотря на искусственное заражение растений, септориоз развивался в слабой степени (не более 10-20%), за счет 2-3-кратной инокуляции посевов создавался хороший инфекционный фон по стеблевой ржавчине и умеренный – по листовой. Опыт показал, что 2-кратное опрыскивание посевов Тилтом и Байлетоном не имеет особых преимуществ перед однократным; хозяйственная их эффективность в зависимости от уровня развития болезней колебалась в пределах 23,4-51,7% (Турапин с соавт., 1988). Выявлена высокая эффективность Тилта и Байфидана против стеблевой и листовой ржавчины, септориоза при норме расхода 0,5 л/га, Байлетона и Импакта – при 1 л/га [табл. 56].

Токсикологический анализ образцов пшеницы показал, что разложение Тилта и Байлетона происходит в течение 20-30 суток после обработки посевов; остатки их в соломе не обнаружены, в зерне не превышали 0,02-0,08 мг/кг, т.е. ниже предельно допустимого уровня. На скорость деградации фунгицидов в растениях заметно влияли погодные условия; в более увлажненном году, когда преобладали пасмурные дни с высокой влажностью воздуха (70% и более), они разлагались медленнее, в засушливые – с высокой температурой, процесс ускорялся. Так, во влажном и прохладном 1986 г. после обработки посевов Тилтом через 10 суток в листостебельной массе пшеницы содержалось 1,12 мг/кг фунгицида, или 59,5% от исходного, а через 20 – 0,16 мг/кг или 8,5%, на колосьях – 0,91 мг/кг (56%) и 0,15 мг/кг (92%), соответственно. Уборка урожая проводилась через 40 суток после опрыскивания посевов, в зерне обнаружен 0,05 мг/кг

Таблица 56. Эффективность системных фунгицидов против ржавчины и септориоза яровой пшеницы (Северо-Казахстанская обл., 1986-1988 гг.)

Фунгициды	Норма расхода, кг (л)/га	Кратность обработок	Биологическая эффективность (%) против			Масса 1 000 зерен,	
			ржавчины		септориоза	в граммах	по сравнению с контролем, %
			стеблевой	бурой			
Контроль	–	–	51,0*	44,3*	32,9*	25,5	0,0
Байлетон	0,5	1	46,0	70,8	23,4	31,5	23,5
Байлетон	0,5	2	58,5	70,9	66,0	32,5	27,4
Байфидан	0,5	1	72,0	77,3	61,5	32,6	27,8
Импакт	1,0	1	64,0	81,2	90,6	30,7	20,3
Тилт	0,5	1	75,0	85,7	72,4	33,3	30,6
Тилт	0,5	2	84,4	89,9	91,7	36,1	41,5
Тилт+Цинеб	0,25+2,0	1	52,6	71,0	49,2	29,1	25,9
Поликарбацин (эталон)	5,0	2	35,8	45,7	30,4	24,4	14,1
Цинеб (эталон)	4,0	2	43,3	49,9	35,0	30,0	15,0
* Пораженность видами ржавчины и септориозом в период молочно-восковой спелости зерна							

фунгицида, в соломе не выявлено. Тилт при норме расхода 0,5 л/га разлагался несколько быстрее: через 20 суток в листостебельной массе были обнаружены только следовые его количества, в колосе – 0,15 мг/кг, в зерне менее 0,03 мг/г, Байлетона не превышало 0,05-0,08 мг. Через 30 сут токиостатки первого фунгицида не обнаружены; второго – в соломе следы, зерне – 0,02-0,08 мг/кг. В засушливом 1987 году фунгициды разлагались более интенсивно: в течение 10 суток от 50 до 90% действующего вещества, через 20-30 сут. – почти полностью.

Биохимический анализ показал, что под влиянием фунгицидов не снизилось качество продукции. При обработке растений Тилтом и Байлетоном количество белка в зерне увеличивалось с 15,1 до 15,9%, Байфиданом – снижалось до 14,7%. Они отрицательно не влияли на посевные качества семян, в частности на энергию прорастания и всхожесть, лабораторные опыты показали на отсутствие различий между обработанными и контрольными вариантами (Турапин, с соавт., 1988).

В 1991-1994 гг. ОПХ «Заречное» Костанайского НИИ сельского хозяйства, расположенного в сухо-степной зоне, были продолжены опыты по оценке эффективности фунгицидов против ржавчины и септориоза пшеницы. Ассортимент их пополнен новыми препаратами: Альто, 40% с.к. и Тилт-премиум, 37,5% с.п. («Сандоз», Швейцария), Спартак, 45% к.э. («АгрЭво»), Фоликур, 25% к.э., Фоликур ВТ, 22,5% к.э. («Байер»), Рекс, 49,7% к.с. («БАСФ», Германия), Импакт, 25% к.с. («Зенека», Англия) и другими. Из 4 лет исследований в 3-х отмечалось эпифитотийное развитие листовой ржавчины и септориоза, что позволило получить объективные данные о биологической и хозяйственной эффективности новых фунгицидов на естественном фоне. В 1992 г. посевы пшеницы обрабатывались ими после цветения при пораженности листьев среднего яруса ржавчиной не более 1-5%. Биологическая эффективность фунгицидов была достаточно высокой – от 68,2 до 83,5%. В 1993 г. листовая ржавчина проявилась на пшенице сравнительно рано – в период стеблевания (стадии 32-39) и развивалась интенсивно. Обработку посевов фунгицидами проводили в период колошения растений при пораженности листьев среднего яруса до 5-10%, септориозом до 10-25%; высокой биологической эффективностью выделялись Фоликур, Фоликур ВТ и Альто. В 1994 г. первые признаки септориоза на листьях пшеницы были обнаружены в фазу флаг-листа, к молочной спелости пораженность их составляла 50-75%. Бурая ржавчина обнаружена в начале налива зерна, т.е. через 10-12 суток после обработки посевов фунгицидами, степень развития болезни к молочно-восковой спелости достигала 40-50%. Высокую биологическую эффективность (90-100%) против названных болезней показали Рекс, Фоликур, Фоликур ВТ, Альто и Спартак (90,3-92,5%). Против пятнистости листьев Тилт в норме 0,5 л/га и Тилт-премиум (0,33 кг/га) показали удовлетворительную эффективность (40-60%). Первый фунгицид более эффективен был при норме 1,0 л/га или 2-кратной обработке им посевов по 0,5 л/га. Сохраненный урожай от обработки посевов фунгицидом в 1992 г. на более скороспелом сорте Иртышанка 10 составил 4,4-6,1 ц/га зерна, позднеспелом Целинной-Юбилейной – до 7,9 ц/га; в 1993 г., при эпифитотии бурой ржавчины, умеренного проявления септориоза и стеблевой ржавчины прибавка урожая достигала 8,6-13,4 ц/га в результате увеличения озерненности колоса и массы 1 000 зерен у обработанных фунгицидом растений [табл. 57].

Таблица 57. Эффективность фунгицидов против листовой ржавчины и септориоза пшеницы (ОПХ «Заречное», 1992–1994 гг.)

Фунгициды	Нормы расхода, (кг) л /га	Биологическая эффективность (%) против		Урожай, ц/га			Сохранено зер- на, ц/га	Масса 1 000 зерен, г		
		бурой ржав- чины	септо- риоза	1992	1993	1994		1992	1993	1994
Иртышанка 10										
Байлетон	0,75	72,6	55,4	39,8	30,8	–	9,6	42,8	37,0	–
Импакт	1,0	83,2	65,7	41,1	26,3	27,2	6,3	42,2	36,6	41,7
Тилт (эталон)	0,5	68,6	46,8	41,4	26,9	29,6	6,7	42,8	33,6	39,5
Фоликур ВТ	1,25	94,9	82,0	42,3	30,8	–	10,9	46,7	37,2	–
Рекс	0,4	88,4	72,4	–	28,4	30,4	11,4	–	36,6	40,7
Контроль	–	–	–	35,3	17,7	24,5	–	39,6	29,7	37,6
Целинная–Юбилейная										
Альто	0,12	88,0	58,2	–	25,5	27,3	5,4	–	36,9	39,0
Альто	0,20	86,8	46,6	40,9	26,2	27,6	6,6	43,9	35,7	41,4
Спартак	1,0	80,1	88,2	37,0	26,1	28,3	5,5	42,9	34,1	40,9
Фоликур	1,0	85,1	93,4	39,9	25,0	29,1	6,3	42,2	37,7	40,9
Контроль	–	–	–	33,0	16,4	25,7	–	42,8	27,0	37,8

В 1993–1995 гг. в Восточно-Казахстанской области определяли эффективность системных фунгицидов против болезней яровой пшеницы с воздушно-капельной инфекцией. Опыты проводили на сортах Ульбинка и Кутулукская: первый восприимчив к бурой ржавчине, второй сравнительно устойчив к ней, поражается сильно септориозом. В 1994 г. при однократной обработке посевов фунгицидами сохранено от 1,8 до 6,7 ц/га зерна, в 1995 г. – 2,8–4,5 ц/га при урожайности на контроле 26,2 и 10,8 ц/га соответственно, масса 1 000 зерен повышалась от 6,4–7,3 до 14,9–16,7%.

В период 1997–2002 гг. в засушливо-степной зоне Акмолинской области определяли эффективность фунгицидов Альто, Альто-супер (0,4 л/га), Тилт (0,5 л/га), Рекс С (0,625 л/га) и Фалькон (0,5 л/га) на яровой пшенице. Обработку посевов ими проводили в фазу колошения, при появлении первых пустул бурой ржавчины и пятен септориоза. Из 6 лет исследований из-за засушливых условий погоды в 1997 и 1998 гг. бурая ржавчина не проявилась; в 1999 и 2001 гг. развивалась умеренно, в 2000 и 2002 гг. – до эпифитотийного уровня, пораженность посе-

вов септориозом варьировала от слабой (5-10%) до умеренной степени (20-40%). Биологическая эффективность фунгицидов против бурой ржавчины составляла 94,4-99,7%, септориоза – 83,3-88,2%.

От обработки посевов фунгицидами при позднем проявлении и умеренном развитии болезней прибавка урожая не превышала 1,9-3,0, при эпифитотии бурой ржавчины достигла 5-7 ц/га. Анализ остаточных их количеств в образцах зерна пшеницы в 2000 году показал, что содержание в них действующих веществ Альто и Альто-супер ниже установленного минимально допустимого уровня.

Результаты опыта в 2002 г. в Костанайской области на яровой пшенице показали, что новые фунгициды Альто-супер, Рекс С и опус-топ обладают высокой биологической эффективностью против листовой ржавчины и септориоза (88,3-92,9%), продолжительность защитного их действия составляет до 30 суток, а у Колфуго-супер 58,1-64,7% и 15-20 суток соответственно. По первым трем фунгицидам размер сохраненного урожая составил 2,7-3,9 ц/га, масса зерна с колоса увеличилась на 8,8-14,6%, по Колфуго-супер – 1,2 ц/га и 3,2% [табл. 58].

В 1998-2004 гг. в юго-восточном регионе республики определяли эффективность фунгицидов из азоловой группы против болезней озимой пшеницы с воздушно-капельной инфекцией. Наши наблюдения показали, что на её посевах пятнистость листьев и септориоз проявляются рано: часто в начале стеблевания, желтая ржавчина позже – в фазу колошения, бурая – молочной спелости зерна. В годы эпифитотийного развития желтой ржавчины, возможно, потребуется 2 кратное опрыскивание посевов с интервалом 20-25 суток. Учитывая это, в 2002 году на стационаре Казахского НИИ растениеводства

Таблица 58. Биологическая и хозяйственная эффективность обработки посевов яровой пшеницы фунгицидами (Омская 19, ТОО «Шеминовка»)

Фунгицид	Норма расхода, л/га	Развитие болезни, % через 30 суток		Биологическая эффективность (%), против		Масса 1 000 зерен, г	Урожай, ц/га	
		ржавчина	септориоз	ржавчины	септориоза		средний	сохраненный
Альто-супер	0,4	2,4	6,0	91,0	88,3	40,5	21,9	2,7
Опус Топ	1,0	2,2	6,4	91,5	87,6	41,3	23,1	3,9
Рекс С	0,6	2,2	5,3	91,8	89,7	40,3	21,8	2,8
Колфуго-супер	1,5	9,1	18,2	58,1	64,7	38,8	20,4	1,2
Контроль	–	23,4	51,5	–	–	37,9	19,2	–

и земледелия изучали эффективность одно и двукратной обработки посевов озимой пшеницы фунгицидами. Профилактическая её обработка препаратом Альто-супер была проведена в апреле в фазу флаг-листа, когда проявлялись единичные пятна, через 20-25 сут. повторная обработка половины делянок. Учет через 20-25 суток показал, что биологическая эффективность двукратной обработки посевов против желтой ржавчины составляет 100%, септориоза – 82,6-85,3%. Установлено, что в зависимости от степени восприимчивости сортов и уровня развития болезней, размер сохраненного урожая на Алмалы, резистентного к желтой ржавчине, восприимчивого к пятнистостям листьев составил 9,4-9,8 ц/га; Жетысу – восприимчивого к обеим болезням при однократном опрыскивании посевов сохранено 6,1, двукратном – 13,9 ц/га [табл. 59].

Таблица 59. Эффективность обработки посевов озимой пшеницы фунгицидами (Алматинская обл., 2002 г. опытное поле КазНИИЗиР)

Сорт	Кратность обработки	Пораженность через 30 сут. после обработки, %		Биологическая эффективность, % против		Масса 1 000 зерен, г	Урожай, ц/га	
		желтая ржавчина	пятнистости	желтой ржавчины	пятнистостей		средний	сохраненный
Алмалы	1	0,0	16,8	100,0	63,8	45,7	42,2	9,4
	2	0,0	6,8	100,0	85,3	46,5	42,6	9,8
	Контроль	1,5	46,5	–	–	45,0	32,8	–
Жетысу	1	2,5	21,9	83,6	49,5	49,7	40,9	6,1
	2	0,0	12,1	100,0	82,6	47,2	45,7	13,9
	Контроль	16,3	43,4	–	–	46,9	34,8	–

В 2003 г. опыт по оценке эффективности фунгицидов продолжен на фоне гребневой технологии возделывания на озимой пшенице и применения минеральных удобрений ($P_{60}N_{60}$). Посевы были обработаны опрыскивателем в начале проявления признаков болезни и начале колошения. На сортах Алмалы и Егемен, устойчивых к желтой ржавчине и слабо поражаемых пятнистостями, размер сохраненного урожая не превышал 2,9-3,3 ц/га, высоко восприимчивых к названным болезням – Стекловидной 24 и Эритроспермум 350 достигал 6,7-10,9 ц/га на фоне умеренного развития (20-25%) желтой ржавчины, в сильной степени (до 50-75%) – желтой пятнистости и септориоза; масса зерна у обработанных фунгицидом растений повышалась на 5-6 г [табл. 60].

Таблица 60. Эффективность обработки посевов сортов озимой пшеницы фунгицидом (опытное поле Каз НИИЗиР, 2003 г.)

Сорт	Обработка посева	Пораженность болезнями, %			Масса зерна, г.		Урожай, ц/га	
		желтая ржавчина	пятнистости листьев	черный зародыш	с 100 колосьев	1 000 шт.	средний	сохраненный
Алмалы	+	0,0	8,8	0,7	97,6	41,1	25,8	2,9
	–	1,0	20,4	1,2	77,0	39,4	22,9	–
Егемен	+	0,0	6,7	2,8	154,7	47,3	26,2	3,3
	–	1,0	23,5	3,0	139,1	41,5	22,9	–
Стекловидная 24	+	0,0	16,3	3,5	166,5	50,7	30,4	10,4
	–	21,6	52,9	9,5	119,8	44,7	24,0	–
Эритроспермум 350	+	0,0	15,0	2,5	158,3	47,7	31,8	6,7
	–	20,5	65,5	6,5	139,1	46,2	25,1	–
* – + – обработано фунгицидом, – – не обработано								

В 2004 году в крестьянском хозяйстве «Светлана» Алматинской области на фоне гребневой технологии возделывания озимой пшеницы был заложен производственный опыт. В связи с засушливыми условиями погоды в первой половине мая происходило на её посевах слабое развитие желтой ржавчины, умеренное – септориоза и пиренефороза, ржавчина проявилась поздно. Биологическая эффективность фунгицида Альто-супер против составила 100%, в отношении пятнистостей листьев от 69,6 до 74,4%. Из-за слабого уровня развития болезней на сортах Стекловидная 24 и Алмалы сохраненный урожай не превышал 1,2-2,2 ц/га. Существенная прибавка получена (5 ц/га) на сорте Жетысу который заметно поражался бурой ржавчиной [табл. 61].

Многолетний мониторинг динамики развития септориоза на яровой пшенице в северном регионе республики показал, что он проявляется чаще в фазу стеблевания пшеницы, особенно заметно на повторных её посевах, а листовая ржавчина в фазы флаг-листа, колошения, интенсивно развивается в период налива и молочной спелости зерна, следовательно обработку посевов фунгицидами следует проводить на стадиях развития 49-59 по Задоксу.

Учитывая это, определяли эффективность однократной обработки посевов в фазу стеблевания и колошения, а также двухкратной.

Таблица 61. Эффективность фунгицидов на озимой пшенице против болезней с листо-стебельной инфекцией (Алматинская обл., 2004 г.)

Сорт	Вариант*	Пораженность листьев, %			Биологическая эффективность, % против		Масса 1 000 зерен, г	Урожай, ц/га	
		ржавчиной		Пятнистостями	ржавчины	пятнисто-стей		средний	сохраненный
		желтой	бурой						
Стекловидная 24	–	0,2	13,6	13,5	–	–	52,2	43,9	–
	+	0,0	0,0	4,1	100,0	69,6	54,5	45,1	1,2
Жетысу	–	0,1	30,9	5,0	–	–	48,2	37,5	–
	+	0,0	0,0	1,2	100,0	74,4	49,9	42,5	5,0
Алмалы	–	0,0	16,7	24,1	–	–	42,2	41,7	–
	+	0,0	0,0	6,8	100,0	71,8	47,5	43,9	2,2
* – + – обработано фунгицидом, – – необработанно									

* – + – обработано фунгицидом, – – необработано

Установлено, что наиболее оптимальный срок против указанных болезней – фаза колошения, против листовой ржавчины биологическая эффективность Альто-супер и Рекса С была в пределах 89,0-92,0%, септориоза- 83,0-86,7%, двукратной – 92,3-93,6% и 82,7-84,2% соответственно, т.е. практически на одном уровне. В то же время при обработке посевов в фазу стеблевания эффективность фунгицидов против них не превышала 33-44%, что связано с истечением срока защитного действия, который обычно составляет 25-30 суток к моменту более интенсивного развития болезней. При однократной обработке посевов фунгицидами в период стеблевания сохранен 1,8-2,0 ц/га, колошение – 2,8-3,7 ц/га, двукратной – 3,3-3,8 ц/га зерна при урожайности пшеницы в контрольном варианте 13,2 ц/га [табл. 62].

Аналогичные результаты были получены в 2005 году на Северо-Казахстанской СХОС, при определении эффективности сроков обработки посевов яровой пшеницы фунгицидом Фалькон, 46% к.э., состоящим из трех компонентов: Тебуконазола, Спироксамина и Триадименола. Обработку посевов проводили в 2 срока: в фазу стеблевания (6 июля) и спустя 10 суток – в фазу колошения. Установлено, что при раннем проявлении и эпифитотийном развитии бурой ржавчины обработка посевов в фазу колошения рекомендуемой нормой (0,5 л/га) фунгицида посевы были защищены от патогенов с листостебельной инфекцией до конца вегетации. Масса 1 000 зерен повысилась на 13,4%, продуктивность колоса на 28,1% [табл. 63].

Таблица 62. Эффективность сроков и кратности обработок яровой пшеницы фунгицидами против болезней (ТОО «Шеминовка», 2003 г.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Кратность обработок	Срок обработок	Пораженность листьев в фазу молочной спелости		Биологическая эффективность, % против*		Урожай, ц/га
				ржавчина	септориоз	ржавчины	септориоза	
Контроль	–	–		37,5	45,0	–	–	13,2
Альто супер	0,4	1	3 июля	25,0	28,0	33,3	37,8	15,0
		1	23 июля	4,0	7,6	89,0	83,0	16,0
		2	3.07 и 29.07	2,7	7,8	92,8	82,7	16,5
Альто супер	0,5	1	3 июля	22,5	25,0	40,0	44,4	15,0
		1	23 июля	3,8	7,2	89,9	84,0	16,2
		2	3.07 и 29.07	2,9	7,1	92,3	82,2	16,6
Рекс С	0,75	1	3 июля	20,7	25,0	44,8	44,4	15,2
		1	23 июля	3,0	6,0	92,0	86,7	16,8
		2	3.07 и 29.07	2,5	7,1	93,3	82,2	17,0

Таблица 63. Эффективность фунгицида Фалькон в зависимости от сроков обработки посевов пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2005 г.)

Фаза	Норма расхода, л/га	Пораженность листьев ржавчиной (%), через 30–40 суток		Эффективность, % против ржавчины		Количество колосков, шт.	Масса зерен, г	
		бурой	стеблевой	бурой	стеблевой		1 000 шт	50 колосьев
Стеблевание	0,5	13,8	6,3	74,4	65,0	12,3	34,4	45,0
Колошения	0,5	1,3	0,0	97,6	100,0	12,9	36,5	51,1
Контроль	–	53,9	18,0	–	–	11,8	32,2	39,9

В 2004 году на Северо-Казахстанской СХОС на поздних сроках посева яровой пшеницы, которые обычно сильно поражаются видами ржавчины. Проверяли эффективность Альто-супер и Рекса. Сорт Омская 19, посеянная 2 июня, в начале налива зерна обработан фунгицидами, пораженность листьев ржавчиной не превышала 1-5%. Учет биологической их эффективности через 20 суток показал, что она составляет 89,2 и 97,5, в результате увеличение озерненности колоса и массы 1 000 зерен сохранено 3,5-4,7 ц/га зерна, при уровне урожайности в контроле 15 ц/га [табл. 64].

В 2006 г. определяли эффективность фунгицида Фалькон (0,5 л/га) против болезней с листостебельной инфекцией на 4 сортах яровой пшеницы. Обработку посевов провели в фазу колошения, бурая ржав-

Таблица 64. Эффективность обработки посевов яровой пшеницы фунгицидами (Северо-Казахстанская СХОС, 2004 г.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Пораженность листьев ржавчиной (%), через суток		Биологическая эффективность, %	Количество колосков, шт.	Масса зерен, г		Урожай, ц/га
		10	20			1 000 шт.	50 колосьев	
Контроль	–	15,1	73,5	–	11,3	32,2	35,6	15,0
Альто супер	0,4	1,6	7,7	89,2	11,7	37,3	37,3	18,5
Рекс	0,4	4,3	2,8	97,5	11,6	36,4	36,4	19,7

чина проявилась очень поздно – в молочной спелости зерна и пораженность ею листьев не превышала 5-10%, септориозом – 50-75%, распространение стеблевой ржавчины 1-5%. Биологическая эффективность Фалькона против видов ржавчины составляла 95-100%, септориоза – 85-90%, величина сохраненного урожая 3,3-4,6 ц/га [табл. 65].

Таблица 65. Влияние обработки сортов пшеницы фунгицидом на их урожай и его структуру (Северо-Казахстанская СХОС, 2006 г.)

Сорта	Контроль – необработанные посевы			Посевы обработанные Фальконом (0,5 л/га)			
	масса зерна, г		урожай, ц/га	масса зерна, г		урожай, ц/га	
	100 колосьев	1 000 шт		100 колосьев	1 000 шт	средний	сохраненный
Астана	107,2	36,4	23,2	109,9	36,8	26,5	3,3
Астана 2	115,9	35,7	23,0	122,3	39,2	27,6	4,6
Шортандинская 95	162,1	42,1	24,3	166,8	42,7	28,5	2,2
Памяти Азиева	126,8	39,1	21,7	133,0	39,5	25,0	3,3

Аналогичные результаты были получены в 2007 г. в Костанайской области, где септориоз и желтая пятнистость в комплексе с бурой ржавчиной развивались на яровой пшенице, стеблевая ржавчина (10-25%) в начале молочной спелости зерна. В контрольном варианте суммарная пораженность листьев комплексом болезней достигала 100%. Биологическая эффективность фунгицидов против пятнистостей листьев составляла 81,2-83,0%, бурой и стеблевой ржавчины – 87,4-93,1%, продолжительность защитного действия не менее 30 суток. Озерненность колоса и масса 1 000 зерен у растений опытных участков были выше на 11,6-22,8%, урожай – на 3,0-3,8 ц/га.

Таким образом, установлено, что наиболее оптимальным сроком обработки озимой и яровой пшеницы фунгицидами являются фазы

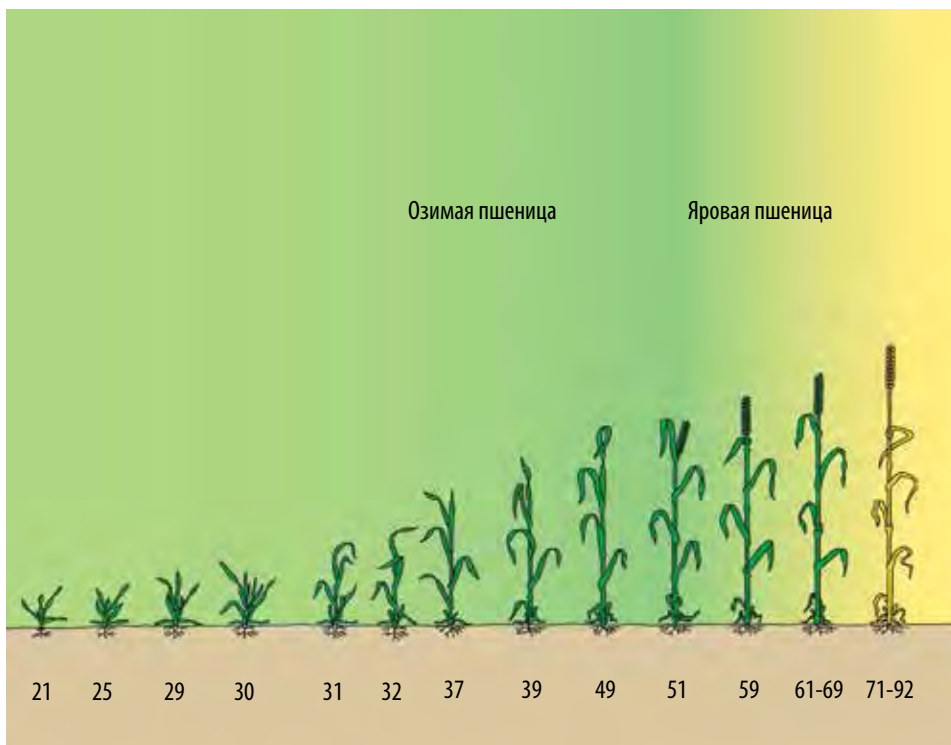


Рисунок 28. Оптимальные сроки обработки пшеницы фунгицидами

флаг-листа и колошение [рис. 28], при однократном опрыскивании ими посевов достигается защита до восковой спелости зерна от болезней с листостебельной инфекцией. Определена биологическая и хозяйственная эффективность фунгицидов против видов ржавчины и септориоза, оптимальные нормы их расхода. При раннем проявлении и эпифитотийном развитии видов ржавчины и септориоза однократная обработка посевов в оптимальный срок позволяет сохранить от потерь до 7-10, при умеренном – до 2-3 ц/га зерна, затраты окупаются до 2-3 раза и более.

2.3.3 Эффективность комплекса химических средств защиты растений при интенсивной технологии возделывания пшеницы

Расчеты ученых США показали, что полный отказ от применения пестицидов привел бы к снижению урожая зерновых культур на 30%, повышению розничных цен на зерно на 50-70%, от азотных удобрений – сокращению его производства в 2 раза. Необходимость применения средств химизации в интенсивном земледелии обусловлена еще и тем, что только агротехническими приемами и

биологическими методами невозможно сохранить высокое плодородие почвы и благоприятное фитосанитарное состояние посевов (Новожилов, с соавт., 2005; Санин, 2013).

Эффективность применения химических средств защиты растений зависит от многих факторов, в том числе, сортовых особенностей пшеницы, погодных условий, уровня засоренности посевов, развития болезней и численности вредителей. Принимая это во внимание, в период 1988-2000 гг. проводили оценку комплекса химических средств защиты растений в различных зонах возделывания пшеницы.

В 1988-1990 гг. в лесостепной зоне Северо-Казахстанской области определяли эффективность обработки посевов яровой пшеницы бинарными смесями фунгицидов с жидким комплексным удобрением (ЖКУ), аммиачной селитрой и инсектицидом. Применяли их в период колошения – цветения, когда растения больше нуждаются в элементах минерального питания и защите от вредителей и болезней с аэрогенной инфекцией. При опрыскивании посевов бинарными смесями Тилта и Азоцена с макро- микроудобрениями и инсектицидом получена прибавка урожая от 2 до 3,2 ц/га [табл. 66].

В 1988-1990 гг. в подзоне засушливой степи определяли эффективность химических средств защиты растений (ХСЗР) в многофакторных опытах Северо-Казахстанской СХОС, заложенных в 4-польном зернопаровом (пар-пшеница-пшеница-ячмень), 2-польном зернотравяном (горохо-овсяная смесь-пшеница) и зернопро-

Таблица 66. Эффективность бинарных смесей фунгицидов с макро- микроудобрениями и инсектицидом

Варианты	Норма расхода, л/га; кг/га	Биологическая эффективность (%) против		Масса зерна, г		Урожай, ц/га	
		септориоза	бурой ржавчины	1 000 шт	из 50 колосьев	средний	прибавка
Азоцен *	1,0	53,7	71,4	37,1	51,2	18,5	1,4
Азоцен + ЖКУ	1,0+10	61,2	73,2	38,1	52,5	20,3	3,2
Азоцен + NH_4NO_3	1,0+15	67,2	67,4	37,6	59,4	17,6	0,5
Тилт	0,5	80,4	84,3	37,5	56,4	17,7	0,6
Тилт + БИ 58	0,5+0,2	87,8	82,9	37,7	55,7	19,1	2,0
Тилт + цинк	0,5+0,5	91,3	89,7	38,5	61,1	19,3	2,2
Контроль	–	–	–	35,1	48,6	17,1	–
* – аналог Байлетона							

пашном (кукуруза-пшеница) севооборотах. Блок защиты растений включал следующие приемы: против овсяга внесение в почву Авадекса БВ, 40% к.э. (3-4 л/га), в период кущения опрыскивания посевов против двудольных сорняков – аминной солью 2,4Д, 40% в.к. (2,0-2,5 л/га), в период трубкования или в начале налива зерна против вредителей инсектицидом Децис, 2,5% (0,25 л/га), в период колошение – фунгицидом Тилт, 25% к.э. (0,5 л/га) против болезней с аэрогенной инфекцией.

1987 и 1989 гг. были засушливыми, 1988 и 1990 гг. – умеренно влажными: в период вегетации пшеницы выпало 132 и 189 мм осадков. Опыты показали, что уровень урожая при дефиците осадков в летний период больше зависит от приемов дополнительного влагонакопления, чем от средств химизации. В более увлажненные годы от фосфорного удобрения прибавка составляла 2,5 ц/га, от химпрополки против однодольных и двудольных сорняков на этом фоне 1,3-1,9 ц/га; в засушливые годы она была минимальной или происходило некоторое снижение урожая. В 1989 г. на фоне P_{80} , дополнительного влагонакопления и химпрополки от фунгицидной обработки получена прибавка 1,5-2,1 ц/га, в засушливые годы она не превышала 0,5-0,9 ц/га, что связано с поздним проявлением болезней, слабым или умеренным их развитием [табл. 67].

В 1991-1995 гг. на многофакторных опытах, заложенных Костанайским НИИСХ, заложенных методом расщепленных делянок, опре-

Таблица 67. Урожай пшеницы по пару (ц/га) в зернопаровом севообороте в зависимости от приемов дополнительного влагонакопления и средств химизации (Северо- Казахстанская СХОС, 1987-1990 гг.)

Факторы химизации	Приемы влагонакопления					
	без кулис и снегозадержания		кулисы из горчицы+ снегозадержание		кулисы из горчицы+подсолнечника +снегозадержание	
	засушли- вые	умеренно влажные	засушли- вые	умеренно влажные	засушли- вые	умеренно влажные
Без удобрений и ХСЗР	9,9	14,8	13,3	17,4	16,8	16,8
P_{80} , кг/га по д.в. под пар	10,2	17,3	14,5	19,9	18,1	19,3
$P_{80} + \Gamma_0^* + \Gamma_d^*$	10,5	15,7	13,4	20,2	17,4	21,2
$P_{80} + \Gamma_0^* + \Gamma_d^* + \Phi^{**}$	11,3	18,5	13,9	20,9	16,9	22,2
$P_{80} + \Gamma_0^* + \Gamma_d^* + \Phi^{**} + И^{***}$	12,4	19,9	14,3	21,2	16,8	21,3
Примечание: $\Gamma_0^* + \Gamma_d^*$ – гербициды против однодольных и двудольных сорняков; Φ^{**} – фунгицид; $И^{***}$ – инсектицид						

деляли влияние органических, минеральных удобрений и химических средств защиты растений (ХСЗР) на урожайность трех сортов пшеницы в 5-польном зернопаровом севообороте при интенсивной технологии их возделывания. Эффективность ХСЗР анализировали на субделянках третьего порядка по следующей схеме: нулевой фон (без ХСЗР), обработка посевов аминной солью 2,4Д, 40% в.р. (2,0-2,5 л/га) или Гранстаром, 75% с.т.с. (25-30 г/га) в фазу кущения против однолетних и многолетних двудольных сорняков; инсектицидом Суми-альфа, 5% к.э. – 0,25 л/га в начале выхода колоса из влагалищ верхних листьев (стадия 30-49) против вредителей (пшеничный трипс, злаковые тли, цикадки) и фунгицидом Тилт, 25% к.э. (0,5 л/га) или Фоликур, 25% к.э. (1,0 л/га) в период колошения (стадии 51-59) для защиты от болезней с аэрогенной инфекцией.

1991 г. был острозасушливым: в период вегетации пшеницы (июнь-август) выпало 51 мм осадков, что в 2,6 раза ниже многолетней нормы. Последние 3 года были влажными: в 1992 г. сумма осадков, выпавших в летний период составляла 175 мм, 1993 – 243 мм, 1994 – 205 мм, или больше многолетней нормы на 30-80%. Погодные условия оказывали влияние на сроки появления и динамику развития болезней, эффективность применяемых химических средств защиты растений и урожайность пшеницы. Она заметно варьировала по годам в зависимости от засоренности посевов, сроков проявления и уровня развития болезней, сортовых особенностей культуры. В острозасушливом 1991 г. химическая прополка её посевов против двудольных сорняков была неэффективной, что связано со слабой их засоренностью по паровому предшественнику. При обработке посевов фунгицидом при позднем проявлении и умеренном развитии листовой ржавчины (10-25%) сохранено 1,8-2,1, инсектицидом против пшеничного трипса до 1,6-2,3 ц/га зерна.

Оптимальные для роста пшеницы и развития болезней с воздушно-капельной инфекцией погодные условия складывались в более увлажненном 1992 году, когда в июне и в первых двух декадах июля выпало 120 мм осадков. Урожайность твердой пшеницы Безенчукская 139 в зависимости от нормы удобрений варьировала в пределах от 35,3 до 38,3 ц/га, при химической прополке против двудольных сорняков 38,1-40,2, обработке инсектицидом – 37,9-41,5, а при комплексном использовании химических средств защиты растений – 41,4-42,6 ц/га. Примерно аналогичными были результаты по сорту Целинная-Юбилейная; на фоне минеральных и органических

удобрений при обработке гербицидом урожайность повышалась на 2,8-4,3, инсектицидом – 2,6-3,3, фунгицидом – 1,7-4,0 ц/га. Несколько иные результаты были получены по сорту Иртышанка 10, которая сильно поражалась бурой ржавчиной и септориозом. При обработке посевов фунгицидом в период колошения сохранено от потерь в среднем 9,7 ц/га зерна с варьированием от 7,3 до 11,4 ц/га при урожайности участков с внесением удобрений – 28,9-33,3 ц/га.

1993 и 1994 гг. отличались повышенной влажностью периода вегетации яровой пшеницы (осадки превышали многолетнюю норму в 1,5-2,0 раза), и основными факторами, лимитировавшими её продуктивность, были болезни с аэрогенной инфекцией, которые развивались до эпифитотийного уровня и снижали урожай до 20-30% и более. При раннем проявлении (стадии 30-39) и сильном развитии бурой ржавчины и септориоза при однократной обработке посевов пшеницы фунгицидами (Тилт и Фоликур) сохранено от 4-5 до 10-14 ц/га зерна, биологическая их эффективность была в пределах 70-80%. При комплексном применении в результате взаимодействия факторов, сохраненный урожай от средств защиты растений составлял 7-11 ц/га, суммарный эффект отдельных приемов достигал 12-17 ц/га [табл. 68].

Эффективность минеральных удобрений и химических средств защиты растений определяли и на 4-й культуре пшеницы, размещенной после ячменя, где в рядки при посеве вносились суперфосфат и аммиачная селитра (N_{30} по д.в.). Опыты показали, что последствие органического удобрения, внесенного под пар, сохраняется до 4-й культуры и на Целинной-Юбилейной обеспечивало прибавку от 1,5 до 4 ц/га зерна. Аммиачная селитра на фоне P_{80} повышала урожай пшеницы с 2,2 до 4,8 ц/га, суперфосфат P_{20} кг/га в рядки при посеве – с 0,5 до 1,7 ц/га. При эпифитотии бурой ржавчины в 1993 г. при обработке фунгицидом посевов Целинной-Юбилейной сохранено от 3,9 до 6,5 ц/га зерна, в 1994 году на Иртышанке 10 при более раннем проявлении и сильном развитии септориоза – от 3,6 до 6,3 ц/га [табл. 69].

Аналогичные результаты были получены учеными НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева; на фоне азотно-фосфорных удобрений обработка посевов фунгицидом против болезней во влажные годы повышала урожайность яровой пшеницы на 7,1%, повышало содержание клейковины до 25%, в контроле 20% (Каскарбаев, 2008; Акшалов, 2013).

Таблица 68. Урожайность пшеницы (ц/га) по кулисному пару на фоне применения удобрений и химических средств защиты растений (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ, 1992-1994 гг.)

Удобрения	Варианты					Среднее
	без ХСЗР	гербицид	инсекти-цид	фунгицид	комплекс ХСЗР	
Безенчукская 139						
Без удобрений	26,7	29,4	32,1	31,5	34,6	30,9
P ₂₀ кг/га при посеве в рядки	28,4	31,5	32,8	32,2	34,9	31,9
P ₈₀ кг/га под пар	27,5	31,1	32,6	31,2	35,7	31,6
Навоз 30 т/га	27,7	31,7	33,5	30,3	33,7	31,4
В среднем	27,6	30,9	32,7	31,4	34,5	31,5
Целинная-Юбилейная						
Без удобрений	22,7	27,8	27,4	28,5	29,8	27,2
P ₂₀ кг/га при посеве в рядки	24,6	28,6	29,3	29,9	30,5	28,6
P ₈₀ кг/га под пар	23,9	28,0	28,2	29,3	30,4	27,9
Навоз 30 т/га	24,3	28,5	28,6	30,4	29,0	28,3
В среднем	23,8	28,1	28,4	29,5	30,2	28,0
Иртышанка 10						
Без удобрений	24,7	26,2	27,2	30,2	30,8	27,8
P ₂₀ кг/га при посеве в рядки	26,6	28,9	29,2	31,1	31,78	29,5
P ₈₀ кг/га под пар	25,7	26,8	27,4	32,1	31,3	29,1
Навоз 30 т/га	26,9	28,1	28,1	31,5	30,9	29,1
В среднем	26,0	28,2	27,9	31,2	31,2	28,9

В Западной Сибири средняя прибавка зерна пшеницы от обработки фунгицидом Фоликур ВТ составляла 3,1-3,4 ц/га, комплекса средств химизации – 7,1-7,9 ц/га. На второй ее культуре возрастала роль химической прополки, которая в отдельные годы обеспечивала рост урожая в 2 раза. В 1997 году затраты на обработку посевов пестицидами окупались при сохранении 3,2-3,4 центнеров зерна с 1 гектара: гербицидами Диален – 0,9-1,2 и Пума-супер – 2-2,5, инсектицидом Каратэ – 0,6-0,8 ц/га (Доронин и Евсеев, 1998). При комплексной защите посевов яровой пшеницы от вредителей и болезней по сорту Новосибирская 22, посеянной по паровому предшественнику прибавка урожая составила 14,9 ц/га, Лютесценс 25 – 16,9, при урожайности в контроле 35,1 и 37,5 ц/га соответственно (Ашмарина, Давыдов, 2000).

Анализы в технологической лаборатории Казахского НИИ земледелия показали, что качество зерна пшеницы больше зависит от

Таблица 69. Урожай (ц/га) 4-й культуры пшеницы на фоне удобрений и химических средств защиты растений (ОПХ «Заречное» Костанайского НИИСХ)

Удобрения	Без ХСЗР, 1994	Гербицид		Фунгицид		Инсектицид		Комплекс ХСЗР		В сред- нем
		1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994	
Иртышанка 10										
Без удобрений	10,8	10,7	12,8	9,8	14,9	10,4	15,2	12,3	16,8	12,5
P ₂₀ кг/га в рядки	12,2	10,2	14,1	11,5	15,8	10,1	17,4	13,1	19,1	13,6
P ₈₀ кг/га под пар	11,2	9,9	13,8	14,1	17,6	11,4	15,7	12,3	19,0	13,9
P ₈₀ + N 30 кг/га	14,1	15,5	16,1	16,9	19,8	15,6	19,6	14,9	22,1	16,9
Навоз 30 т/га	12,6	10,7	14,9	12,4	18,9	10,9	18,5	10,6	20,4	14,4
В среднем	12,2	11,4	14,3	12,9	17,4	11,7	17,9	12,6	19,5	–
Целинная-Юбилейная										
Без удобрений	19,2	10,2	20,9	14,1	19,8	11,4	21,2	10,2	25,5	16,9
P ₂₀ кг/га в рядки	22,4	10,4	23,9	14,5	22,5	10,5	22,6	12,3	29,1	15,7
P ₈₀ кг/га под пар	24,4	9,6	23,1	13,7	25,8	11,0	24,9	12,6	26,6	19,1
P ₈₀ + N30 кг/га	23,0	10,9	25,4	17,8	25,3	11,8	25,3	14,3	29,5	20,4
Навоз 30 т/га	23,2	11,7	24,8	13,1	22,2	13,3	23,8	13,8	25,7	19,6
В среднем	22,4	10,6	23,6	14,6	23,5	11,6	23,5	12,6	27,9	–

погодных условий и сортовых особенностей пшеницы, чем от удобрений и химических средств защиты растений. Например, в засушливом 1991 г. содержание белка в зерне Иртышанки 10 колебалось от 16,4 до 17,5%, Целинной-Юбилейной – 16,4-17, 0%, во влажном 1992 году оно снизилось до 12,2-13,7 и 12,2-12,5% соответственно. Аналогичные данные были получены по клейковине: в засушливом году содержание сырого протеина достигало 36,8-41,6%, во влажном не превышало 29,6-34,0%. В 1992-1993 гг. на фоне сильного развития бурой ржавчины при обработке фунгицидом у сортов Целинная-Юбилейная и Иртышанка 10 натура зерна повышалась на 5-11%, содержание клейковины – 0,6-0,8% [табл. 70].

С.С. Санин, Т.П. Жохова (2012) указывают, что качество зерна пшеницы в основном зависит от генетических особенностей возделываемых сортов, а также биотических и абиотических факторов. В 2004-2009 гг. на трех сортах озимой пшеницы: Мироновская 808 – сильно восприимчивой к бурой ржавчине и септориозу, Московская 38 и Немчиновская 29, устойчивые к первой болезни, средневосприимчивые ко второй, проводили анализ. Корреляционный анализ 80 образцов показал, что между пораженностью колоса септориозом и содержанием клейковины имеется отрицательная связь ($r=-0,69$);

Таблица 70. Влияние удобрений и пестицидов на технологические качества зерна, хлебопекарные свойства муки пшеницы

Средства химизации	Показатели качества													
	натра, г/л	содержание в зерне, %				теста				сила муки, е. а.		валориметрическая оценка, е. в.	объем хлеба, мм³	общая оценка в баллах
		белка		клейковины		растяжимость, м/м	упругость, Р _x 1,1мм		1991					
		1991	1992	1991	1992		1991	1992						
Иртышанка 10														
Без удобрений и ХСЗР	785	16,7	13,5	38,4	29,6		130	140	107	693	419	61	1005	4,1
Навоз 30 т/га	777	16,7	13,4	40,4	28,8		126	139	100	693	405	70	1215	4,4
Р ₂₀ кг/га по д.в. при посеве	772	16,9	13,6	38,4	34,0		140	139	91	831	410	69	930	4,0
Р ₈₀ кг/га по д.в. под пар	784	16,6	13,4	41,6	30,4		147	152	86	640	347	62	950	3,9
Р ₈₀ + фунгицид	776	16,4	12,8	37,6	32,0		149	115	115	451	451	64	995	2,2
Р ₈₀ + инсектицид	786	16,8	12,8	39,6	32,8		142	154	108	614	419	65	840	5,5
Р ₈₀ + гербицид	780	17,5	13,7	39,6	31,2		133	121	94	582	464	61	985	4,1
Р ₈₀ + комплекс ХСЗР	778	17,2	13,3	36,8	31,2		134	140	104	686	399	62	1075	4,1
Целинная-Юбилейная														
Без удобрений и ХСЗР	803	16,6	12,4	38,4	30,0		133	121	103	556	314	71	1050	2,2
Р ₈₀ кг/га по д.в. под пар	777	16,7	12,2	39,1	30,8		129	128	117	569	340	58	860	3,9
Р ₈₀ + фунгицид	770	16,4	12,3	37,2	30,0		124	143	117	874	352	63	1043	3,9
Р ₈₀ + гербицид	768	16,9	12,4	41,2	30,6		92	133	98	510	325	75	780	2,6
Р ₈₀ + комплекс ХСЗР	761	17,0	12,2	40,4	30,9		127	135	106	634	310	75	1300	4,7
Безенчукская 139														
Без удобрений и ХСЗР	816	15,4	12,5	44,0	31,2		–	143	96	556	183	35	593	2,4
Навоз 30 т/га	812	14,1	11,4	42,0	26,4		–	132	79	275	124	35	475	2,5
Р ₈₀ кг/га по д.в. под пар	830	14,9	11,5	46,0	33,2		–	129	93	288	144	40	600	2,8
Р ₈₀ + гербицид	800	15,0	13,0		28,0		–	–	76	301	144	37	500	2,0
Р ₈₀ + инсектицид	794	15,7	12,1	45,1	26,5		–	122	80	281	118	37	570	2,3
Р ₈₀ + комплекс ХСЗР	786	15,1	12,4	44,0	26,0		–	142	116	295	177	38	480	2,1

при увеличении степени пораженности его болезнью на 10% оно снижается на 2,5%. При интенсивном развитии септориоза опрыскивание посевов фунгицидом Альто-супер в фазу колошения сорта Немчиновская 29 содержание клейковины увеличилось на 2,2-2,5%, урожайность – до 5 ц/га.

В 1999-2000 гг. в Костанайской области определяли эффективность химических средств защиты пшеницы против комплекса вредных организмов. Перед посевом семена Омской 18 протравливали Премисом, в фазу кущения против двудольных сорняков применяли Бюктрил-Д, злаковых – Пума-супер, колошение – против болезней с воздушно-капельной инфекцией гранит. Эффективность обработки семян пшеницы против пыльной головки составила 100%, корневой гнили – 50,7; фунгицида на фоне сильного развития бурой ржавчины – в пределах 86-91,7%. Протравливание семян пшеницы Премисом дало прибавку урожая 2,3 ц/га, фунгицидная обработка – 2,4 ц/га зерна. При засоренности посевов двудольными сорняками 30,9 шт/м², злаковыми – 16,3 шт/м² от химпрополки дополнительно получено 2,9, комплекса химических средств защиты растений – 6,1 ц/га зерна [табл. 71].

В 1999 г. в Акмолинской области определяли эффективность обработки семян пшеницы (сорт Акмола 3) препаратами Дивиденд 030 (2 л/т),

Таблица 71. Эффективность химических средств защиты растений на яровой пшенице (Костанайская обл., ТОО «Шеминовка», 1999 г.)

Вариант	Норма расхода препарата, л/га	Урожайность при посеве семенами, ц/га			
		без обработки		протравленными	
		средняя	прибавка	средняя	прибавка
Контроль	–	19,9	–	22,2	2,3
Бюктрил-Д + Пума-супер	1,25+0,5–0,7	22,8	2,9	24,9	2,7
Гранит	0,7–1,0	23,2	3,3	24,6	2,4
Бюктрил-Д+ Пума-супер+ Гранит	0,7–1,0+1,25+0,6	26,3	6,4	26,9	4,7
Гранит + Шерпа	0,7–1,0+0,150	28,9	5,9	30,4	3,9
Бюктрил-Д+Пума-супер+ Гранит+Шерпа	0,7–1,0+0,150+1,25+0,6	31,3	8,3	32,6	6,1
Среднее		26,5	5,4	27,9	5,7
HCP ₀₅ = 1,6 ц/га					

Дивиденд-стар (1,5 л/т) и Витавакс 200 FF (2 л/т), посевов фунгицидами: Рекс (0,4 л/га) и Альто (0,15 л/га). Производственный опыт показал высокую эффективность препаратов против пыльной головки, которые снижали пораженность всходов корневой гнилью в 2-3 раза. Несмотря на благоприятные погодные условия, бурая ржавчина и септориоз проявлялись на посевах в слабой степени, и уровень сохраненного зерна не превышал 0,6-0,8 ц/га при урожайности в вариантах с обработкой семян 18,6-18,9 ц/га. Использование фунгицидов было экономически нецелесообразно, хотя против бурой ржавчины биологическая их эффективность была очень высокой (98-100%).

В 2000 г. бурая ржавчина проявилась в начале колошения пшеницы и развивалась в сильной степени (до 75-100%). Для защиты от болезней с листо-стеблевой инфекцией половина участка была обработана фунгицидом Альто-супер (0,5 л/га). Учеты показали, что биологическая его эффективность была высокой – 98-100% на 30 день. Суммарная прибавка от двух приемов: обработка семян препаратами и посевов фунгицидом в период колошения достигла 7,2 ц/га при урожайности в контроле 19,1 ц/га. Затраты на защиту от комплекса болезней с семенной и воздушно-капельной инфекцией колебались от 17,5 до 21,2 \$ США, окупаемость их в 3-4 раза.

В 2008 г. совместно с Северо-Казахстанской СХОС определяли эффективность комплексного применения химических средств защиты пшеницы при минимальной технологии её возделывания. Опыты закладывали в зернопаровом севообороте по двум предшественникам. В фазу кущения проведена химическая прополка посевов против однодольных и двудольных сорняков, флаг листа – бинарной смесью инсектицида (Конфидор 0,07 л/га) и фунгицида (Фалькон, 0,5 л/га). Размер сохраненного урожая от комплекса химических средств защиты растений при посеве яровой пшеницы после пара составил 2,4 ц/га. Поле очищалось от однолетних и многолетних сорняков, прибавка зерна в основном получена в результате снижения уровня развития болезней и численности вредителей (трипсы, злаковые тли и другие). Бурая и стеблевая ржавчины проявились поздно – в начале 1 декады августа, к молочно-восковой спелости зерна пораженность листьев не превышала – 10-20%, пятнистостями – 25-50%. По стерневому фону, где заметно проявился септориоз, наблюдалась высокая численность трипсов и других сосущих вредителей, получена прибавка в размере 3,4 ц/га зерна [табл. 72].

Таблица 72. Эффективность химических средств защиты растений на яровой пшенице в зависимости от предшественников (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.)

Посев сеялкой	Предшественник	Фон	Количество сорняков	Сухая масса, г/мг	Пораженность болезнями, %			Урожай, ц/га	
			шт/м²		пятнистости	ржавчина		средний	сохраненный
		бурая				стеблевая			
СЗС-2,1 с лапками	Пар	Без ХСЗР	12,0	13,2	8,9	15,5	20,3	19,5	–
		ХСЗР	2,0	2,0	7,3	9,1	13,4	21,9	2,4
	Пшеница	Без ХСЗР	16,0	34,3	23,4	9,1	6,7	16,4	–
		ХСЗР	10,0	8,6	7,1	7,3	7,4	19,8	3,4
«Флексикоил» с лапками	Пар	Без ХСЗР	12,0	14,5	9,3	16,7	3,6	20,7	–
		ХСЗР	0,0	3,9	6,9	8,3	3,6	21,0	0,3
	Пшеница	Без ХСЗР	58,0	83,2	25,8	10,5	3,1	15,6	–
		ХСЗР	10,0	18,6	8,3	7,6	5,1	19,0	3,4
ХСЗР – химические средства защиты растений; НСР ₀₅ – 3,2 ц/га									

Токсические остатки пестицидов в продукции не выявлены; за исключением фунгицида Байлетон, содержание которого не превышало 0,6 мг на 1 кг, что ниже предельного допустимого уровня.

На втором опыте по минимальной технологии возделывания пшеницы сорта Астана определяли эффективность обработки посевов фунгицидами и биопрепаратом Новосил на фоне химической прополки посевов против однодольных и двудольных сорняков гербицидами. Засоренность была средней: осот желтый – очажно (до 5-10 шт кв. м.), плотность овсяга не превышала 1-2 экз на 1 кв. м, из злаковых просянок. В период молочной спелости пораженность листьев септориозом достигала 25-50%, листовая и стеблевая ржавчины проявились поздно – к молочно-восковой спелости индексы их не превышали 5-10%. Учет урожая показал, что на фоне химической прополки, при опрыскивании посевов фунгицидами Байлетон и Титул 2,5-2,9 ц/га зерна масса 1 000 зерен повысилась на 1,7 г или 4,5% по сравнению с эталоном, на 4,6 г или 11,7% с контролем [табл. 73].

В Западной Сибири на фоне N₉₀P₂₀ эффективность комплекса химических средств защиты растений, в частности протравливание семян, химпрополки посевов против двудольных и злаковых сор-

Таблица 73. Эффективность химических средств защиты растений при минимальной технологии возделывания яровой пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2008 г.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожай зерна, ц/га			Масса 1 000 зерен, г	Озер- ненность колоса, шт
		средний	сохраненный			
			всего	к эталону		
Контроль – без ХСЗР	–	12,4	–	–	34,6	24,0
Дезормон (Д. э.) эфир+ Пума–супер (П. с.) (эталон)	0,8+0,8	14,4	2,0	–	37,5	24,3
Д. э+П. с. +Байлетон	0,8+0,8+0,75	17,3	4,9	2,9	39,2	29,6
Д. э. +П. с. +Титул	0,8+0,8+0,33	16,9	4,5	2,5	39,2	27,6
Д. э. +П. с. + Фалькон +Конфидор	0,8+0,8+0,5+0,07	18,9	6,5	4,5	39,8	29,2
Д. э. +П. с. + Новосил	0,8+0,8+0,03	15,6	3,2	1,2	35,9	27,9
П. с. – протравливание семян, Д. э. – Дезормон эфир. НСР ₀₅ = 2,2 ц/га						

няков, обработки баковой смесью инсектицида и фунгицида в фазу колошение, на первой культуре пшеницы по пару по традиционной технологии колебалась от 12,2 до 16%, на второй – 32,6-40%, при прямом посеве – 32,9-42,2% (Власенко с соавт., 2010).

В 2009 году на Карабалыкской СХОС определяли эффективность фунгицида стробрулиновой группы фирмы «Syngenta AG» (Швейцария) Амистар-экстра на фоне протравливания семян яровой пшеницы препаратами Скарлет и Тебу, эталоном служил Витавакс 200 FF + Тилт. В связи с засушливой погодой в июне и первой декаде июля септориоз проявился поздно и развивался умеренно, листовая ржавчина – в очень слабой степени. Несмотря на слабый уровень развития болезней с воздушно-капельной инфекцией, при обработке посевов пшеницы Амистар-экстра, получена прибавка 3,9 ц/га, по Витаваксу 200FF + Тилту – 1,1 ц/га. Новый фунгицид обладал высокой физиологической активностью, стимулировал формирование репродуктивных органов: увеличивалась озерненность 1 колоса на 7,1-15,4%, масса зерна – 9,5-12,7, вес 1 000 зерен – 6,9-8,1% [табл. 74].

В 2010 году на фоне обработки семян новыми препаратами определяли эффективность фунгицидов, содержащих стробрулины: Абакуса фирмы «БАСФ», Германия и Амистар-экстра. В связи с засушливыми условиями погоды в июне и в первой декаде июля пораженность листьев пятнистостями не превышала 5-10%, ржавчина

Таблица 74. Влияние обработки семян яровой пшеницы препаратами, посевов фунгицидами на урожай и его структуру (Карабалыкская СХОС, 2009 г.)

Вариант	Норма расхода, л/г	Масса 20 колосьев, г	Длина, см		Число колосков, шт	Масса зерен, г		Урожай зерна, ц/га
			стебля	колоса		с 50 колосьев	1 000 шт	
Скарлет + Амистар	0,3+0,75	31,3	75,3	6,7	12,9	48,8	39,8	38,0
Тебу + Амистар	0,4+0,75	31,3	74,0	6,3	12,1	47,4	40,2	35,8
Витавакс+Тилт	2,0+0,5	30,6	77,4	6,8	12,3	46,7	38,6	35,2
Контроль – без обработки	–	29,3	71,0	5,8	11,3	43,3	37,2	34,1
НСП ₀₅ – 1,6 ц/га								

не наблюдалась из-за отсутствия заноса инфекции. Несмотря на это, обработка посевов фунгицидами стробрулиновой группы положительно влияла на формирование урожая: повышались озерненность колоса и масса 1 000 зерен; в результате на фоне протравливания семян прибавка составляла от 2,1 до 5,0 ц/га.

В 2011г. исследования по оценке эффективности химических средств защиты растений против комплекса болезней продолжены. В период колошения часть делянок, посеянных семенами, обработанными Иншур-перформом опрыскивалась фунгицидами Абакус, инсектофунгицидом Селес-топ и Альто-супер. На посевах пшеницы, размещенных после пара, септориоз проявился поздно, пораженность листьев была невысокой – не более 10-25%, единичные пустулы бурой ржавчины обнаружены в начале молочно-восковой спелости зерна. Определение сырой массы колосьев в период молочной спелости зерна показало, что она значительно выше на делянках, где посевы были обработаны фунгицидами. На фоне протравливания семян пшеницы Иншур-перформом и Селес-топом в результате увеличения озерненность колоса и массы 1 000 зерен получена прибавка до 6,2-7,7 ц/га зерна при урожайности в контроле 40,2 ц/га.

Таким образом, обработка семян системными препаратами и посевов фунгицидами в период вегетации растений позволяет защитить яровую и озимую пшеницу от комплекса болезней с семенной, почвенной и воздушно-капельной инфекцией, минимизировать потери продукции. В зависимости от уровня урожая и степени развития болезней величина сохраненного зерна колеблется от 2-3 до 7-10 ц/га, затраты на применение химических средств окупа-

ются от 1,5-2 до 4-5 раз. При обработке посевов пшеницы в период колошения до уборки урожая проходит 30-40 суток, за это время фунгициды разлагаются полностью и токсикостатки их в зерне отсутствуют или присутствуют в минимальном количестве. На фоне применения органических и минеральных удобрений, химической прополки посевов сорняков заметно возрастает эффективность применения фунгицидов против болезней с воздушно-капельной инфекцией и её можно совмещать с инсектицидной – против личинок трипсов, тлей и других сосущих вредителей.

ГЛАВА III

© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Прогноз развития
наиболее опасных болезней**

ГЛАВА III

Прогноз развития наиболее опасных болезней

Краткий анализ проблемы. Заражение растений и развитие болезней зависят от взаимодействия трех факторов: возбудитель, растение-хозяин, окружающая среда. В этой связи А.А. Ячевский (1929) подчеркивал: «...рассматривая болезнь как следствие отклонения от нормальных физиологических функций, в одинаковой степени нужно учитывать, с одной стороны, первопричину этих отклонений, т.е. возбудителя болезни и его свойства, с другой – реакцию самого питающего растения».

Э. Гойман (1954) считает, что окружающая среда определяет паразитические взаимоотношения возбудителя болезни и растения-хозяина. Ее факторы оказывают влияние на жизнеспособность патогена, обуславливают прорастание инфекционных зачатков и внедрение их в ткань растений, предрасположенность последнего к болезни и ее течение.

Как указывает В.И. Долженко (2010) для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем с использованием принципов многоуровневой регуляции и биоценотического контроля необходимо разработать высокоточные и высокопроизводительные методы диагностики болезней, особенно, бактериальных и вирусных, системы фитосанитарного мониторинга, прогнозирование развития и распространения вредных организмов, создание сортов с групповой устойчивостью к комплексу болезней и биорациональных средств химической защиты растений.

Прогнозирование развития и вредоносности болезней является одним из основных элементов интегрированной защиты растений. Оно необходимо для определения возможных потерь урожая, экономической целесообразности и сроков проведения мероприятий. В последние годы для составления сезонного и многолетнего прогнозов развития болезней сельскохозяйственных культур широко применяются ЭВМ, различные математические модели, а также приборы, регистрирующие погодные условия. Основными компонентами многих прогнозирующих систем являются мониторинг болезней, создание информационного банка данных и их обработка, конкретные рекомендации по защите культур от вредных видов. Многолет-

ние территориальные прогнозы предложены для видов ржавчины, офиоблезной и гельминтоспориозной корневых гнилей, полосатой мозаики, карликовой и пыльной головни озимой и яровой пшеницы (Степанов, 1975; Чумаков, 1976; Минкевич, Захарова, 1987).

Проблема информатизации на основе широкого внедрения новых информационных технологий приобретает актуальное значение и в области защиты растений. Для принятия решений в экспертных системах необходимо иметь базу данных о гидрометеорологической и фенологической информации, применяемых препаратах и их эффективности. Статистические модели состоят из 5 этапов: на первом с помощью регрессионного анализа проводится предварительная обработка данных; на втором и третьем – разрабатываются логические и математические модели; на четвертом создается информационное и программное обеспечение; на пятом – проверяется адекватность разработанных моделей с фактической фитосанитарной обстановкой (Карташевич с соавт., 1990).

Система наблюдений является составной частью любой модели. Для сбора информации в США существует национальная компьютерная программа наблюдений за вредными организмами в 44 штатах страны. Во Франции региональные службы защиты растений во всех зонах страны имеют сеть биологических, фенологических и метеорологических наблюдений. Создана система Star, оповещающая фермеров о сроках обработки посевов зерновых культур против болезней. В ФРГ разработана модель негативного прогноза септориоза, которая позволяет за 20 дней до колошения растений предсказывать предполагаемое развитие болезни и выдает рекомендации по защите посевов пшеницы. Аналогичные модели имеются в Нидерландах по корневой гнили, мучнистой росе, желтой и бурой ржавчине пшеницы (Егураздова, 1988).

В Российской Федерации разработаны прогностические модели развития и вредоносности септориоза и бурой ржавчины в зависимости от интенсивности поражения посевов пшеницы и длительностью взаимодействия растения-хозяина с патогеном, восприимчивости сорта и агрометеорологических факторов. Для количественной ха-

рактические динамики болезней предложено использовать уравнение Вен дер Планка (Стрижекозин, Пыжикова, 2001). Установлено, что имеется высокая связь между концентрацией инфекционных частиц над посевами, а из метеорологических факторов – с длительностью влажного периода и пораженностью пшеницы стеблевой ржавчиной. Рекомендуются применением спороулавливающих приборов фиксировать время появления урединиоспор патогена в качестве начала первичного заражения растений (Каширкин с соавт., 1988).

Метеопатологическим методом, т.е. на основе анализа зависимости развития бурой ржавчины на озимой пшенице от погодных условий был разработан долгосрочный прогноз болезни для Краснодарского края. На основе многолетних исследований учеными Всесоюзного НИИ фитопатологии (ВНИИФ) предложены основные критерии для предварительного и краткосрочного прогноза стеблевой и желтой ржавчины пшеницы, составлены номограммы для определения возможных потерь урожая в зависимости от сроков их проявления и степени развития (Степанов, 1975; Чумаков, 1976; Минкевич, Захарова, 1987). Также выявлены основные факторы погоды, влияющие на степень развития септориоза озимой пшеницы в Европейской части бывшего Советского Союза, сильное развитие которого отмечается при среднесуточной температуре 14-17°C и количестве дней с осадками более 17 (Пыжикова, 1985; Санин, Пыжикова, 1990).

Как подчеркнуто в резолюции Всероссийского Съезда по защите растений (1996), большинство исследований в этой области не может быть успешно завершено без использования методов статистического анализа и моделирования. Это, прежде всего, касается фитосанитарного мониторинга, оптимизации комплексных систем защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов.

А.М. Малько с соавторами (2010) считают, что географическая информационная система (ГИС) позволяет осуществлять сбор, хранение, анализ, данных по мониторингу и моделировать развитие болезней. Основными преимуществами ГИС технологии является визуализация данных фитосанитарного мониторинга, высокая точность определения зараженных болезнями площадей, оптимизация на этой основе защитных мероприятий.

В.В. Чекмарев (2014) предлагает универсальную формулу для прогноза видов ржавчины на посевах озимой пшеницы и ржи, яровой пшеницы и овса:

$$X = B \geq 40\% / 15^{\circ}\text{C},$$

где: $B \geq 40\%$ сумма относительной влажности воздуха, $\geq 15^{\circ}\text{C}$ – сумма температур за определенный период.

Корреляционная связь между развитием болезни и суммарным значением указанных метеопоказателей была достаточно высокой ($r=0,845-0,953$).

В качестве нового подхода мониторинга болезней зерновых культур с аэрогенной инфекцией предлагается определять распределение спор грибов в воздушных потоках, где они концентрируются и способствуют интенсивному заsporению их посевов с учетом осевого вращения земли. Количество спор определяется с помощью инжекторных спороловушек, или специальных приборов, устанавливаемых на автомобилях или под фюзеляжем самолетов (Богданова с соавт., 2010).

О.Э. Медянец (2014) считает, что в Краснодарском крае время весеннего возобновления вегетации озимой пшеницы зависит от солнечной активности, предлагает использовать её для прогноза развития ржавчины и отказаться от многих метеорологических показателей, в частности, количества осадков в период её вегетации. Проанализировав динамику развития ржавчины в период 1949-1970 гг. он установил, что в годы сильной солнечной активности были только 2 эпифитотии, высокая пораженность пшеницы происходит при возобновления её вегетации в оптимальный срок при слабой и средней солнечной активности. Поскольку дата возобновления вегетации пшеницы и солнечная активность известны рано весной, то по этим показателям заблаговременно можно составлять долгосрочные и фенологические прогнозы.

В.А. Захаренко, А.С. Васютин (2014) указывают, что уровень проявления фитосанитарного риска характеризуется комплексом показателей: площадями распространения вредных организмов, снижением урожая и валовых сборов продукции. В Российской Федерации к числу опасных болезней колосовых зерновых культур относятся виды головни, мучнистая роса, бурая и желтая ржавчины, пиренофороз, или желтая пятнистость, септориозы, фузариоз колоса и вирусные болезни.

3.1 Прогноз бурой ржавчины и септориоза яровой пшеницы

Краткий анализ проблемы. К наиболее опасным болезням пшеницы в Казахстане относятся три вида ржавчины и септориозные пятнистости, при эпифитотийном их развитии происходит снижение урожая до 20-30% и более. Для районирования территории республики по угрозе и частоте эпифитотии болезней важное значение имеет анализ многолетней их динамики по регионам, выявление основных факторов погоды, которые благоприятны или сдерживают их развитие.

В Казахстане начиная с 1965 года проводился постоянный мониторинг за распространением и развитием болезней пшеницы, когда на севере республики – основной зоне производства товарного зерна, произошла сильная эпифитотия стеблевой ржавчины и огромные потери урожая. Она повторилась в 1967 г. совместно с бурой ржавчиной, охватывая огромные территории республики, снизив урожай коммерческих сортов до 30-50% и более.

На протяжении многих лет мониторинг за распространением и развитием видов ржавчины и септориоза пшеницы в Казахстане осуществляли сотрудники Среднеазиатского НИИ фитопатологии (САНИИФ, Узбекистан) и Научно-исследовательского сельскохозяйственного института (НИСХИ, Казахстан). Результаты исследований этих учреждений опубликованы в сборниках для служебного пользования (ДСП), и отсутствует полная информация об особенностях сезонной и многолетней динамики их развития в различных регионах республики.

Анализ данных областных станций защиты растений за 1970-1995 гг. показал, что пораженные стеблевой ржавчиной площади посевов пшеницы не превышали 1,2-5,9%, в т. ч. в средней и сильной степени – 0,03-0,3%. За 20 лет стационарных исследований в северном регионе, в т. ч. в 1981-1985 гг. в Торгайской, в 1986-1990 гг. – Северо-Казахстанской, 1991-2000 гг. – Костанайской, в 1996-2005 гг. – в Акмолинской областях только 5 раз (в 1990, 1991, 1993, 1999 и 2000 гг.) на яровой пшенице происходило позднее проявление и слабое развитие стеблевой ржавчины. В 1993 и 2000 гг., несмотря на широкое ее распространение (90-100%) на озимой в Костанайской области и раннее заражение яровой пшеницы (в начале налива зерна), пораженность её к восковой спелости не превышала 10-25%, листовой ржавчиной достигала 75-100% (Койшыбаев, 2010; 2012).

Согласно данным В.П. Турапина и В.А. Мостового (1995), проводивших более 20 лет исследования в Северном Казахстане, в период 1967-1992 гг. зарегистрировано только две эпифитотии стеблевой ржавчины. Они сделали попытку определить связь развития бурой ржавчины от погодных условий вегетационного периода яровой пшеницы. Методом парного корреляционного анализа установлена зависимость её проявления от погодных условий, в частности среднесуточной температуры, суммы осадков и количества дней с росой в июле. Однако полученные при этом результаты оказались противоречивыми, что, возможно, связано с недостаточной корректностью данных. Так, в Костанайской области обнаружена слабая корреляция проявления болезни от количества дней с осадками >1 мм ($r=0,34$), умеренная – с влажностью воздуха ($r=0,55$) в третьей декаде июня и экстремальными значениями температур – максимальной ($r=0,56$) и минимальной ($r=0,40$). Выявлена хорошая зависимость развития болезни от метеофакторов первой декады ($r=0,68$), удовлетворительная ($0,45-0,42$) – второй и третьей декады июля. Указано, что эпифитотии ржавчинных болезней наблюдаются в годы с количеством осадков выше нормы на 20% и более, и этот показатель может быть использован для прогнозирования потенциальных периодов заражения и уровня их развития в конце вегетации. В то же время авторы пишут: «... не представляется возможным построить прогностическое уравнение, позволяющее заблаговременно предсказать конечную пораженность посевов пшеницы бурой ржавчиной». Предложена номограмма для определения потерь урожая озимой пшеницы от бурой ржавчины в зависимости от сроков ее проявления для Западного Казахстана.

В начале 90-х годов в Научно-исследовательском сельскохозяйственном институте (НИСХИ) разрабатывали для Северного Казахстана краткосрочный прогноз развития бурой ржавчины яровой пшеницы. Использовались следующие параметры погоды: количество осадков в октябре прошедшего года, сумма осадков в январе и феврале текущего года и суммарное их количество в июне. Как известно, эти параметры были предложены К.М. Степановым (1975) в качестве прогностических предикторов развития бурой ржавчины на озимой пшенице для европейской части России, где возбудитель перезимовывает в виде урединиомицелий на её всходах. Сумма осенних и высота зимних осадков не могут служить предикторами прогностических моделей развития этой болезни в Северном Казахстане, т.к. на яровой пшенице заболевание, как правило, развивается в период колошения-налива зерна, т.е. в июле-августе, в резуль-

тате заноса инфекции воздушными потоками. Предложено позже прогнозировать развитие болезни на основе погодных условий весны. Однако в природе в это время еще отсутствует растение-хозяин – яровая пшеница, не установлена её взаимосвязь с патогеном, всходы появляются в первой декаде июня. Следовательно, погодные условия весеннего периода не могут служить прогностическими предикторами развития бурой ржавчины в этом регионе.

Как указывают Г.В. Пыжикова и А.А. Санина (1985), в европейской части Российской Федерации сильное развитие септориоза наблюдается при среднесуточной температуре 14-17°C и количестве дней с осадками 17 и более в период стеблевания-налива зерна. Заражение растений патогеном возможно при наличии капельно-жидкой влаги не менее 8 часов, оптимальной температуре (20-22°C) и очень высокой влажности воздуха в течение нескольких дней. Прогностические модели развития болезни еще до конца не разработаны. М.Н. Васецкая и С.Н. Чигирев (1987) разрабатывали краткосрочный прогноз септориоза на яровой пшенице для Северного Казахстана, Западной Сибири и Алтайского края. Они пришли к выводу, что эпифитотийное развитие болезни в Казахстане отмечается при таких же условиях погоды, как и в европейской части России.

Исследования в Западной Сибири показали, что распространение и развитие листо-стеблевых инфекций определяется гидротермическими условиями первой половины вегетационного периода пшеницы. При ГТК 1,2 и более в июне и первых 2-х декадах июля можно ожидать с вероятностью 67-72% распространение бурой ржавчины до 75%. Септориоз отрицательно реагировал на ГТК, положительно на повышение температурного режима (Торопова, Чулкина, 2009).

3.1.1 Зависимость распространения и развития от погодных условий

В северном регионе Казахстана листовая ржавчина более широко распространена и вредоносна на яровой пшенице, чем стеблевая. Первое заболевание имеет широкий ареал, проявляется чаще, развивается более интенсивно, чем второе. Ретроспективный анализ многолетней динамики болезней пшеницы с воздушно-капельной инфекцией в период 1970-1990 гг. показал, что их распространение и развитие заметно варьирует в зависимости от региона и условий года. Бурая ржавчина распространена в республике повсеместно, но проявлялась чаще и развивалась сильнее в северном

и восточном, реже и в слабой степени – в центральном, южном, юго-восточном и западном регионах.

В северном Казахстане бурая ржавчина встречалась ежегодно от 3,9 до 60,7% обследованных площадей или от 400-500 тыс. до 4-5 млн. га. Зараженные ею в средней и сильной степени, где потери урожая могли быть существенными и подлежащие к обработке фунгицидами площади, колебались от 2-4 до 15-17%, или от 200-400 тыс. до 1,5-1,7 млн. га. В период 1974-2002 гг. заметное развитие этой болезни в Западно-Казахстанской области происходило 10 раз – в 1974, 1976, 1979, 1983, 1985, 1990, 1993, 1994, 2001 и 2002 гг. и в основном совпадало с ее проявлением в северном регионе. Однако, в 1977 и 1980, 1981, 1999 и 2000 гг. при отсутствии или слабом проявлении бурой ржавчины в западном регионе, в Костанайской области заболевание развивалось умеренно или в сильной степени (Койшыбаев, 2007; 2010; 2012).

Наши многолетние наблюдения показали, что яровая пшеница одновременно поражается септориозом и бурой ржавчиной с доминированием той или иной болезни в зависимости от погодных условий. Обычно в дождливые, с прохладным летом годы преобладает первое заболевание, теплым – второе. Для определения прогностических их предикторов проводили парный корреляционный анализ многолетних показателей распространения болезней или относительно пораженной площади (в %) с погодными условиями вегетационного периода, в частности, сумма осадков, относительная влажность воздуха, среднесуточная температура и другие показатели. Статистической обработке подвергались данные за 1972-1996 гг. станций защиты растений Костанайской, Акмолинской, Северо-Казахстанской, Торгайской и Кокшетауской областей. Определены коэффициенты корреляции многолетней динамики распространения, т.е. пораженной бурой ржавчиной площади посевов в зависимости от погодных условий [табл. 75].

Таблица 75. Коэффициент корреляционной зависимости многолетней динамики распространения бурой ржавчины от погодных условий

Месяцы	Среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	Число дней с осадками, > 1 мм	Относительная влажность воздуха, %	Дефицит насыщения воздуха м/бар	Число дней с влажностью, < 30%
Май	– 0,06	0,25	–	–	–	–
Июнь	– 0,09	0,89	0,14	0,21	–	–
Июль	– 0,26	0,39	0,56	0,57	– 0,11	– 0,53
Август	– 0,13	0,93	0,24	0,49	– 0,38	– 0,45

Установлено, что в северном регионе индекс пораженной ржавчиной площади тесно коррелирует с суммой осадков летнего периода ($r=0,76-0,96$), относительной влажностью воздуха в июле-августе ($r=0,49-0,57$) и числом дней с осадками > 1 мм в июле ($r=0,51-0,56$). Выявлена отрицательная зависимость анализируемого показателя числом дней с влажностью $>30\%$ и дефицитом насыщения воздуха ($r= -0,46-0,53$). Температура существенно не влияла на распространение заболевания, т.е. не является детерминирующим фактором.

По Северо-Казахстанской области выявлена достаточно высокая связь ($r=0,77$) между пораженной бурой ржавчиной площадью с суммой осадков в июле-августе, Кокшетауской – относительной влажностью воздуха в июле и количеством дней с осадками >1 мм ($r=0,44$) в июле.

По септориозу корреляционно-регрессионному анализу подвергались данные за 1986-1997 гг. по Костанайской, Акмолинской и Северо-Казахстанской областям. Между индексами распространения септориоза и суммарным количеством осадков в июне и июле ($r=0,77-0,94$), гидротермическим коэффициентом в июле выявлена тесная положительная зависимость; они могут быть предикторами прогностических моделей. Особенно высокие индексы корреляции для указанных элементов погоды выявлены по Костанайской области ($r=0,71-0,96$), Северо-Казахстанской – между индексами пораженной площади и превышением осадков многолетней нормы в июне ($r=0,81$). Высокая отрицательная связь ($r= -0,89-0,90$) выявлена между среднесуточной температурой и распространением болезни, дефицитом насыщения воздуха и числом дней с влажностью $<30\%$ в июле [табл. 76].

Умеренное и эпифитотийное развитие бурой ржавчины на яровой пшенице происходит в те годы, когда в июне-июле выпадает не менее 100-120 мм осадков, относительная влажность воздуха повышается до 65-70% и более, гидротермический коэффициент не ниже 0,9-1,1. На развитие септориоза, наряду с указанными факторами, влияют среднесуточная температура воздуха в июле и число дней с осадками в июне-июле. Заболевание наиболее интенсивно развивается в годы с более прохладным и влажным летом при среднесуточной температуре воздуха в июне-июле ниже многолетней нормы на 2-3°C, количестве дней с осадками >1 мм – 15-20. Депрессия или слабое его развитие происходит при высоте осадков за указанный

Таблица 76. Индексы корреляционной зависимости распространения септориоза от погодных условий в Северном Казахстане

Месяцы	Среднесуточная температура, °С	Сумма осадков, мм	Число дней с осадками > 1 мм	Относительная влажность воздуха, %	Дефицит насыщения, м/бар	Число дней с влажностью < 30%
Костанайская обл.						
Июнь	– 0,16	0,45	0,61	0,50	–	–
Июль	– 0,57	0,71	0,96	0,94	– 0,89	– 0,90
Август	– 0,27	– 0,02	0,11	0,75	– 0,73	– 0,74
Северо-Казахстанская обл.						
Июнь	– 0,11	0,28	– 0,17	0,29	–	–
Июль	– 0,35	0,46	0,57	0,12	– 0,48	– 0,32
Акмолинская обл.						
Июнь	– 0,19	0,03	0,03	0,08	– 0,14	–
Июль	– 0,11	0,10	0,49	0,27	– 0,40	– 0,32
Август	– 0,10	0,41	0,60	0,35	– 0,51	0,0
По северному региону						
Июнь	– 0,13	0,29	0,07	0,36	– 0,04	–
Июль	– 0,26	0,54	0,75	0,76	– 0,56	– 0,79
Август	– 0,15	0,03	0,10	0,44	– 0,32	– 0,28

период менее 50-60 мм, относительной влажности воздуха ниже 50-55%, среднесуточной температуре >19-22°C и количестве дней с осадками >1 мм не более 5-7.

Таким образом, многолетними исследованиями в Северном Казахстане – основной зоне производства товарного зерна, установлено, что распространение бурой ржавчины и септориоза зависит от количества осадков в июне и июле, относительной влажности воздуха, числа дней с осадками в июле; они могут служить предикторами прогностических моделей их развития.

3.1.2 Математические модели прогноза развития бурой ржавчины и септориоза

На основе статистической обработки данных исследований, проведенных в лесостепной зоне Северо-Казахстанской (1986-1990 гг.), степной Костанайской (1991-2000 гг.) и Акмолинской (1996-2001 гг.) областях, определена зависимость степени или интенсивности развития бурой ржавчины и септориоза от погодных условий. За анализируемый период умеренное (20-40%) и сильное (50-100%) разви-

тие бурой ржавчины происходило 8 раз, септориоза – 5, в основном, в годы с более высоким значением гидротермического коэффициента (0,9-1,5), относительной влажности воздуха (более 65-70%) и суммарным количеством осадков в июне и июле 110-140 мм, т.е. выше многолетних параметров в 1,2-1,5 раза. Корреляционный анализ показал на отсутствие связи развития болезни от среднесуточной температуры воздуха, оно больше зависело от относительной влажности воздуха в июне и июле ($r=0,74\pm0,21$), количества дней с осадками > 1 мм ($r=0,66\pm0,25$); между последним показателем и развитием септориоза на яровой пшенице выявлена высокая ($r=0,91$) зависимость. В отдельные годы заметное развитие бурой ржавчины происходило при минимальном количестве осадков в июле, но при выпадении их больше многолетней нормы в июне [рис. 29].

Инфекция возбудителей септориоза присутствует постоянно, сохраняется на стерневых остатках пшеницы, из созревших пикнид споры распространяются воздушными потоками и каплями дождя.

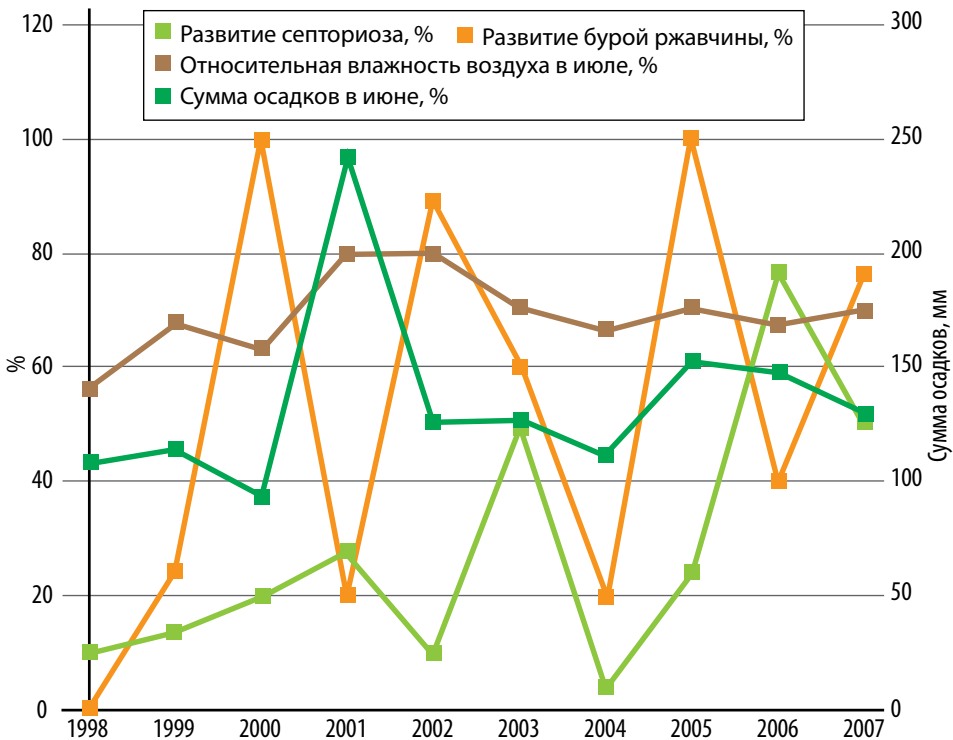


Рисунок 29. Зависимость развития бурой ржавчины и септориоза в северном регионе от погодных условий вегетационного периода яровой пшеницы

Все коммерческие сорта мягкой пшеницы очень восприимчивы к этой болезни, в связи с этим при благоприятных условиях погоды заболевание развивается в умеренной и сильной степени. Ретроспективный анализ распространения или площадей пшеницы, пораженных септориозом в последние 19 лет, показал, что теоретически вычисленные его показатели по уравнению, где предикторами являются сумма осадков в июле ($Y=2,3X+28,1$) и относительная влажность воздуха ($Y=0,91X-10,3$) совпадали с фактическими данными в 18 случаях из 19.

Путем регрессионного анализа распространение и развитие болезней в зависимости от индексов погоды определены прогностические модели бурой ржавчины и септориоза для северного региона республики, учитывающие взаимодействие комплекса факторов, которое заметно повышает их точность [табл. 77].

Анализ распространения бурой ржавчины или фактически пораженной ею площади пшеницы за 1972-2000 гг. показал, что 7 раз: в 1975, 1981, 1988, 1989, 1991, 1996 и 1998 гг. оно было минимальное, т.е. ниже 10-15%, 14 раз – умеренное (до 20-30%), 7 раз – сильное (40-50% и более). При вычислении указанных индексов по уравнению регрессии $Y=1,37X-61,3$, где предиктор является относительная влажность воздуха совпало в 22 случаях из 29; по уравнению $Y=0,24X+15,2$, с предиктором сумма осадков в июне, точность прогностической модели составляла более 50% [табл. 78]. Некоторое несоответствие теоретических данных с фактическими связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, данные о пораженной площади не всегда корректны; во-вторых, в отдельные годы из-за отсутствия или позднего заноса инфекции на пшенице бурая ржавчина развивается в слабой степени, или не проявляется, несмотря на благоприятные погодные условия. Так, в 1999 г. в Костанайской, Северо-Казахстанской областях из-за позднего заноса инфекции единичные её пустулы обнаружены в начале третьей декады июля, в Акмолинской области в первой декаде августа в начале налива – молочной спелости зерна, пораженность листьев пшеницы не превышала 10-25%, несмотря на обилие осадков и рос в июле. Далее определяли репрезентативность прогностических моделей распространения и развития бурой ржавчины, разработанных на основе корреляционно-регрессионного анализа. Теоретические их показатели, вычисленные по формуле $Y=0,83X-2,8$, где предиктором служила сумма осадков в июне, совпадали с фактическими данными в 23 случаях из 29 [табл. 78].

Таблица 77. Коэффициент корреляции и прогностические модели развития бурой ржавчины и септориоза

Факторы погоды	Месяцы	Бурая ржавчина		Септориоз	
		коэффициент корреляции	уравнение	коэффициент корреляции	уравнение
Северо-западный регион					
Сумма осадков, мм	июнь-июль	r=0,23	–	r=0,96±0,07	Y=0,21X+12,5
Число дней с осадками > 1 мм	июнь	r=0,93±0,14	Y=10,75X–38,4	r=0,10	–
То же	июль	r=0,63±0,29	Y=4,51X+4,6	r=0,72±0,31	Y=4,62X+2,6
Относительная влажность воздуха, %	июнь	r=0,72±0,21	Y=2,73X–124	r=0,33	–
То же	июль	r=0,69±0,21	Y=0,27X–105,0	r=0,53±0,23	Y=1,65X–65,1
Гидротермический коэффициент	«–	r=0,57±0,23	Y=31,4X–5,3	r=0,35±0,27	–
Северный регион					
Сумма осадков, мм	июнь	r=0,52±0,20	Y=0,83X–2,8	r=0,85±0,12	Y=0,19X+19,3
Относительная влажность воздуха, %	июнь-июль	r=0,52±0,25	Y=1,7X–82,6	r=0,62±0,19	Y=2,36X–117,4
Число дней с осадками > 1мм	июль	r=0,47±0,21	Y=3,11X–1,3	r=0,69±0,21	Y=4,25X–1,5
То же	июнь-июль	r=0,71±0,31	Y=4,02X–29,3	r=0,66±0,23	Y=3,09X–14,0
Гидротермический коэффициент	то же	r=0,97±0,07	Y=10,5X+17	r=0,45±0,34	Y=13,4X+20,9
Восточный регион					
Число дней с осадками > 1 мм	июнь-июль	r=0,54±0,34	Y=3,92X–4,6	r=0,50±0,35	Y=1,01X+16,8
То же	август	r=0,57±0,33	Y=4,58X+5,8	r=0,60±0,32	–
Гидротермический коэффициент	июль	–	–	r=0,92±0,16	Y=5,87X+16,8

Таблица 78. Репрезентативность прогностических моделей распространения и развития бурой ржавчины в Северном Казахстане

Годы	Индексы погоды			Индексы болезни, %						Уровень развития болезни **	
				распространение			развитие				
	осадки		влажность воздуха в июле, %	фактическое	теоретическое по уравнениям		фактическое	теоретическое по уравнениям		фактическое	теоретическое
					сумма осадков в июне и июле У=0,24Х+15,2	влажность воздуха в июле У=1,37Х-61,3		сумма осадков в июне У=0,83Х-2,8	влажность воздуха в июле У=2,2Х-10,5		
1972	42	36	67	14,9	30,1*	30,5*	10-25	27,1*	42,4	ум	ум
1973	45	36	63	14,7	21,0*	25,0*	35-40	34,6*	33,6*	ум	ум
1974	15	38	54	50,1	19,9	12,7	50-75	9,6	13,8	эф	ум
1975	14	44	49	2,0	18,9	5,8*	1-5	9,1*	13,8*	сл	сл
1976	55	81	69	37,5	28,8*	33,2*	10-25	43,9	2,8	эф	эф
1977	40	59	63	26,7	25,2*	25,0*	25-50	31,2*	46,8*	эф	эф
1978	53	47	65	21,2	28,3*	27,8*	25-50	42,2*	33,6*	ум	э/у
1979	98	65	72	33,9	39,1*	37,3*	25-50	80,5*	38,0*	эф	эф
1980	50	37	60	28,4	27,6*	20,9*	10-25	39,7*	53,4	эф	э/у*
1981	35	42	60	11,7	24,0*	20,9*	10-25	27,1*	27,0*	ум	ум*
1982	31	43	57	15,0	28,8*	16,7*	5-10	23,4	27,0	ум	ум*
1983	20	31	61	22,7	20,4*	22,2*	10-25	14,3*	20,4*	ум	ум*
1984	37	34	57	13,7	24,5*	16,8*	1-5	28,7	29,2	ум	ум*
1985	35	54	66	25,8	24,0*	29,1*	5-10	26,9	20,9	ум	у/с*
1986	38	64	66	36,7	24,7*	29,1*	5-10	29,5	40,2	эф	у/с*
1987	20	63	65	21,0	20,4*	27,8*	1-5	14,2*	40,2	ум	у/с*
1988	6	98	64	4,8	17,0	26,4	5-10	2,3*	38,0	сл	э*
1989	26	34	50	5,7	21,8	7,2*	5-10	19,3*	39,8	сл	сл*
1990	41	128	74	42,9	25,4*	40,1*	25-50	39,1*	5,0	эф	э*
1991	26	34	58	11,8	21,8*	18,2*	10-15	19,3*	57,8	ум	ум*
1992	89	111	69	43,8	36,9*	33,2*	25-50	72,8*	92,0	эф	э*
1993	55	116	72	71,9	28,8	37,3	50-75	43,9*	46,8*	эф	э*
1994	55	116	72	71,9	28,8	37,3	50-75	43,9*	53,9*	эф	э*
1995	14	145	76	32,9	18,9*	42,8	25-50	9,1	62,2*	эф	э*
1996	21	53	52	8,5	20,7	9,9*	1-5	15,1	9,4*	сл	сл*
1997	21	92	63	20,6	21,8*	25,0*	5-10	15,1*	33,6	ум	у/с*
1998	28	15	45	11,8	21,9*	0,5	1-5	21	6,0*	сл	сл*
1999	42	46	64	>50	25,3*	26,4*	25-50	32,9*	39,8*	ум	ум*
2000	60	31	63	>50	29,8*	25,0*	10-25	48,2*	33,6*	эф	у/с*

* фактическое распространение болезни совпадает с теоретической величиной с вероятностью 60% и более;

** – ум. – умеренное, сл. – слабое, э – эпифитотия, у/с – от умеренного до сильного

По септориозу проанализирована оправдываемость прогностической модели развития болезни, выражающаяся уравнением регрессии $Y=0,21X-12,5$, где предиктором является сумма осадков в июне, июле и относительная влажность воздуха в июле. Сравнение теоретических данных, полученных расчетным путем с фактически показало, что они совпадают в 17-18 случаях из анализированных 20, т.е. были высокими [табл. 79].

В период 2005-2010 гг. дополнительно проверяли оправдываемость прогностических моделей развития листовой ржавчины и

Таблица 79. Репрезентативность прогностических моделей распространения и развития септориоза в Северном Казахстане

Годы	Показатели погоды				Распространение, %			Развитие, %		
	влажность воздуха в июле, %	число дней с осадками > 1мм в июне, июле	сумма осадков, мм		фактическое	теоретическое		фактическое	теоретическое	
			июнь	июль		сумма осадков в июле $Y=2,3X+28,1$	влажность воздуха $Y=0,91X-10,3$		сумма осадков июне, июле $Y=0,21X+12,5$	влажность воздуха $Y=1,65X-65,1$
1981	60	12	35	42	46,7	39,6*	44,3*	10-25	12,5*	33,9
1982	57	14	31	43	41,7	46,5*	41,6*	5-10	28,7	28,7
1983	61	11	20	31	54,1	44,2*	45,2*	25-50	27,8*	35,3*
1984	57	16	37	15	31,9	48,8*	41,6*	25-50	23,2*	28,9*
1985	66	17	35	54	50,4	51,1*	49,8*	25-50	23,4*	43,8*
1986	66	17	38	64	46,8	48,8*	49,8*	50-75	30,9*	43,8*
1987	65	17	20	63	45,2	44,2*	48,9*	10-25	33,9*	42,1
1988	65	13	7	98	43,8	–	48,9*	10-25	29,9*	42,1
1989	50	8	26	15	22,6	44,2	35,2*	5-10	34,6	17,4
1990	74	18	41	128	50,2	30,9*	57,0*	25-50	21,1*	57,0*
1991	58	10	26	34	48,5	55,8*	42,5*	5-10	47,9	30,6
1992	69	–	89	111	54,9	42,0*	52,5*	25-50	25,1*	48,8*
1993	72	20	55	116	66,6	–	52,2*	25-50	54,5*	53,7*
1994	76	19	14	145	57,9	40,4*	58,9*	50-75	48,4*	60,3*
1995	52	–	21	53	44,2	65,0*	37,0*	5-10	45,9	20,7
1996	60	9	60	60	44,6	35,1*	44,3*	25-50	28,0*	33,0*
1997	54	5	21	47	38,2	30,4*	38,8*	5-10	37,7	24,0
1998	49	9	28	15	36,0	40,0*	34,3*	5-10	30,9	17,8*
1999	66	15	42	46	50	37,4*	–	10-25	30,6*	43,8
2000	63	12	60	35	25	37,4*	–	25-50	32,5*	38,9*

септориоза в зависимости от погодных условий вегетационного периода пшеницы. В 2005 г. в степной зоне Акмолинской и Северо-Казахстанской областей в связи с благоприятными условиями погоды на пшенице происходило сильное развитие септориоза. В начале налива зерна пораженность листьев нижнего яруса достигала 50-75%, среднего – 10-25%, верхнего – 5-10%. В отдельных случаях наблюдалось проявление болезни на колосковых пленках и междоузлиях стебля. В 2006 г. в Акмолинской области в июле выпало 31 мм осадков, влажность воздуха варьировала от 61 до 75%, с 4 по 12 июля среднесуточная температура не превышала 13,5-16,2°C. В первой половине августа преобладала пасмурная погода с низкой среднесуточной температурой (от 8,3 до 17,1°C), выпало 35 мм осадков, влажность воздуха колебалась от 57 до 86%. В связи с такими благоприятными условиями погоды септориоз, вызываемый *S. tritici* развивался на яровой пшенице до эпифитотийного уровня. В горно-сопочной зоне на стерневых фонах пораженность листьев достигала 50-100%, среднего яруса – до 25-50%, верхнего – 10-25%. В степной зоне Костанайской области в 3-декаде июля и августе на яровой пшенице происходило сильное поражение посевов септориозом. Развитие листовой ржавчины сдерживалось из-за прохладного лета, в 3-декаде июля и в первых двух декадах августа температура днем не превышала 18-22°C, ночью снижалась до 6-8°C, т.е. была ниже многолетнего уровня на 3-5°C. В результате увеличивался инкубационный период болезни и снижалась споруляция и распространение патогена.

В 2007 г. в северном регионе единичные пустулы бурой ржавчины на листьях пшеницы обнаружены в начале 2-декады июля. На ранних сроках её посева распространение болезни не превышало 5-10%, пораженность листьев – 1%. Вторая половина июля и 1-декада августа были благоприятными для её распространения и развития.. Часто выпадали ливневые осадки, на большинстве территории более месячной нормы, относительная влажность воздуха была высокой, на посевах росы держались до 10-11 часов утра. В результате в степной и горно-сопочной зонах Северо-Казахстанской и Акмолинской областей происходило эпифитотийное развитие бурой ржавчины, листья были поражены ею до 50-100%. В 2008 г. несмотря на благоприятные погодные условия, из-за отсутствия заноса ин-

фекции она проявилась очень поздно – в начале 1 декады августа, в основном развивалась на поздних сроках посева и позднеспелых сортах, к молочной молочно-восковой спелости до 10-25%. В 2009 и 2010 гг. из-за засушливых условий погоды в июне и июле, сопровождавшейся высокой температурой листовая ржавчина не проявилась в Костанайской и Северо-Казахстанской областях.

Таким образом, степень пораженности пшеницы бурой ржавчиной и септориозом зависит от суммы осадков, выпадаемых в июне, июле и в первой декаде августа, числа дней с осадками >1 мм, относительной влажности воздуха, гидротермического режима. Более сильное развитие болезней происходит в годы с частыми дождями, когда капельно жидкая влага (роса) дольше держится на поверхности листьев. При ливневых кратковременных осадках и высокой температуре воздуха наблюдается слабое их проявление из-за низкой относительной его влажности и отсутствия рос. В отдельные годы, несмотря на благоприятные погодные условия, бурая ржавчина на яровой пшенице проявляется поздно и развивается в слабой степени, что связано отсутствием или низкой плотностью спор патогена в приземном слое воздуха.

3.1.3 Прогноз бурой ржавчины и септориоза по качественным характеристикам погоды

При разработке долгосрочного прогноза развития болезней, как правило используются неравнозначные категории цифровых индексов: точные данные о погоде, полученные с помощью приборов, и показатели о развитии болезней, определяемые визуально. Для того, чтобы предикторы и предиктанты были представлены сравнимыми данными, И. И. Минкевич и Т. И. Захарова (1987) предложили использовать качественные характеристики погоды и индексов болезней.

Перед нами ставилась цель проверить возможность использования указанной методики для разработки долгосрочного прогноза развития бурой ржавчины и септориоза в северном регионе Казахстана. При этом были несколько модифицированы качественные характеристики индексов болезней и погодных условий, которые выражались в баллах.

Индексы болезней:

- 0 – депрессия или слабое распространение и развитие (до 10%);
- 1 – умеренное распространение и развитие (до 25%).
- 2 – сильное распространение и развитие (до 50%);
- 3 – очень сильное распространение и развитие болезни (до 75-100%).

Принимая во внимание, что такие показатели погоды, как среднесуточная температура и относительная влажность воздуха, варьируют по годам незначительно, качественные их характеристики оценивали по следующим градациям:

- 0,1 – отклонение от средне многолетних показателей в пределах 0,95-1,05;
- +1 – превышение многолетних параметров до 10-15%;
- +2 – то же до 20-25%;
- +3 – то же до 30-40% и более;
- 1 – ниже многолетних параметров на 10-15%;
- 2 – то же на 20-30%;
- 3 – то же на 40 -50% и более.

В северном регионе республики количество осадков и дней с осадками >1мм, гидротермический коэффициент в сравнении с многолетними данными могут варьировать в 2-3 раза. В связи с этим для качественных характеристик использовались следующие баллы:

- 0 – расхождение от многолетних показателей в пределах +10%;
- +1 – превышение многолетних параметров на 20-25%;
- +2 – то же на 30-50%;
- +3 – то же более чем в 1,5-2 раза;
- 1 – ниже многолетних параметров на 10-20%;
- 2 – то же на 25-50%;
- 3 – то же, более чем в 1,5-2 раза.

Сравнительный анализ индексов проявления бурой ржавчины и погодных условий вегетационного периода пшеницы за 1972-2000 гг. показал, что умеренное (1 балл) и сильное (2 и 3 балла) ее

развитие происходит в годы, когда сумма осадков в июне-июле или в один из этих месяцев превышала многолетнюю норму от 20-25 до 50% и более. Так, в 1976, 1985, 1986, 1993, 1994, 1999 и 2000 гг. когда происходило эпифитотийное развитие болезни, высота осадков в первой половине лета была больше нормы в 1,5-2 раза (от +1 до 3 баллов), относительная влажность воздуха – от 10 до 20% (+1,2 балла), количество дней с осадками > 1 мм – от 15-20 до 40-50% (+1,2 балла). Только в одном случае (1973 г. наблюдалось умеренное развитие бурой ржавчины при более низком индексе суммы осадков (–1 и 2 балла) в июне и июле, но при значительном ее превышении в августе. В годы умеренного и сильного развития болезни этот показатель, как правило, превышал многолетнюю норму, гидротермический коэффициент июля был выше в 1,5-2 раза, и доля влияния этого предиктора составляла 75% [табл. 80].

Годы депрессии и слабого развития болезни, в частности 1972, 1975, 1978, 1981, 1982, 1984, 1988, 1989, 1991, 1996, 1998 гг., характеризовались засушливым летом: недобор осадков составлял от 10 до 50% и более (–1-3 балла), относительная влажность воздуха ниже средних показателей на 10-25%, гидротермический коэффициент не превышал 0,5-0,6 [табл. 81]. В 1987, 1988 гг. высота осадков в июле превышала многолетнюю норму более чем на 50% (3 балла), однако листовая ржавчина развивалась в слабой степени из-за засушливых условий погоды, низкой относительной влажности воздуха в июне. Аналогично было в годы, когда июль и август засушливые, несмотря на значительное количество осадков в июне.

Таким образом, использование качественных характеристик погоды и индексов болезней по методике И.И. Минкевича и Т.И. Захаровой (1987) значительно упрощает и повышает точность прогнозирования развития бурой ржавчины. Эпифитотии болезни наблюдаются в годы, с суммой осадков в июне и июле в 1,5-2 раза больше многолетней нормы (+2-3 балла), относительной влажности воздуха более 70-75% (+1-2 балла) и количестве дней с осадками > 1 мм – до 15-20 [табл. 81].

3.2 Прогноз развития желтой ржавчины на озимой пшенице

Многолетние наблюдения показали, что в предгорной зоне южного и юго-восточного регионов Казахстана заражение озимой пшеницы желтой ржавчиной с осени не происходит, так как имеется большой разрыв (2-3 месяца) между её уборкой и появлением

Таблица 80. Зависимость динамики развития бурой ржавчины от качественных характеристик погоды вегетационного периода пшеницы

Годы	Распространение болезни		Сравнительная характеристика погоды, балл										
	%	балл	сумма осадков			число дней с осадками >1мм		относительная влажность воздуха			ГТК		
			июнь	июль	август	июнь	июль	июнь	июль	август	июнь	июль	август
1972	10,1	0,1	+3	-1	-3	+3	+1*	+2*	+1*	-1	+1	0	-3
1973	32,7*	2	0	-3	+3*	+1*	-2	0	0	+1	-2	-3	+3*
1974	88,9*	3	-2	+2*	+3*	-1	+2	-1	0	+1*	-3	+2*	+3*
1975	0,4	0,1	-2	-2	-1	-3	-2	-1	-2	-2	-3	-3	-2
1976	34,6*	2	+3*	+3*	-3	-1	+2*	+1*	+1*	-1	+2*	+3*	-3
1977	23,1*	1	-3	+1*	+3*	-3	-1	-1	0	+1*	-3	+1*	+3*
1978	17,3	1	-2	-2	-3	+1	-1	+1	0	-1	-3	-2	-3
1979	28,9*	1	+3*	-2	-2	+3*	-2	+2*	+1*	-1	+3*	-2	-2
1980	19,1	1	+2	-3	0	+2	-1	+1	-1	+1	-1	-3	0
1981	6,9	0,1	-3	-2	-3	-1	-2	+1	-1	-1	-3	-2	-3
1982	8,1	0,1	+2	-2	-1	+2	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
1983	26,3*	1	+2*	+1*	-3*	-1	-2	+1*	0	-1	-1	-3	-
1984	5,5	0,1	-1	-3	+3	-1	-3	0	-1	0	-2	-3	+2
1985	38,5*	2	+1*	+1*	+1*	+1*	+1*	+1*	+1*	+1*	-2	+1*	+1*
1986	31,9*	2	-2	+2*	+2*	0	+1*	+1*	+1*	+1*	-2	+3*	+3*
1987	15,9	1	-2	+3	+3	-3	+2	-1	+1	+1	-3	+3*	+3*
1988	5,0	0,1	-3	+3	-1	-3	+2	-1	+1	0	-3	+3	-2
1989	1,1	0,1	-2	-3	0	-3	-3	-1	-1	0	-3	-3	0
1990	50,6*	3	+3*	+3*	-3	0	+3*	-1	+2*	+1*	+2*	+3*	-2
1991	11,9	0,1	-3	-3	+1	-3	-2	-1	-1	0	-3	-3	+1
1992	35,5*	2	+2*	+2*	+1*	-	-	+1*	+1*	+2*	-2	-2	-3
1993	67,9*	3	+2*	+3*	+1*	+3*	+2*	+2*	+2*	+1*	-1	+3	0
1994	50,6*	3	-2	+2*	0	0	+3*	+1*	+2*	+2*	-3	+3*	0
1995	0,4	0,1	-3	-3	+1	-	-	-1	-1	-1	-3	-3	+1
1996	10,5	0,1	-3	-2	-2	-	-	0,1	+1	+1	-3	-2	-1
1997	20,6	1	-3	+3*	+2*	-	-	-1	+2*	+1*		+3	-
1998	1-5	0,1	0*	-3	-1	-	-	-3	-1	-1	-3	-3	-
1999	25-50*	2	+3*	0,1	+3*	-	-	+1*	+2*	+2*	+2*	+1*	-
2000	>50	3	+3*	+3*	0,1	-	-	+1*	+2*	+1*	+2*	+3*	-
* – умеренное и сильное развитие болезни													

Таблица 81. Основные параметры погоды, определяющие развитие бурой ржавчины и септориоза на яровой пшенице

Показатели погоды	Слабое	Умеренное	Сильное
Сумма осадков от многолетней нормы, мм в июне и июле (%)	ниже на 25-50	±5-10	больше на +25-50
Относительная влажность воздуха в июле (%)	<50-55	56-60	61-67
Число дней с осадками >1 мм в июне и июле	5-7	8-12	13-20
Гидротермический коэффициент	0,3-0,5	0,6-0,8	0,9-1,5
Среднесуточная температура воздуха, °C	22-25	22-24	18-21

всходов. Только в горной зоне Алматинской области при уборке её урожая прошлого года появляются всходы текущего года посева и возможно их перезаражение. Анализировали зависимость развития болезни от температуры января, которая характеризуется наиболее низким её значением. По Южно-Казахстанской области выявлена слабая связь между этими показателями, аналогичные результаты получены по предгорной зоне Алматинской области и Кыргызстану (Койшыбаев, 2010, 2012).

В предгорной зоне южного и юго-восточного регионов Казахстана эпифитотийное развитие желтой ржавчины на озимой пшенице происходило в 2000 и 2002 г., когда в апреле-мае выпадали осадки в 1,5-3 раза больше многолетней нормы. В 2002 г. в Жамбылской области первые её признаки были обнаружены в 3-декаде апреля – в период стеблевания; в фазу флаг-листа восприимчивые сорта поражались болезнью на 25-50%, а в период колошения – до 75-100%. [рис. 30 и 31]. Урединии гриба развивались на колосковых пленках и проникали внутрь зерна, вызывая его щуплость; урожай, на необработанных фунгицидами полях снижался до 40-50% и более. Сильное развитие желтой ржавчины происходило в Чуйской области Кыргызской Республики. Сорта Интенсивная, Тилек и другие в фазу колошения были поражены ею в сильной степени (до 75-100%).

В 2003 г. в южном регионе республики в апреле сумма осадков была ниже многолетней нормы, в мае превышала почти в 3 раза. В предгорной зоне Алматинской области, количество их в 2-3 раза больше многолетнего уровня в указанных месяцах и в июне, несмотря на это, развитие желтой ржавчины на озимой пшенице было умеренное, что в основном обусловлено поздним заносом инфекции; пораженность сортов Стекловидная 24, Жетысу, Эритроспермум 350 не превышала 20-40%. В то же время на полях Кыргызского НИИ земледелия зерна

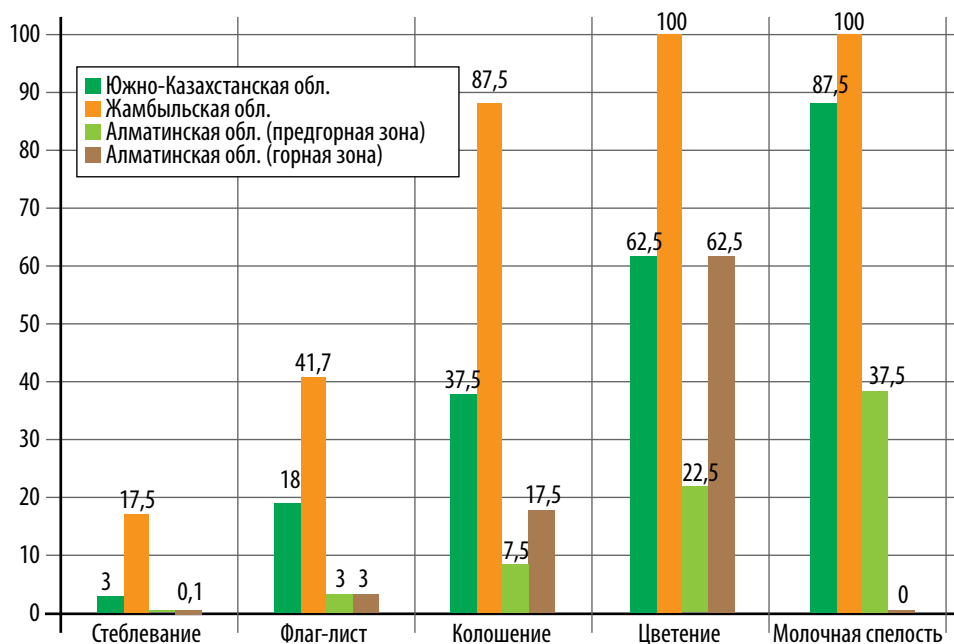


Рисунок 30. Динамика развития желтой ржавчины на озимой пшенице в южном и юго-восточном регионах Казахстана в 2002 году

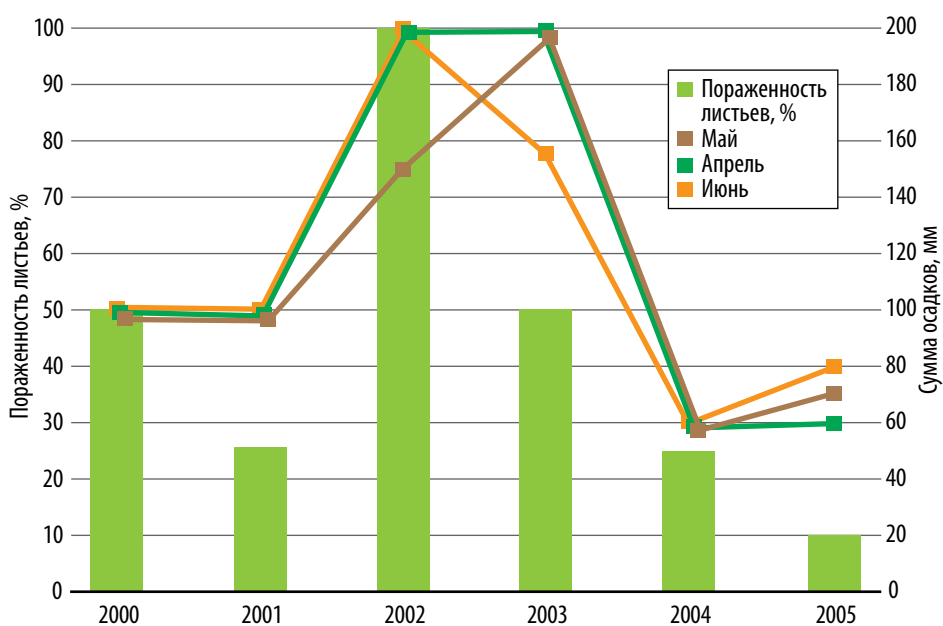


Рисунок 31. Динамика желтой ржавчины на озимой пшенице в предгорной зоне Алматинской области в зависимости от суммы осадков

многих сортов были поражены этой болезнью до 50-75%. В связи с особо благоприятными условиями погоды в южном и юго-восточном регионах Казахстана и Кыргызской республике на озимой пшенице происходило эпифитотийное развитие септориоза и желтой пятнистости; доминировало первое заболевание, происходило обильное формирование пикнидиального спороношения гриба *Septoria tritici*.

Вышеизложенные данные свидетельствуют о наличии определенной зависимости развития желтой ржавчины от погодных условий апреля и мая месяцев, когда происходит стеблевание, колошение и налив зерна озимой пшеницы [рис. 29]. В 2004 г. в Южно-Казахстанской области сумма осадков, выпавших в апреле и мае, была значительно ниже, в предгорной зоне Алматинской области около нормы. Из-за позднего заноса инфекции она обнаружена в начале первой декады июня – в период молочной спелости зерна и развивалась в слабой степени. Аналогичное происходило в 2005 г., что было обусловлено засушливыми условиями погоды в апреле и первой половине мая [табл. 82].

Таблица 82. Погодные условия и степень пораженности озимой пшеницы желтой ржавчиной в южном и юго-восточном регионах Казахстана

Годы	Степень пораженности		Сумма осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %			Среднесуточная температура, С°		
	в %	баллах	апрель	май	июнь	апрель	май	июнь	апрель	май	июнь
Алматинская обл., МП НПЦ земледелия и растениеводства, МП «Алматыбак»											
1999	25-50	2	70	80,1	70,8	–	–	–	10,8	15,0	20,6
2000	25-50	2	84	90,1	84,9	63	63	55	10,9	16,7	19,5
2001	10-25	2	89	94,1	89,2	69	53	43	8,1	14,9	21,1
2002	50-75	3	177	140,0	177,0	76	71	60	9,8	13,6	21,4
2003	25-50	2	184	187	139	72	68	62	3,5	10,8	17,2
2004	10-25	1	56	62	54	–	–	–	15,2	19,3	24,8
2005	0-10	0,1	–	80	–	–	–	16,6	–	–	–
Южно-Казахстанская обл., МП «Тассай»											
1999	25-50	2	78	88	27	–	–	–	12,2	19,3	20,2
2000	10-20	1	19	33	15	63	53	41	15,6	19,0	23,7
2001	10-20	1	62	3	7	57	42	30	14,7	22,8	25,3
2002	50-75	3	164	78	17	76	65	48	12,3	17,0	21,9
2003	25-50	2	57	150	34	66	65	59	11,6	16,6	21,7
2004	10-20	1	58	37	16	63	53	38	12,7	19,9	23,4
2005	0-5	0,1	36	39	–	50	55	32	15,8	20,6	24,2

Для определения надежных предикторов погоды для прогноза развития желтой ржавчины проводили корреляционно-регрессионный анализ уровня развития желтой ржавчины в зависимости от суммы осадков, относительной влажности воздуха и среднесуточной температуры апреля, мая и июня. По Южно-Казахстанской области выявлена высокая корреляционная связь между развитием болезни с суммой осадков ($r=0,76\pm0,30$), относительной влажностью воздуха ($r=0,93\pm0,18$) в апреле. В 2000 и 2002 годы, когда происходили её эпифитотии относительная влажность воздуха была высокой (65-75%), выпало до 90-150 мм осадков, или в 2-3 раза больше многолетней нормы. В то же время, в годы депрессии или слабого развития болезни, наблюдавшиеся в 2001, 2004 и 2005 гг., относительная влажность воздуха в апреле не превышала 50-60%, сумма осадков 40-50 мм. Если в апреле и 1-ой половине мая погодные условия засушливые, то осадки, выпавшие во второй половине мая и в июне, не способствовали интенсивному развитию желтой ржавчины. Выявлена высокая отрицательная коррелятивная связь между развитием болезни и среднесуточной температурой воздуха весенних месяцев. В годы заметного

Таблица 83. Коэффициент корреляционной зависимости пораженности озимой пшеницы желтой ржавчиной от погодных условий

Показатели погоды	Апрель		Май		Июнь	
	r	Sr	r	Sr	r	Sr
Алматинская обл.						
Среднесуточная температура, °C	-0,16	-	-0,27	-	-0,31	-
Сумма осадков, мм	0,59	0,20	0,44	0,40	0,09	-
Относительная влажность воздуха, %	-	-	-	-	-	-
Жамбылская обл.						
Среднесуточная температура, °C	0,43	-	0,0	-	-0,25	-
Сумма осадков, мм	0,50	0,43	0,49	0,43	0,35	-
Относительная влажность воздуха, %	0,61	0,39	0,63	0,39	0,68	0,36
Южно-Казахстанская обл.						
Среднесуточная температура, °C	-0,75	0,33	-0,78	0,31	-0,70	0,35
Сумма осадков, мм	0,83	0,14	0,93	0,18	0,56	0,41
Относительная влажность воздуха, %	0,85	0,26	0,79	0,30	0,61	0,15
Кыргызстан, Чуйская обл.						
Среднесуточная температура, °C	-0,11		-0,29	-	-	-
Сумма осадков, мм	0,51	0,43	0,63	0,39	-	-
Относительная влажность воздуха, %	0,54	0,42	0,74	0,33	-	-

или сильного её развития температура воздуха в апреле не превышала 11-13°C, мае – 15-17°C, при депрессии или слабом проявления достигала 14-16 и 19-22°C, соответственно [табл. 83].

Далее путем регрессионного анализ определяли уравнения или модели развития болезни с теми предикторами, которые имеют с предиктантом высокую связь [табл. 84].

Таблица 84. Коэффициент корреляции и уравнения развития желтой ржавчины в Центральной Азии в зависимости от погодных условий

Регион	Апрель		Май	
	$r \pm Sr$	уравнение	$r \pm Sr$	уравнение
Относительная влажность воздуха, %				
Южный Казахстан	$r=0,85 \pm 0,26$	$Y=2,82X-148,2$	$R=0,79 \pm 0,30$	$Y=2,65X-119,1$
Узбекистан	$r=0,63 \pm 0,34$	$Y=1,53X-57,1$	$R=0,76 \pm 0,29$	$Y=1,97X-71,7$
Кыргызстан	$r=0,54 \pm 0,42$	$Y=3,5X-203,8$	$R=0,74 \pm 0,33$	$Y=4,7X-246,4$
Сумма осадков, мм				
Южный Казахстан	$r=0,83 \pm 0,21$	$Y=0,43X-0,9$	$R=0,93 \pm 0,18$	$Y=0,52X-2,5$
Юго-восточный Казахстан	$r=0,59 \pm 0,20$	$Y=0,41X-0,9$	$R=0,63 \pm 0,39^*$	$Y=0,54X-6,7^*$
Узбекистан	$r=0,75 \pm 0,29$	$Y=0,82X-28,3$	$R=0,93 \pm 0,18^*$	$Y=0,52X-2,5^*$
Кыргызстан	$r=0,50 \pm 0,43^*$	$Y=0,48X-10,1^*$	$R=0,63 \pm 0,39$	$Y=0,54X-6,7$

Таким образом, в южном и юго-восточном регионах Казахстана и Кыргызской Республике умеренное или сильное развитие желтой ржавчины на озимой пшенице происходит в годы с обильными осадками в апреле и мае (75-100 мм и более), среднесуточной температурой воздуха в мае не более 13-14°C, относительной влажность воздуха не ниже 65-70%. Если первый показатель ниже 50-70 мм, второй 16-17°C и выше, третий менее 55-60%, то следует ожидать её слабое развитие или депрессию. В отдельные годы, несмотря на благоприятные условия погоды, болезнь проявляется поздно и в слабой степени из-за отсутствия заноса инфекции из сопредельных стран, в частности Узбекистана, где возможна перезимовка патогена на всходах озимой пшеницы.

3.3 Районирование территории республики по частоте эпифитотий листовой ржавчины и септориоза

В. И. Долженко (2013) считает, что особую актуальность приобретают вопросы фитосанитарного районирования и дифференци-

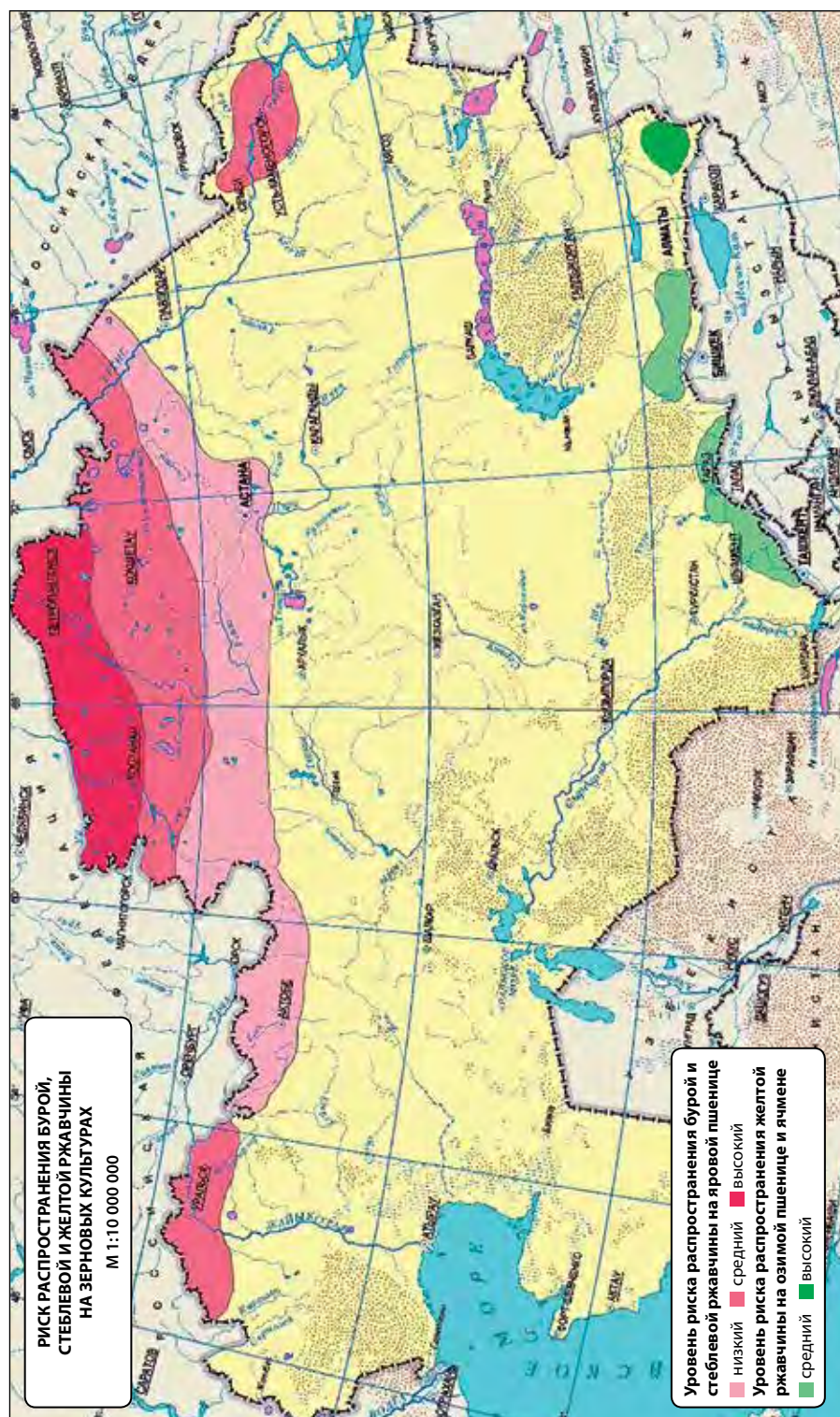
ции территории на зоны слабой, средней и высокой вредоносности вредных организмов в масштабах регионов и страны в целом, частоты вспышки болезней и вредителей, нанесение ущерба урожаю.

На основе обобщения многолетних данных по распространению бурой ржавчины и септориоза в различных регионах определены зоны наибольшей их вредоносности, проведено районирование территории республики по эпифитотийной опасности этих болезней. В лесостепной зоне Северного Казахстана с подзонами умеренно-влажной и колючей лесостепи с обыкновенными и лугово-черноземными почвами (широты 54-57°30'), а также подзоне умеренно засушливой степи с обыкновенными черноземами и лугово-черноземными почвами, т.е. по административному делению Северо-Казахстанской, северной и северо-восточной части Костанайской и северной части Акмолинской (бывшая Кокшетауская) и Павлодарской областей эпифитотии бурой ржавчины и септориоза повторяются 3-5 раз за 10 лет. К зоне умеренной их вредоносности относится подзона засушливой степи с южными черноземами или центральная и западная части Костанайской, центральная – Акмолинской, западная – Костанайской областей, где их эпифитотии повторяются 3-4 раза за 10 лет. В подзоне умеренно-сухой степи с темно-каштановыми почвами (северо-восточные районы бывшей Торгайской, в центральной, западной и южной части Акмолинской области эпифитотии болезни возможны 2-3 раза за 10 лет. В Восточно-Казахстанской области основной ареал бурой ржавчины и септориоза локализован в горно-лесостепной, горно-степной зонах, где умеренное и эпифитотийное развитие болезней происходит 4-5 раз за 10 лет [рис. 32].

На основе анализа многолетних данных ученые Западной Сибири установили, что эпифитотии бурой ржавчины и септориоза в Новосибирской области происходят 1 раз в 3-4 года, в Омской за 5-6 лет. Однако в последние годы из-за расширения посевов озимой пшеницы, ржи и многолетних злаковых трав, на которых формируются природные очаги, локальные вспышки первой болезни участились (Торопова с соавт., 2009).

В период 2000-2010 гг. в северном регионе республики 5 раз происходило эпифитотийное развитие листовой ржавчины совместно с септориозом, а в 2011-2016 гг. – 3 раза (Койшыбаев, 2010, 2012, 2017).

Рисунок 32. Атлас районирования территории Казахстана по риску бурой и желтой ржавчины



Если, в 2010 и 2012 гг. развитие болезни сдерживалось дефицитом осадков, высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха в июне и июле, то в 2009, 2011 и 2013 гг. – из-за отсутствия заноса инфекции из сопредельных территорий. В 2011 г., несмотря на благоприятные условия погоды в период вегетации пшеницы, виды ржавчины не проявились, септориоз развивался в умеренной степени [табл. 85]. В 2012 году осадков в Костанайской области выпало в 3-4 раза ниже многолетней нормы, среднесуточная температура воздуха в июне и июле достигла 35,5°C-39,1°C, превысив норму на 4-6°C [рис. 33]. В связи с острозасушливыми условиями погоды на посевах пшеницы ржавчина проявилась в конце вегетации, после августовских осадков.

Несколько иные условия складывались в Северо-Казахстанской области, в конце июня здесь прошли дожди, выпала почти двухмесячная норма осадков, в третьей декаде июля и в начале августа

Таблица 85. Факторы, лимитировавшие распространение и развитие видов ржавчины и септориоза в северном регионе Казахстана в период 2009-2013 гг.

Год	Индексы болезней, %			Лимитировавший фактор для ржавчины	
	ржавчина		пятнистости	биотический	абиотический
	листовая	стеблевая			
2009*	до 5-10	0	25-50	дефицит осадков и высокая температура в июне и июле	отсутствие инфекции
2010*	0-10	0	25-50	высокая температура и дефицит осадков в июне-августе	–
2011*	0-10	0	25-50	–	поздний занос инфекции
2012*	0-5	0-5	0-5	высокая температура и дефицит осадков в июне-июле	–
2012**	10-25	0-5	0-5	высокая температура и дефицит осадков в июне и июле	–
2013**	5-10	0-10	50-75	отсутствие осадков и высокая температура в июне и первой половине июля	поздний занос инфекции
* – Карабалыкская СХОС, ** – Северо-Казахстанская СХОС					

более 80 мм осадков ливневого характера. Несмотря на это, из-за высокой температуры в июле пшеница созрела на 15-20 дней раньше обычного срока. Из-за низкой относительной влажности воздуха листовая ржавчина проявилась только на поздних сроках посева и поразились ею в основном позднеспелые её сорта.

Погодные условия 2013-2014 гг. в целом были благоприятны для роста и развития пшеницы [рис. 33 и 34] и болезней с воздушно-капельной инфекцией. В 2013 г. первая половина лета была засушливой, небольшие осадки (10-20 мм) выпали в конце июня, температура воздуха достигала 34-39°C. Во второй половине июля количество выпавших осадков составило 85,3 мм, в первой декаде августа – 38,7 мм, что в 2-3 раза больше многолетней нормы. Погодные условия второй половины лета были благоприятны для распространения и развития болезней с листо-стеблевой инфекцией. Однако в Северо-Казахстанской области из-за отсутствия инфекции на пшенице листовая ржавчина проявилась очень поздно и развивалась в слабой степени. В Костанайской области она обнаружена в начале 2-й декады июля, т.е. в период её колошение, коммерческие сорта в фазе молочной были поражены до 50-75%.

В 2014 г. в июле на большей территории северного региона осадков выпало в 2-3 раза больше многолетней нормы, среднесуточная температура была ниже на 5,7–6,3°C, не превышала 14,6 и 13,5°C, во второй декаде августа снизилась до 13-17°C, преобладала пасмурная погода. В связи с этим созревание пшеницы затянулось на 20-25 суток, происходило сильное развитие септориоза. Бурая ржавчина проявилась в начале молочной спелости зерна (1-ая декада августа), пораженность листьев не превышала 20-40% [рис. 35].

В 2015 и 2016 гг. погодные условия вегетационного периода пшеницы были благоприятны для развития септориоза и листовой ржавчины. В 2015 г. в июне выпало около двухмесячной нормы осадков, что вызвало усиленный вегетативный рост растений, температура воздуха в июле была оптимальной для развития видов ржавчины, ГТК составил 1,3 и 1,1. В связи с дождливой погодой, особенно в июле и августе, в лесостепной и степной зонах Северо-Казахстанской области листовая ржавчина проявилась раньше обычного срока – в период колошения и развивалась интенсивно. Анализ фитосанитарного состояния посевов пшеницы показал на повсеместное рас-

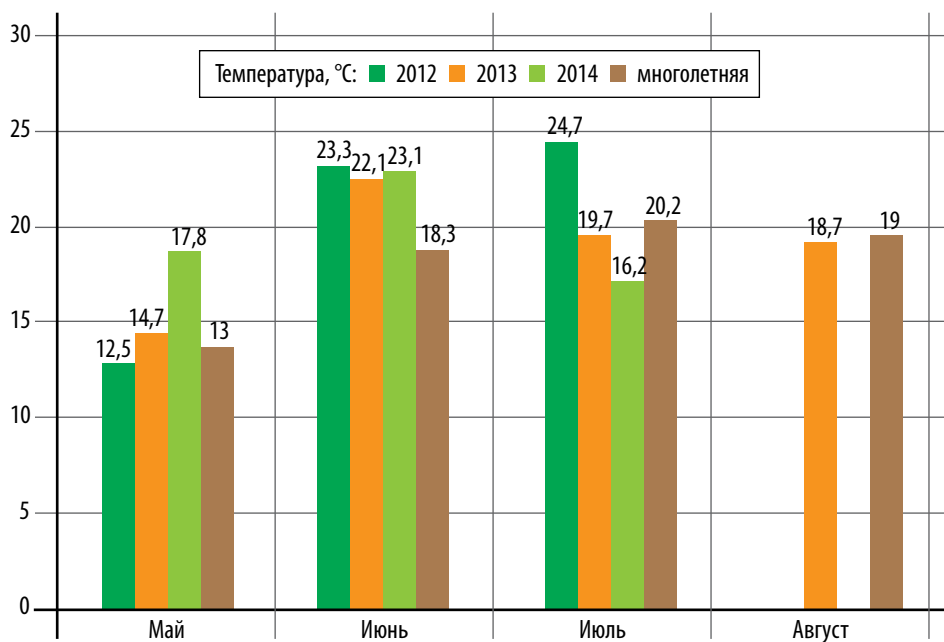


Рисунок 33. Среднесуточная температура (°C) в период вегетации пшеницы на севере Костанайской области в 2012-2014 г.

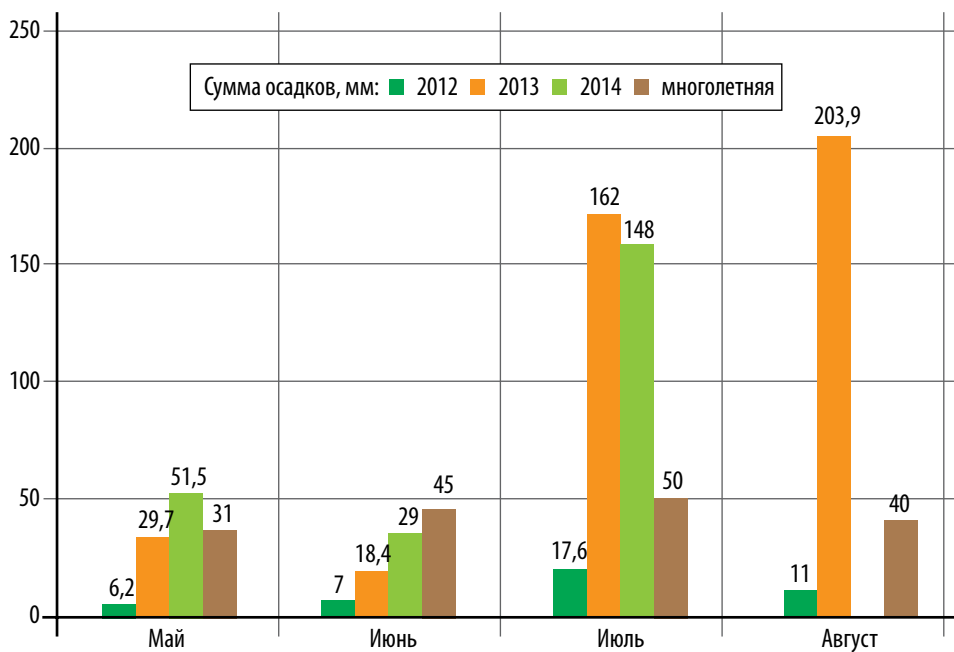


Рисунок 34. Сумма выпавших осадков (мм) в период вегетации пшеницы (МП Карабалыкской СХОС, 2012-2014 гг.)



Рисунок 35. Маршруты мониторинга фитосанитарного состояния посевов пшеницы в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях в 2014 г.

пространение болезни, уровень пораженности листьев ржавчиной и септориозом варьировал от 10-25 до 50-75%. К полной спелости зерна пораженность её стеблевой ржавчиной на позднеспелых сортах и поздних сроках сева достигла 40-60%.

3.4 Прогноз потерь урожая пшеницы от болезней и определение целесообразности обработки посевов фунгицидами

В интегрированной защите растений важное значение имеет определение экономической и экологической целесообразности применения пестицидов в период вегетации растений с учетом прогнозируемой урожайности культуры и ее потерь. Увеличение производства сельскохозяйственной продукции без применения средств защиты растений, в первую очередь химических, невозможно. Для обеспечения фитосанитарной безопасности и стабильности, а также повышения качества продукции неизбежно увеличение их применения в 1,5-2 раза. В России нагрузка пестицидов на 1 гектар пашни составляет 500 г на 1 гектар (Долженко, 2011).

Существует два основных метода определения вредоносности болезней: экспериментальный и расчетный. Первый метод основан на проведении специальных опытов, обязательным учетом урожая в опытном и контрольном вариантах; второй – на применение математических моделей или составленных на их основе шкал потерь от одного или комплекса болезней. Российскими учеными предложена шкала фитосанитарной пороговой зараженности посевов, и на базе моделей разработаны компьютерные системы оптимизации решения о применении химических средств защиты растений (Стрижекин, Санин, 2003).

В. А. Мостовым (1995) была разработана номограмма для Западного Казахстана, позволяющая определить потери урожая озимой и яровой пшеницы от бурой ржавчины в зависимости от сроков ее проявления. При распространении болезни на озимой пшенице в период кущения и молочной спелости пораженность листьев достигает 100%, потери урожая 17%. При проявлении её в период колошения наблюдается умеренное её развитие (до 50-60%), недобор зерна составляет 15%, в начале налива зерна – урожай не снижается. При проявлении болезни на яровой пшенице в период кущения–трубкования пораженность листьев к молочно-восковой спелости достигает 40-50%, потери урожая – 14%, на фоне слабого ее развития (до 15%) в период колошения-цветения потери зерна не происходит.

Вредоносность болезней с листо-стебельной инфекцией зависит от сроков их проявления, степени развития и восприимчивости сорта. Часто при неблагоприятных условиях погоды или позднем проявлении она может иметь 90-100%-ное распространение, но развиваться в слабой степени (5-10%), при этом заметных потерь урожая не происходит. Многолетние исследования показали, что в северном регионе республики при благоприятных погодных условиях и наличии инфекции листовая ржавчина на посевах яровой пшеницы проявляется в период флаг-листа – колошение, в отдельные годы – фазу молочной спелости зерна, септориоз – стеблевание [рис. 36, 37].

Исключением были 2006 и 2016 гг. когда пустулы патогена были обнаружены в начале 1-ой декады июля – в фазу 2-3 листьев и стеблевания, в период её колошения развитие болезни достигло эпифитотийного уровня. Более благоприятные погодные условия для развития болезни складываются в годы с гидротермическим

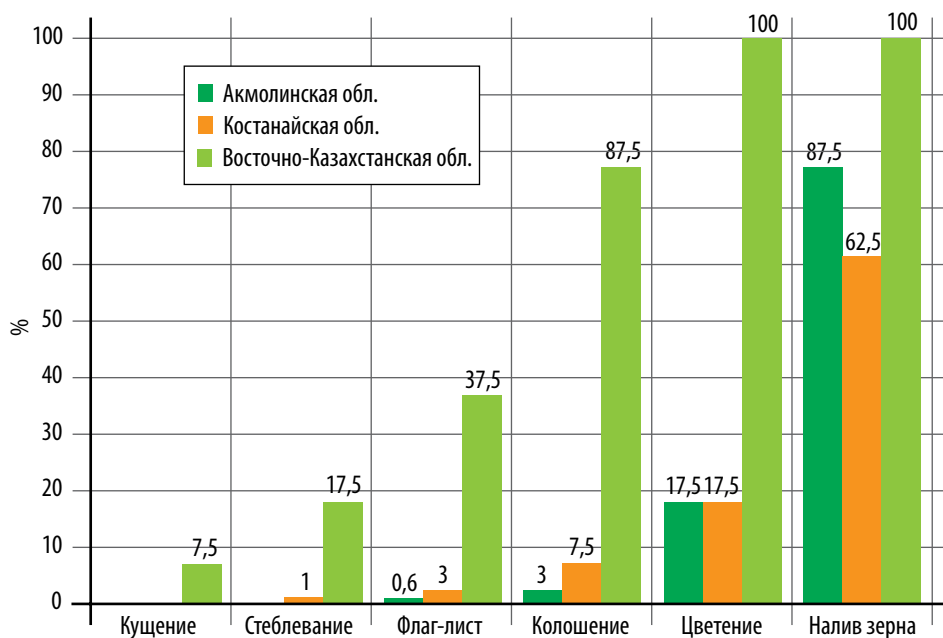


Рисунок 36. Динамика развития листовой ржавчины на яровой пшенице в северном и восточном регионах Казахстана в 2000 г.

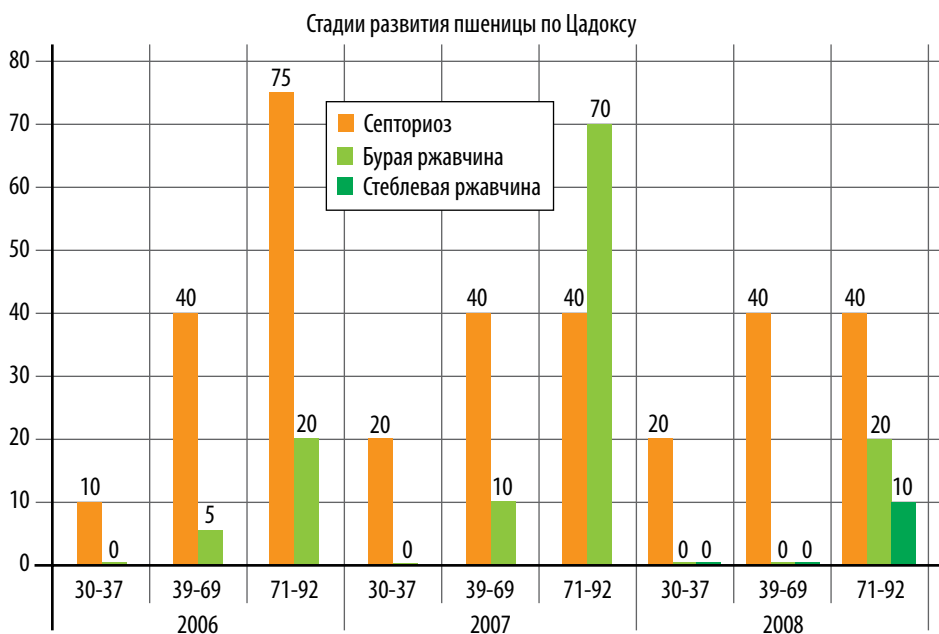


Рисунок 37. Динамика развития листовой и стеблевой ржавчины, септориоза на яровой пшенице (Северо-Казakhstanская СХОС, 2006-2008 гг.)

коэффициентом в июне-августе 1,0-1,2 и более, что часто наблюдается в лесостепной зоне и в подзоне умеренно-засушливой степи Северо-Казахстанской и Костанайской областей и горно-сопочной Акмолинской.

В 2016 году на Северо-Казахстанской опытной станции яровая мягкая пшеница поразились листовой ржавчиной и септориозом в сильной степени, из-за полного отмирания листьев в период молочной спелости налив зерна происходил за счет верхнего междоузлия стебля и колосковых пленок; в это время обнаружена стеблевая ржавчина, которая быстро прогрессировала, при уборке урожайность сортов Астана и Астана 2, размещенных по паровому предшественнику, не превышала 17-22 ц/га, при видовой не менее 30-35 ц/га. В полевом опыте на фоне химической прополки против однодольных и двудольных сорняков урожайность пшеницы составила 8,7 ц/га, при однократной обработке фунгицидом в период кущения по минимальной технологии 11,3, нулевой – 12,0 ц/га, при двукратном опрыскивании, где достигнута полная защита посевов от видов ржавчины и септориоза – 19,2 и 18,7 ц/г., т.е. размер сохраненного урожая был равен 10-10,5 ц/га или более 50%. При этом в последнем варианте масса 1 000 зерен была выше на 7,8-8,8 или 38,2-47%, натура зерна – 117-120 г/л на 18,7-18,9% по сравнению с гербицидным фоном.

Необходимость обработки посевов фунгицидами против болезней с воздушно-капельной инфекцией определяется на основе анализа степени пораженности листьев и других органов в период стеблевания-колошения. В зависимости от погодных условий критическая пораженность пшеницы ржавчиной и септориозом может быть снижена или увеличена [табл. 86].

Для определения целесообразности обработки посевов фунгицидами необходимо знать сроки распространения и интенсивность развития болезней в зависимости от погодных условий, возможные потери урожая с учетом продуктивности пшеницы, устойчивость или выносливость сорта. Наиболее благоприятные для развития листовой и стеблевой ржавчины условия складываются, когда часто выпадают кратковременные осадки, на листьях сохраняется капельно-жидкая влага не менее 4-5 часов, температура днем в пределах 20-27°C и относительная влажность воздуха 70-75% и более. При высокой температуре (28-30°C и более), редких дождях ливневого

Таблица 86. Показатели критической пораженности листьев болезнями для определения целесообразности обработки посевов фунгицидами

Болезни	Культура	Ожидаемый урожай, ц/га	Пораженность (%) листьев в фазу			Возможные потери, ц/га
			флаг-листа	колошения	цветения	
Бурая ржавчина	яровая пшеница	>15-20	1-5	5-10	10-25	>2,0-2,5
Стеблевая ржавчина	яровая пшеница	>15-20	0,1-1	1-5	1-5	>2,0-2,5
Желтая ржавчина	озимая пшеница	>20-25	до 1	1-5	5-10	>3,0-3,5
Септориоз и другие пятнистости	яровая пшеница	>15-20	5-10	5-10	20-25	>2,0-2,5
То же	озимая пшеница	>20-25	1-5	10	25	>3,0-3,5

характера, низкой влажности воздуха снижается вероятность заражения растений болезнями с воздушно-капельной инфекцией. Развитие желтой ржавчины в южном и юго-восточном регионах зависит от погодных условий апреля и мая, оптимальная температура для возбудителя находится в пределах 13-15°C, при 17-20°C и выше её развитие замедляется или приостанавливается.

Бурая и желтая ржавчина и пятнистости сначала проявляются на листьях нижнего и среднего ярусов, флаг-лист обычно поражается после колошения. При благоприятных погодных условиях (высокая влажность воздуха, сохранение капельно-жидкой влаги на листьях более 4-5 часов) болезни очень быстро прогрессируют, в течение 7-10 дней развитие их может приобрести эпифитотийный уровень.

На основе корреляционного и регрессионного анализов многолетних данных, полученных в северном регионе республики, разработаны прогностические уравнения или модели для определения возможных потерь урожая яровой пшеницы от бурой ржавчины в зависимости от продолжительности её развития отдельно или в комплексе с септориозом. Заметные потери урожая наблюдаются, если в период колошения пораженность её листьев среднего яруса первой болезнью составляет 1-5%, флаг-листа – до 1%, пятнистостями – 10-20 и 1-5% соответственно. Установлено, что вредоносность болезней с листо-стеблевой инфекцией зависит от сроков их проявления и продолжительности паразитирования патогенов: при раннем (стадия 31-39) потери урожая могут достигать 30-40%, в

период колошения-цветения – 15-20%, налива зерна – 5-10%. Разработана модель зависимости потерь урожая пшеницы от продолжительности развития листовой ржавчины в отдельности и сочетании с септориозом [табл. 87].

Английскими учеными разработано уравнение зависимости потерь урожая пшеницы от интенсивности развития септориоза.

$$P = 5,41X^{0,6},$$

где: P – снижение урожая, %.

$X^{0,6}$ – развитие болезни на флаг-листе, %.

Вредоносность стеблевой ржавчины. Критическая пораженность восприимчивого к стеблевой ржавчине сорта в фазу выхода растений в трубку составляет 0,001%, в период колошения-цветения – 1-3%; для бурой ржавчины в фазу флаг-листа – 1-3%, в период колошения – 5-10% при ожидаемой урожайности от 15 до 20-30 ц/га (Санин, Пыжикова, 1990).

В 2008 году в Северо-Казахстанской области на позднеспелых сортах и поздних сроках посева яровой пшеницы заметно проявилась стеблевая ржавчина. Анализ структуры урожая у сорта Омская 19 показал, что при средней пораженности стеблей (20-40%), масса зерна колоса снижается до 3,2, 1 000 зерен – 6,9%, в сильной степени – на 24,4 и 23,1% соответственно. У среднераннего сорта Памяти Азиева при пораженности стеблей на 10-25% потери урожая не превышали 4-6,4%, а при 50% – 13,3%.

Таблица 87. Статистические параметры зависимости потерь урожая яровой пшеницы от продолжительности развития бурой ржавчины и септориоза

Параметры	Продолжительность развития болезней, сутки (X_1)	Уровень пораженности листьев болезнями в фазу молочно-восковой спелости зерна, %	
		бурая ржавчина (X_2)	бурая ржавчина + пятнистости (X_3)
Коэффициент корреляции (r)	0,67	0,82	0,75
Средняя ошибка (Sr)	0,17	0,13	0,15
Уравнение регрессии (Y)	$Y=0,49X_1-2,0$	$Y=0,28X_2-0,9$	$Y=0,32X_3+3,7$
Средняя ошибка уравнения (Sb)	0,12	0,05	0,05
Доверительный интервал ($Вух \pm t_{05}sb$)	$0,49 \pm 0,12$	$0,32 \pm 0,10$	$0,28 \pm 0,10$

В период 2013-2015 гг. в результате заноса инфекции из Западной Сибири стеблевая ржавчина в северном регионе республики проявлялась постоянно, в основном на поздних сроках посева и позднеспелых сортах яровой пшеницы. В 2016 г. в степной и лесостепной зонах Северо-Казахстанской области она была обнаружена, в начале фазы налива зерна развитие болезни было слабое – 1-5%, к восковой спелости на поздних сроках посева до 40-50% и происходили заметные потери урожая и снижение качества зерна [табл. 88].

Учеными бывшего Всесоюзного НИИ фитопатологии (ВНИИФ) были разработаны экспертные системы оценок пораженности пшеницы видами ржавчины и септориозом для принятия решения о целесообразности обработки посевов фунгицидом [рис. 38]. Позже Средне-Азиатским НИИ фитопатологии (САНИИФ) они предложены для стеблевой, бурой и желтой ржавчины применительно к Казахстану. На основе анализа многолетних данных по динамике и вредоносности ржавчинных болезней и септориоза нами внесен ряд уточнений и дополнений в экспертные системы оценок фитосанитарного состояния посевов пшеницы для определения целесообразности обработки их фунгицидом против бурой ржавчины и септориоза [табл. 89].

Успешная защита посевов пшеницы от болезней с листо-стеблевой инфекцией достигается при использовании фунгицидов в начале массового их распространения, т.е. при пораженности бурой

Таблица 88. Влияние сроков посева сортов яровой пшеницы на пораженность их стеблевой ржавчиной, массу 1 000 зерен и урожайность (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)

Сорт	Срок посева	Индекс стеблевой ржавчины	Урожай, ц/га	Масса 1 000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Астана	20 мая	3,1	18,3	26,8	663
	25 мая	4,5	17,9	23,2	644
	30 мая	7,0	13,2	18,4	611
Астана 2	20 мая		19,8	27,0	643
	25 мая	34,5	16,9	23,4	608
	30 мая	50,0	13,4	19,7	592
Омская 35	20 мая	5,2	17,9	28,2	602
	25 мая	8,6	18,3	28,0	674
	30 мая	27,8	19,8	26,9	577

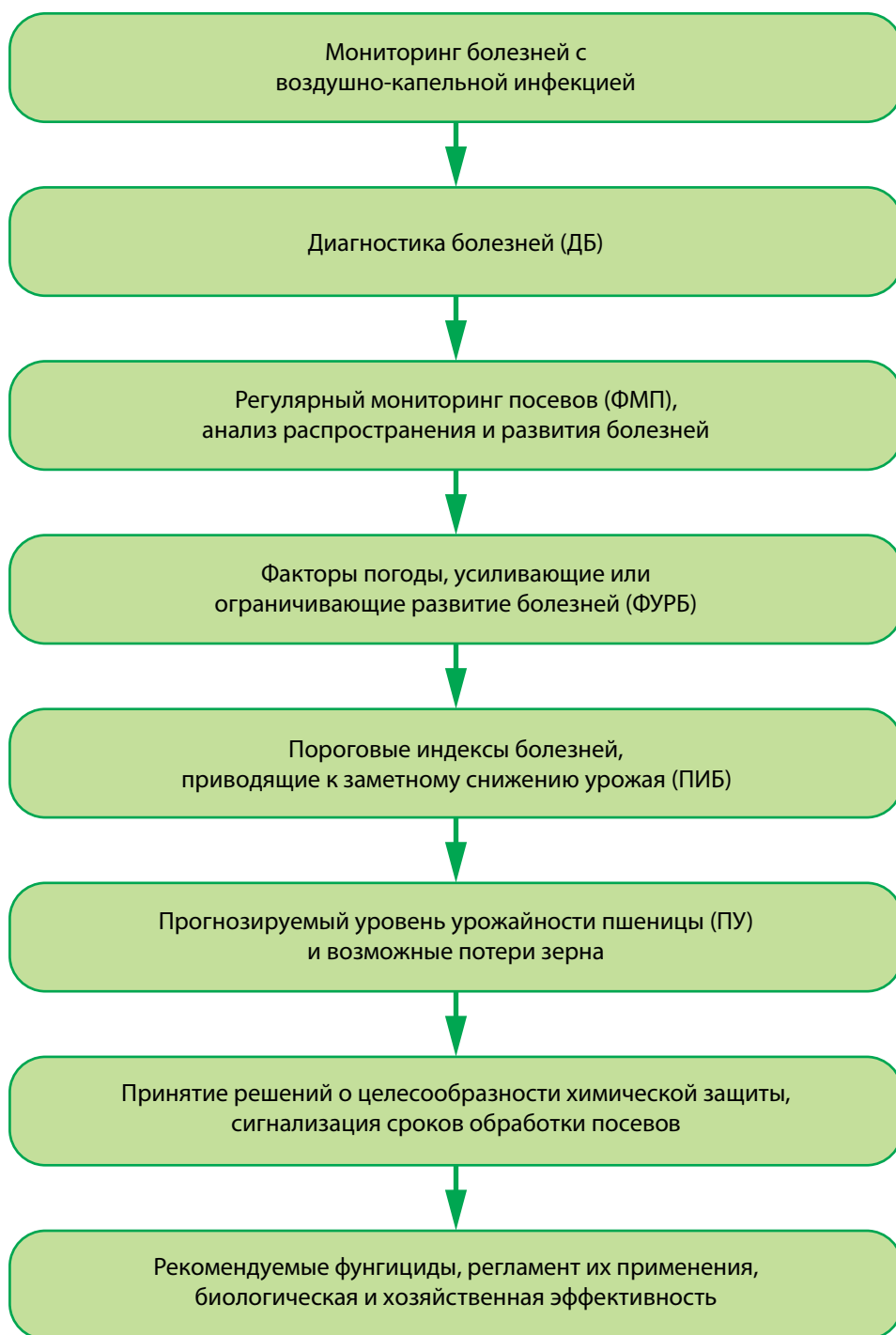


Рисунок 38. Определение целесообразности обработки посевов пшеницы фунгицидами для защиты от болезней с воздушно-капельной инфекцией

Таблица 89. Оценка пораженности яровой пшеницы бурой ржавчиной для принятия решение целесообразности обработки посевов фунгицидом

Прогнозируемый урожай, ц/га	Фаза (стадия) развития растений	Пораженность листьев, %	Устойчивость сортов, условия погоды, предполагаемая пораженность, потери и принятие решений
15-20 -«-	стеблевание (31-39)	ЛНСЯ до 1	ВС-НУФ-НБУП-ПВС до 10-25%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 75-100%-СУ 20-30% и более – обрабатывать; ВС-НУФ-БУП-ПВС 50-75%-СУ 10-15% – обработка целесообразна; ОУС-УФ-БУП-ПВС 10-25%-СУ 5-10% – не обрабатывать.
	ФК – ФЦ (колошение-цветение, 49-69)	ЛСЯ 1-5	ВС-НУФ-НБУП-ПВС 10-25%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 50-75%-СУ 15-20% – обрабатывать; ВС-НУФ-БУП-ПВС 40-50%-СУ 10-15% – обработка целесообразна; ОУС-УФ-БУП-ПВС 10-25%-СУ 5-10% – не обрабатывать.
	начало налива зерна (71-73)	ФЛ 5-10	ВС-НУФ-НБУП-ПВС 10-25%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 50-75%-СУ 15-20% – обрабатывать.
21-30	стеблевание (31-39 и более)	до 1	ВС-НУФ-НБУП-ПВС 20-40%-СУ до 10% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 25-50%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 75-100%-СУ до 20-30% и более – обрабатывать; ОУС-УФ-БУП-ПВС 25-50%-СУ 10-15% – обработка целесообразна.
	ФК – ФЦ (колошение-цветение, 49-69)	1-5	ВС-НУФ-НБУП-ПВС 10-25%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 50-75%-СУ до 15-20% – обрабатывать; ОУС-УФ-БУП-ПВС 25-50%-СУ 10-15% – обработка целесообразна.
	начало налива зерна (71-73)	5-10	ВС-НУФ-НБУП-ПВС 10-25%-СУ до 5% – не обрабатывать; ВС-УФ-БУП-ПВС 50-75%-СУ до 10-15% – обработка целесообразна при урожайности более 20 ц/га; ОУС-УФ-БУП-ПВС 25-50%-СУ 5-10% – обработка целесообразна.
Условные сокращения: ВС – восприимчивый сорт; НУФ – нет усиливающего фактора; НБУП – не благоприятные условия погоды; БУП – благоприятные условия погоды; ПВС – пораженность листьев в фазу восковой спелости, СУ – снижение урожая, ОУС – относительно устойчивый сорт.			

ржавчиной листьев среднего яруса – 5-10, верхнего – 1%, септориозом и желтой пятнистостью до 10-20%. При раннем проявлении болезней (до стеблевания) и благоприятных условий погоды эти показатели могут быть снижены в 2-3 раза, а при позднем (молочная спелость зерна) наоборот, увеличены.

Усовершенствованные нами экспертные системы оценок фитосанитарного состояния пшеницы с определением целесообразности и оптимальных сроков обработки посевов фунгицидами, внедренные в ТОО «Заречное» Костанайского НИИСХ, Карабалыкской и Северо-Казахстанской СХОС, позволили сохранить от 2-3 до 5-7 ц/га зерна.

Биологическую эффективность обработки посевов фунгицидами определяют через 25-30 суток, анализируя пораженность растений в опытном и контрольном вариантах по формуле:

$$B_{эф} = \frac{P_k - P_o}{P_k} \times 100 ,$$

где: $B_{эф}$ – биологическая эффективность;

P_k – развитие болезни в контроле;

P_o – то же в опыте с применением фунгицидов

Хозяйственную эффективность ($\mathcal{E}_{хоз}$) устанавливают по формуле:

$$\mathcal{E}_{хоз} = \frac{Y_o - Y_k}{Y_k} \times 100 ,$$

где: Y_o – урожай в опытном варианте;

Y_k – урожай в контрольном варианте.

Экономическую эффективность вычисляют как разницу стоимости сохраненного урожая с вычетом затрат на защитные мероприятия, включающие стоимость пестицида, обработку посевов, подвоз воды и другие расходы. Определение экономической эффективности обработки посевов пшеницы фунгицидами с учетом мировых цен на пестициды показало, что затраты на обработку 1 га посевов составляют 11-15 долл., стоимость сохраненного урожая при закупочной цене на зерно мягкой пшеницы в пределах 80-100 долл. колеблется от 21 до 50. Следовательно, опрыскивание посевов при раннем проявлении и сильном развитии ржавчины и септориоза окупаются в 3-4, умеренном – 1,5-2 раза.

В 2016 году в Костанайской области происходило сильное развитие листовой ржавчины и септориоза на яровой пшенице, несмотря на позднее проявление стеблевой ржавчины, пораженность её к восковой спелости зерна достигла 40-60%. В производственном опыте фирмы БАСФ в ТОО «Карла-Маркса» Костанайского района при обработке фунгицидами Оптима и Абакус посевов сорта Омская 36 в фазу колошения сохранено от потерь 12-13 ц зерна, при урожайности в контроле 22-24 ц/га. Аналогичные результаты были получены в Федоровском районе, при однократной обработке посевов сорта Любава фунгицидом Оптима сохранен 7 ц/га, двукратной – Оптима+Абакус - 18 ц/га, при урожае на необработанном поле 26 ц/га. При обработке посевов фунгицидом Оптима затраты на 1 гектар составляли 12 долл., с учетом авиоопрыскивания 4 500-5 000 тыс. тенге и они окупались в 3-4 раза.

3.5 Прогноз видов головни пшеницы и других болезней

Заражение пшеницы видами головни возможно при наличии следующих факторов: восприимчивый сорт, вирулентная популяция гриба и оптимальные погодные условия для заражения проростков. По характеру передачи инфекции они подразделяются на 2 группы – наружная, или контактно-семенная и внутренняя или с матрично-дочерней (по Чулкиной) инфекцией.

Наружные виды головни, или контактно-семенные инфекции.

Инфекция в виде телиоспор находится на поверхности семян. При контакте патогена с восприимчивым сортом проявление болезни во многом зависит от инфекционной нагрузки, температуры и влажности почвы в период прорастания семян.

Пыльная головня. Пораженность пшеницы этим видом головни зависит от погодных условий периода цветения предшествующего лета, когда происходило заражение завязи от прорастающих на рыльце телиоспор возбудителя болезни. По данным А.Е. Чумакова (1976), имеются наиболее существенные связи между проявлением пыльной головни на яровой пшенице со среднесуточной температурой воздуха в период колошения ($r = 0,52 \pm 0,18$) и максимальной относительной влажностью воздуха ($r = -0,59 \pm 0,17$, пораженностью материнских растений в прошедшем году ($r = 0,70 \pm 0,13$).

И.И. Минкевич и Т.Н. Филиппова (1976) разработали биоэкологический долгосрочный прогноз пыльной головки яровой пшеницы для Западной Сибири. По синхронности распространения болезни выделено 3 региона: 1 – Алтайский край, Омская и Кемеровская обл.; 2 – Томская и Тюменская обл., 3 – Новосибирская область. На основе корреляционного анализа зависимости распространения пыльной головки от погодных условий предшествующего периода подобраны 2-3 основные предикторы и на их основе предложены прогностические модели. При этом в качестве предикторов для всех зон использованы показатели температуры и число дней с осадками более 5 мм периода колошение-цветение. Для Алтайского края, Кемеровской и Омской областей предложено уравнение с достаточно высоким коэффициентом множественной корреляции ($r=0,77$).

$$X = -0,334 - 0,0002X_1 + 0,022X_2 + 0,04,$$

где: X_1 – средняя максимальная температура воздуха в июле;

X_2 – число дней с осадками более 5 мм в июне.

Для Новосибирской области рекомендовано уравнение:

$$X = 2,02 - 0,06X_1 - 0,035X_2 + 0,16,$$

с коэффициентом корреляции ($r = 0,58$).

Ретроспективный анализ показал, что оправдываемость первого уравнения составляет 70%, второго – 87%. Можно использовать их для прогноза распространения пыльной головки на яровой пшенице в северном и восточном регионах республики, где распространено заболевание.

«Черный зародыш» зерна. Заболевание заметно проявляется в Северо-Казахстанской, Костанайской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской, областях, где налив зерна происходит при более высокой влажности воздуха. В западном и южном регионах, где погодные условия более засушливы, относительная влажность воздуха не превышает 40-55% в период формирования зерна, температура воздуха в дневные часы достигает 30-35°C, оно проявляется слабее (до 3-5%); в отдельные увлажненные годы возможно заметное пора-

жение зерна черным зародышем. В 1985 г. в Уральской области в период налива зерна относительная влажность воздуха была высокой, и семена поражались болезнью до 7,8%.

Корреляционно-регрессионный анализ пораженности зерна пшеницы черным зародышем показал, что между влажностью воздуха и проявлением болезни имеется прямая связь ($r=0,42$), выражающаяся уравнением регрессии: $Y = 0,25X - 8,0$. Между поражением семян и всходов корневой гнилью также имеется удовлетворительная зависимость с коэффициентом корреляции $r=0,46$.

ГЛАВА IV



© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Основные методы
мониторинга болезней**

ГЛАВА IV

Основные методы мониторинга болезней

Общее положение. Интегрированная защита растений состоит из 4 блоков: мониторинг за вредными организмами, анализ информации, установочные и корректирующие мероприятия. При этом мониторинг должен обеспечивать регулярный сбор информации об абиотических элементах среды и популяциях вредных организмов (Гулий, Миняйло, 1989).

Для составления краткосрочного прогноза и своевременного проведения химической защиты посевов необходимо постоянно следить за распространением и динамикой развития болезней, особенно за ржавчиной, септориозом, пиренефорозом и другими. Для этого выбирают 2-3 типичных стационарных участка или поле и по основным фазам развития растений проводят наблюдения: в благоприятные для заражения растений и развития болезней погодные условия еженедельно или один раз за декаду. Общий мониторинг фитосанитарного состояния проводится в период массового распространения болезней, охватываются им посевы, размещенные по разным предшественникам, посеянные в разные сроки, сортовое разнообразие культур [рис. 39].

Глазомерную балловую оценку интенсивности развития болезней обычно проводят по следующей шкале:

- 0 балла – растения здоровые;
- 1 балл – слабое поражение органа или растения;
- 2 балла – умеренное поражение, сильно пораженных органов или растений нет;
- 3 балла – среднее поражение, у некоторых органов или растений – сильное;
- 4 балла – сильное поражение органов и гибель растений.

При равномерном распространении заболевания учет болезней можно проводить с любой стороны поле, отступив от края 25-50 м, заходя вглубь посева до 100-200 м, анализируется определенное количество растений или отбирают пробы стеблей или листьев по треугольнику или произвольно из 7-10 площадок, при неравномерном (очажном) – по диагонали поле.

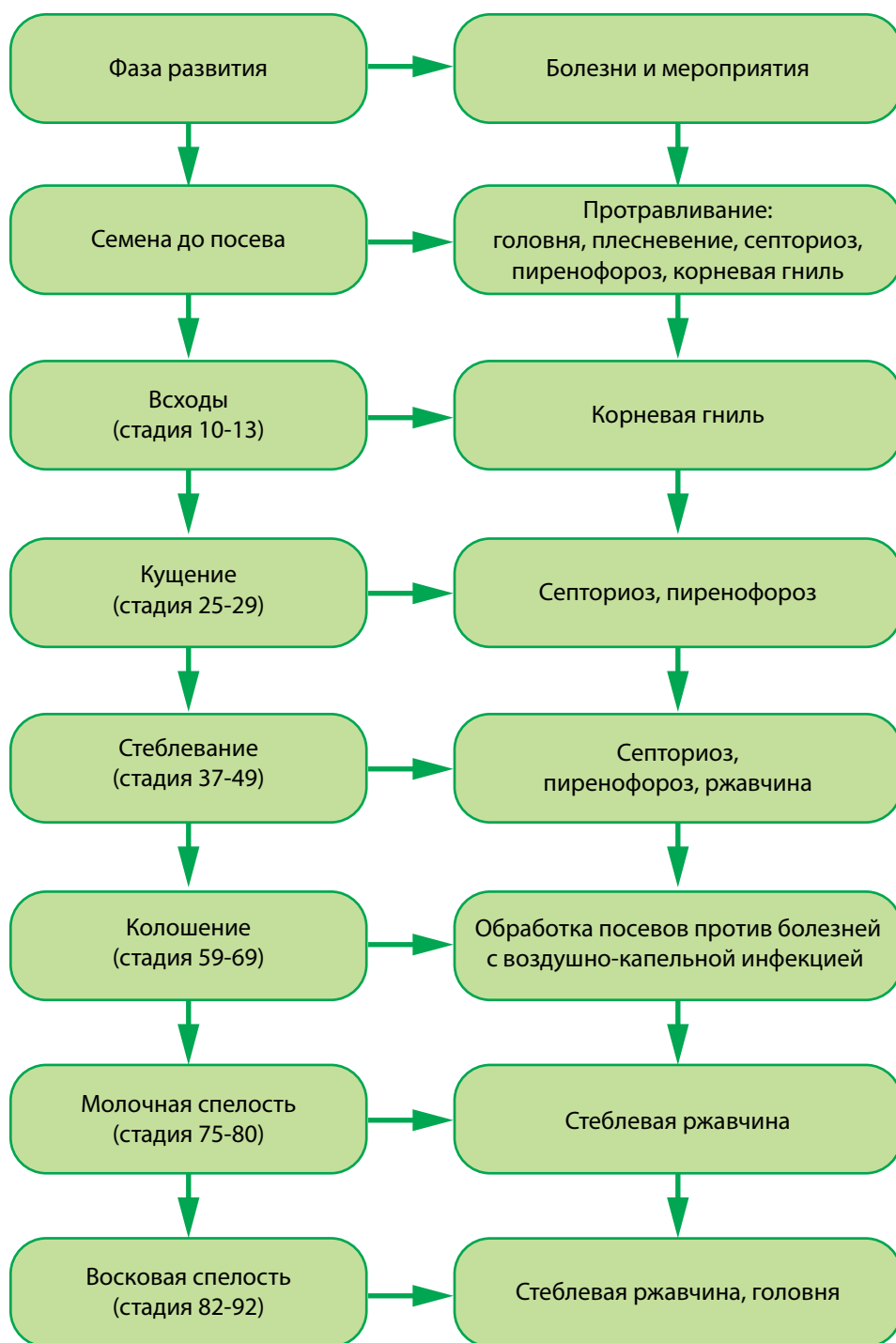


Рисунок 39. Мониторинг болезней пшеницы в зависимости от фазы развития и химические мероприятия проводимые для защиты её посевов

При учете болезней устанавливают 2 показателя: распространение, или количество пораженных растений в посевах, интенсивность или степень развития.

Распространение болезней (P) определяют по формуле:

$$P = n \times 100 / N,$$

где: N – общее количество растений в пробах;

n – количество больных растений.

Средневзвешенный процент распространения (P_0) болезни вычисляют по формуле:

$$P_0 = \frac{\sum SP}{S},$$

где: $\sum SP$ – сумма произведений площади полей на соответствующий процент распространения болезни;

S – обследованная площадь, га.

Интенсивность развития болезней (R) в процентах или баллах определяют по формуле:

$$R = \frac{\sum ab}{KN},$$

где: $\sum ab$ – сумма произведений пораженных растений на соответствующий им балл или процент поражения;

N – общее количество учетных растений в пробах;

K – наивысший балл шкалы.

Для получения более точных результатов используются специальные шкалы, характеризующие интенсивность развития той или иной болезни. Ниже приводятся методы учета основных групп болезней пшеницы.

4.1 Мониторинг болезней с воздушно-капельной инфекцией

4.1.1 Виды ржавчины

Для своевременной обработки посевов фунгицидами с целью предотвращения больших потерь урожая зерна от ржавчины и дру-

гих болезней с аэрогенной инфекцией нужно постоянно следить за их появлением и распространением. В районах, где возделывают озимую пшеницу и рожь, учет ржавчины проводят с осени при появлении 2-3 листьев. Весной после их отрастания (апрель-май) на 10 площадках поле анализируют не менее 100-200 растений (листьев) и определяют распространение ржавчины и степень ее развития. По основным фазам развития яровой пшеницы ведут регулярные учеты и устанавливают сроки заражения посевов, распространение видов ржавчины, септориоза и других. При обнаружении признаков болезни через каждые 25-50 шагов берут 5-10 проб по 10-15 растений или стеблей. В лаборатории проводят детальный анализ, учитывая количество больных растений, степень поражения листьев или стеблей отдельно для каждой болезни. Интенсивность или степень развития ржавчины определяют в процентах по шкалам: бурой – Русакова, желтой – по Маннерсу, стеблевой по видоизмененной Коббом-Петерсона [рис. 40 и 41] и результаты заносят в полевой журнал или компьютерную программу.

В зависимости от приуроченности возбудителей болезней к определенным органам в течение онтогенеза растений анализируются листья различного яруса, междоузлия стеблей и колос. Если учет проводится в период трубкования-колошения, то анализируются 2 листа нижнего и среднего яруса, в период налива зерна – верхние 2 листа, включая флаговый. Последний учет бурой и желтой ржавчины проводят в фазу молочно-восковой спелости, стеблевой – в период восковой или полной спелости зерна [табл. 90].

Наблюдения за уединиоспорами ржавчины в приземном слое воздуха, атмосфере и осадках. Для определения сроков заражения растений видами ржавчины нужно вести постоянный мониторинг за содержанием их спор в воздухе и выпадаемых осадках. Наиболее распространенным и доступным методом анализа заноса спор воздушным потоком является улавливание их флюгерным приспособлением [рис. 42] или споролушками типа ПЛС-71 и ПЛС-71М. Оно проводится в период возможного развития ржавчины на пшенице: от фазы кущения до начала налива зерна. Приборы устанавливают среди посевов, предметные стекла, смазанные вазелином или касторовым маслом, следует менять через 2-3 дня. На наклейку записывают название или географические координаты наблюдательного пункта, число и месяц. Анализируются в лаборатории при слабом увеличении микроскопа (8 × 20 или 10 × 20). При отсутствии спор или неболь-

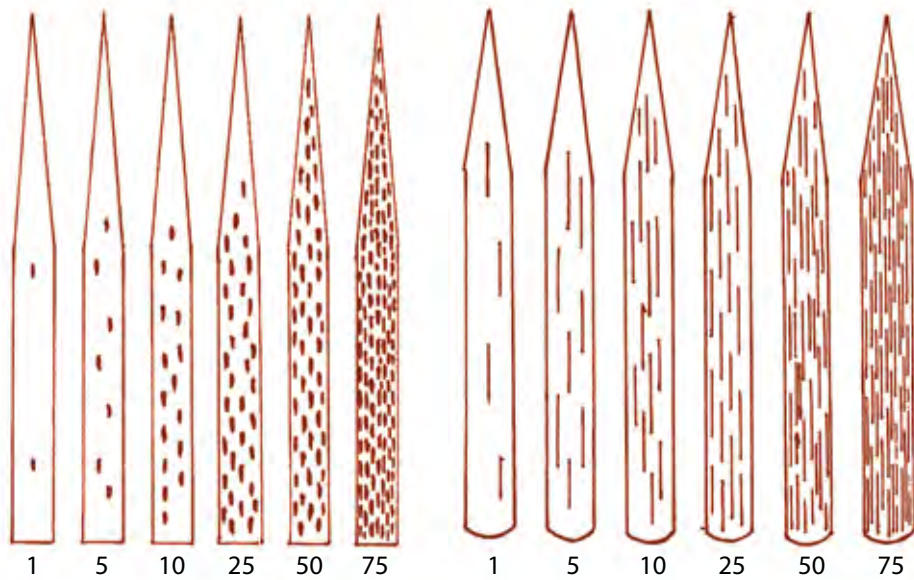


Рисунок 40. Шкалы для оценки степени пораженности листьев пшеницы ржавчиной: (а) Русакова – бурой ржавчины, (б) Маннерса – желтой ржавчины

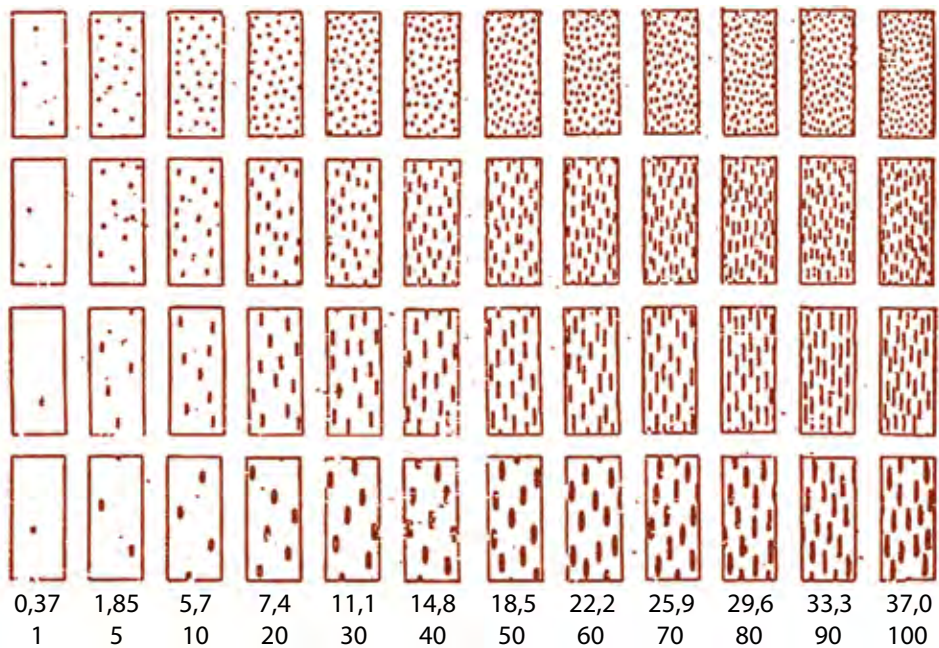


Рисунок 41. Модифицированная Коббом шкала Петерсона (Peterson et al. 1965) для оценки степени пораженности листовой и стеблевой ржавчиной

Таблица 89. Основные органы для учета болезней пшеницы с воздушно-капельной инфекцией

Болезни	Стадии развития растений по Задоксу			
	31-39	49-59	61-69	71-92
Бурая ржавчина	ЛНЯ	ЛСЯ	ФЛ	ФЛ
Септориоз, желтая пятнистость	ЛНСЯ	ЛСЯ	ФЛ, КП	ФЛ, КП
Стеблевая ржавчина	СМС	СМС	СМС	СВМС, КП
Желтая ржавчина	ЛНСЯ	ЛСВЯ	ФЛ, КП	ФЛ, КП
Мучнистая роса	ЛНЯ	ЛСЯ	ЛСЯ	–
Условные сокращения: ЛНЯ – листья нижнего яруса; ЛНСЯ – листья нижнего и среднего ярусов; ЛСВЯ – листья среднего и верхнего ярусов; ФЛ – флаг-лист; СМС – средние междоузлия стеблей; СВМС – средние и верхние междоузлия стеблей; КП – колосковые пленки.				

шом их количестве просматривается вся поверхность предметного стекла, при наличии 1-2 спор – 2/3; 3-4 спор – 1/2, 5-10 – 1/3; более 10 спор – 1/5 его поверхности. Определяется вид ржавчины, число спор учитывается в 10 полях зрения микроскопа, как при определении заспоренности семян телиоспорами твердой головки.

Для получения данных о наличии спор ржавчины, оседающих с осадками, проводят анализ дождевой воды. Для этой цели применяют прибор, состоящий из воронки диаметром от 15 до 24 см, со стеклянной трубкой длиной 20-30 см и диаметром 44 мм. В нижней её части устанавливают микрофильтр, который пропускает воду, но задерживает споры грибов [рис. 43]. После каждого дождя анализируется содержание спор ржавчины и других патогенов на фильтре путем центрифугирования и микроскопирования осадков.

Количество урединиоспор на 1 м² площади рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{n \times 10^4}{S},$$

где: N – количество спор на 1 м², шт;

n – количество спор на всей поверхности фильтра, шт;

S – площадь верхней горизонтальной части воронки, см².

Если в период стеблевания пшеницы в течение суток в воздухе и осадках улавливаются две и более спор ржавчины на 1 см² и условия для заражения растений благоприятные, то следует ожидать массовую вспышку болезней через 7-10 суток. Возникновение эпифитотий ржавчины возможно при обнаружении 10-15 спор на 10 см² в период колошения пшеницы.

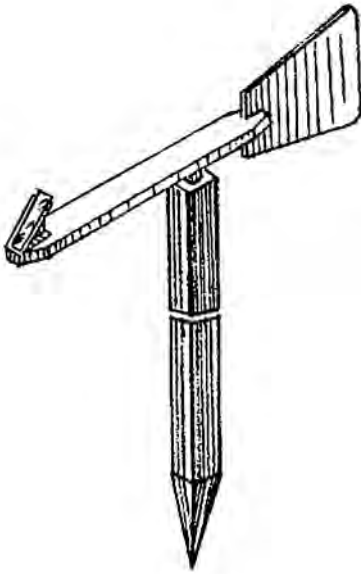


Рисунок 42. Флюгер для улавливания спор ржавчины в воздухе

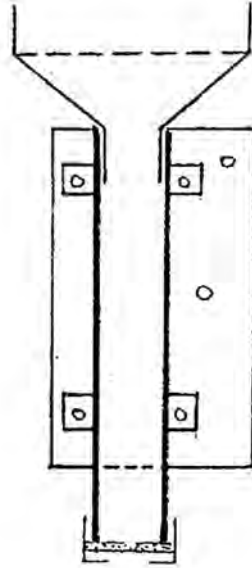


Рисунок 43. Прибор для учета спор ржавчины в дождевой воде

Со дня обнаружения урединиоспор гриба в приземном слое воздуха необходимо постоянно следить за относительной влажностью, среднесуточной температурой и появлением первых урединий гриба на листьях и стеблях. Важное значения для заражения растений имеет наличие росы. Заражение пшеницы бурой ржавчиной при средней температуре от 10 до 15°C происходит при продолжительности росяного периода более 5 часов, от 16 до 20°C сокращается до 4 часа.

Скорость развития возбудителей ржавчины зависит от температуры воздуха. Время, необходимое для одной генерации гриба, можно определить по формуле:

$$n = \frac{C}{T - t},$$

где: n – продолжительность генерации, сутки;

C – сумма эффективных температур для развития одной генерации, °C;

T – среднесуточная температура воздуха, °C;

t – нижний температурный порог развития грибов.

Сумма эффективных температур, т.е. среднесуточных, превышающих нижний порог развития возбудителя бурой ржавчины, составляет 85°C, стеблевой – 125, желтой – 171, нижние пороги – 1,9, –2 и –0,7°C соответственно (методические указания, 1981; 1982). Пользуясь специальными номограммами или моделями можно прогнозировать интенсивность поражения посевов пшеницы видами ржавчины к молочно-восковой спелости зерна и возможные потери урожая зерна, определить необходимость химической защиты посевов от болезни и оптимальные сроки ее проведения.

Идентификация урединиоспор возбудителей ржавчины. У стеблевой ржавчины они имеют эллипсоидальную форму и четкий контур из-за окрашенной оболочки, бурой и желтой ржавчины - шаровидные или округло-овальные, примерно одинакового размера. Оболочка урединиоспор желтой ржавчины бесцветная, 1-2 мкм толщины, покрыта очень мелкими шипиками и 10-12 ростковыми порами; у бурой ржавчины 1-2 мкм толщины, густо покрыты маленькими шипиками, с 8-10 ростковыми порами.

4.1.2 Пятнистости листьев, мучнистая роса

Распространение и степень развития видов септориоза, желтой пятнистости или пиренефороза учитывают одновременно с ржавчиной. Для определения степени пораженности листьев можно использовать унифицированную шкалу Джеймса показателями: 1, 5, 10, 25, 50 и 100% [рис. 44а], колосьев – 5, 10, 25 и 50% [рис. 44б].

В регионах, где возделывают озимую пшеницу, наблюдения за мучнистой росой проводят осенью, продолжают весной следующего года, на яровой пшенице – от стеблевания до колошения. Степень пораженности листьев и других органов определяют по видоизменной шкале Э.Э. Гешеле [рис. 45].

4.2 Виды головни, корневые гнили и другие болезни

Виды головни учитывают в период восковой или полной спелости зерна при апробации посевов. Для этого по диагонали поля через равные расстояния (50-100 метров) проверяют на корню или отбирают для детального анализа 1000 стеблей (по 25-50 с каждой площадки), пыльную легко определить во время цветения пшеницы. При анализе апробационного снопа учитывают все виды головни.

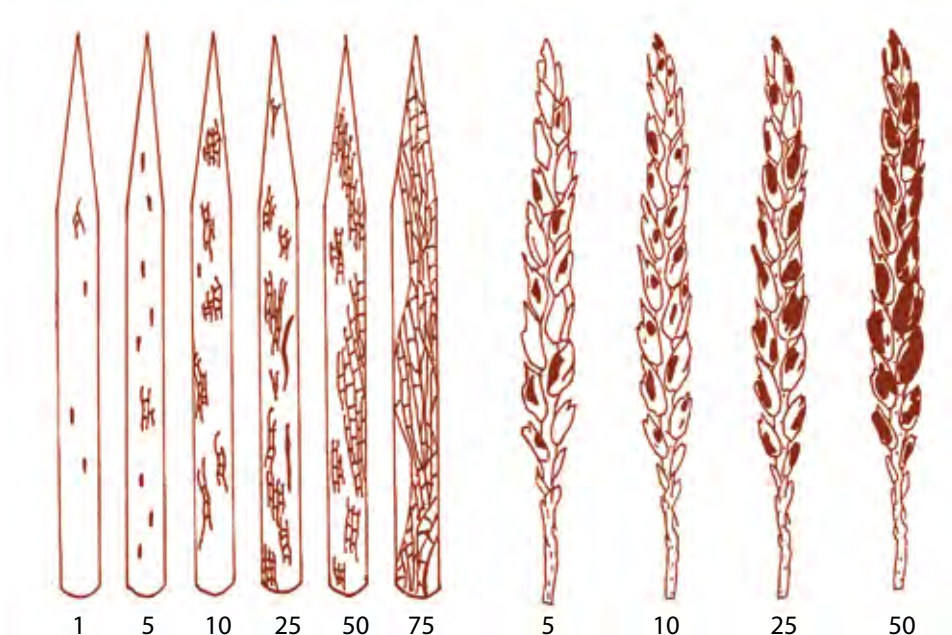


Рисунок 44. Шкалы для оценки пораженности листьев (а) и колоса (б) пшеницы грибными пятнистостями

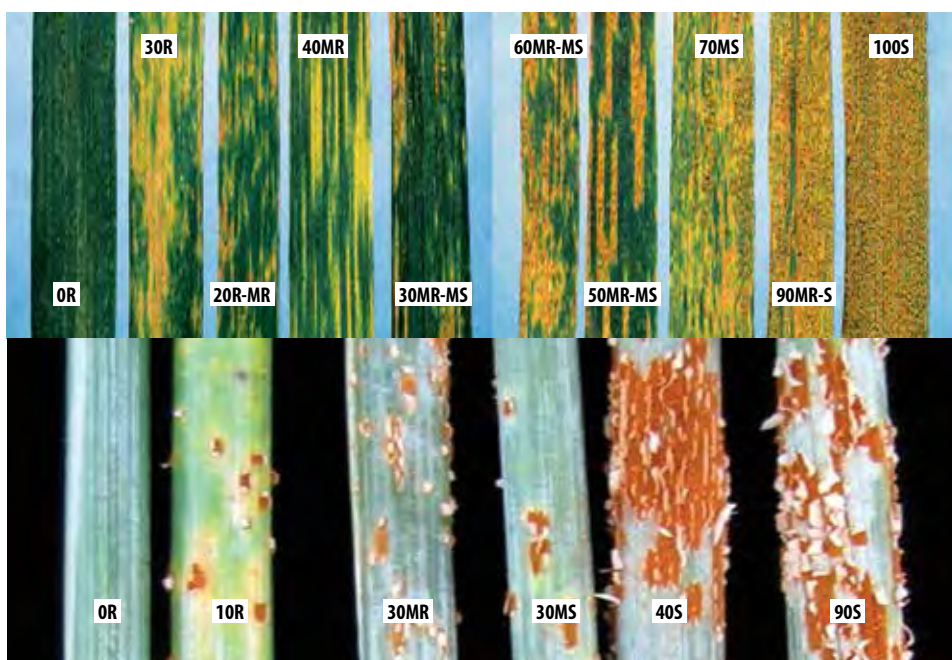


Рисунок 45. Шкалы СИММИТ для оценки реакции и степени пораженности пшеницы видами ржавчины

Корневые гнили. Учет пораженности пшеницы болезнью проводят в фазу 2-3 листьев и перед уборкой урожая: через каждые 25-50 метров берут 10 проб, вырывая с корнем 10-20 растений с каждой площадки. В лаборатории их анализируют, пораженность всходов определяют в баллах по шкале ВИЗР:

- 0 балла – признаки болезни отсутствуют;
- 0,1 балла – единичные штрихи на coleoptile;
- 1 балл – слабое побурение coleoptile;
- 2 балла – умеренное побурение coleoptile;
- 3 балла – сильное побурение, проникающее под coleoptile;
- 4 балла – погибший проросток.

В фазу восковой или полной спелости зерна проводят второй учет, пробы отбирают аналогично, как в фазу всходов, или можно использовать апробационные снопы. В лаборатории основание корня очищается от листьев, определяется степень развития болезни по 4-х балльной шкале [рис. 46].

- 0 балла – здоровые растения;
- 0-1 балл – у основания стебля или у его подземной части бурые штрихи или полосы, занимают до 1/5 части пораженного органа;
- 2 балла – коричневые полосы или пятна, охватывающие от 25 до 50% поверхности пораженного органа;
- 3 балла – сильное побурение первого стеблевого и подземного междоузлия;
- 3-4 балла – отсутствие продуктивных стеблей при наличии симптомов по баллу 3.

3-4 – При отборе проб растений на корневую гниль в 10 точках берут почву весом 1-2 кг, инфицированность её возбудителем болезни определяют по методике Ледингама и Чина (1955). Просеивают её через сито диаметром 1 мм, взвешивают 10 г и помещают в пробирку 20×200 мм, приливают 5 мл веретенного или другого минерального масла, 30 мл водопроводной воды. Закрытую резиновой пробкой пробирку помещают в горизонтальном положении на ротатор и взбалтывают с постоянной частотой в течение 10-15 мин. После отстаивания пробирки в течение 1-1,5 ч, капли эмульсии объемом 0,01 мм просма-

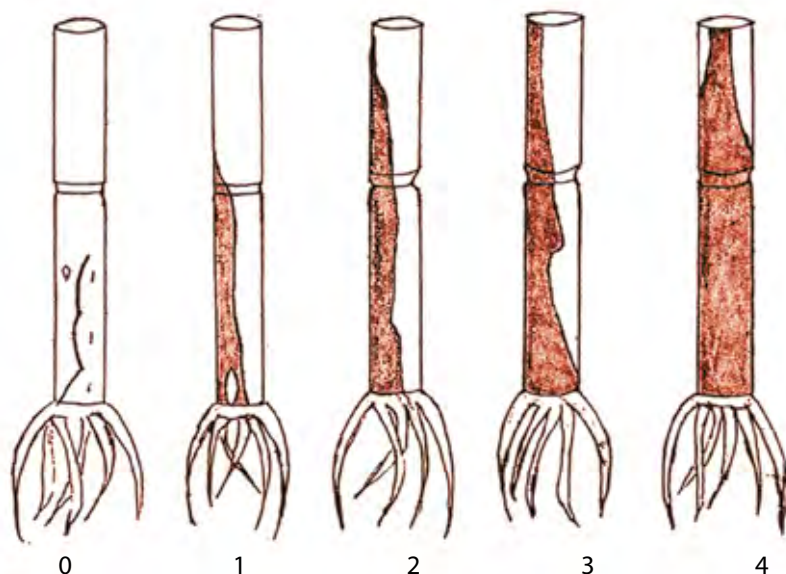


Рисунок 46. Шкала для оценки степени поражения нижнего междоузлия пшеницы корневой гнилью

тривают на предметном стекле под биноклем или микроскопом при увеличении $40-80\times$ в 10-кратной повторности. Соответствующим пересчетом определяют количество конидий в 1 г почвы.

Вирусные и бактериальные болезни. В период колошения – молочной спелости зерна по диагонали поля на 10 площадках подсчитывают общее количество растений на 1 погонном метре и пораженных вирусными болезнями. Степень их проявления определяют по шкале Г.М. Развязкиной:

- 0 балла– здоровые растения;
- 1 балл– слабое поражение, листья с симптомами мозаики;
- 2 балла– среднее поражение, на листьях признаки мозаики;
- 3 балла– сильное поражение, листья ярко мозаичные, растения карликовые;
- 4 балла– погибшие растения.

Распространению бактериальных болезней пшеницы определяют при мониторинге листовой ржавчины и септориоза. Для оценки степени их развития на листьях и колосковых пленках можно использовать шкалы, рекомендованные для учета пятнистостей.

4.3 Методы фитоэкспертизы семян, экономические пороги их зараженности

Как известно, семена являются источником и участвуют в передаче инфекций многих болезней растений. Основными патогенами пшеницы, передающимися семенами, являются возбудители пыльной, твердой и карликовой головни, септориоза, гельминтоспориозной (*Bipolaris sorokiniana*) и фузариозной (виды *Fusarium*) корневых гнилей и бактериоза. Кроме того, в период формирования, уборки и хранения семена заселяются многочисленными эпифитными и сапрофитными грибами, в т.ч.: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Trichotecium* и др., а также плесневыми – виды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*. Последние интенсивно развиваются при высокой влажности семян (15-16%) и снижают полевую их всхожесть. Возбудители «черного зародыша» пшеницы грибы *A. tenuis* и *A. alternata*. Первый вид существенно не влияет на посевные качества семян и технологические свойства муки в связи с его локализацией в плодовой оболочке, а второй проникает глубже, поражая зародыш и снижает всхожесть.

В связи с изложенным необходимо определение зараженности семян инфекционными зачатками возбудителей болезней. Они присутствуют в виде примесей к семенам: телиоспор головни, конидий грибов, клеток и спор бактерий. Наиболее распространенными методами фитоэкспертизы семян являются визуальный, центрифугирование, биологический, бактериологический и анатомический анализы. В отдельных случаях применяют серологический и люминесцентный методы (Наумова, 1970; Кривченко с соавт., 1971).

Контрольный анализ семян пшеницы на грибную и бактериальную инфекцию проводят районные и областные инспекции Министерства сельского хозяйства, при необходимости лаборатории научно-исследовательских институтов и опытных станций.

Визуальный осмотр проводится одновременно с анализом чистоты семенного материала. При этом устанавливают наличие в зерне примесей головневых мешочков и рожков спорыньи. Семена рассыпают на стекло тонким слоем и делят линейкой на 4 треугольника, из каждого отбирают по 100 зерен и по шкале А.Г. Тороповой определяют степень пораженности их «черным зародышем»:

- 0 балла – здоровые семена;
 0,5 балла – следы окрашивания зародыша размером с точку;
 1 балла – потемнение зародыша и окружающей ткани;
 2 балла – потемнение охватывает за пределами зародыша до $\frac{1}{2}$ поверхности зерна;
 3 балла – то же более $\frac{1}{2}$ поверхности зерна.



Рисунок 47. Схема фитоэкспертизы семян пшеницы на зараженность грибной и бактериальной инфекцией

Для анализа зараженности семян комплексом патогенов проводятся дополнительные анализы методами: на заспоренность твердой головней – центрифугирование, пыльной головней – гистологический, инфицированность септориозом и гельминтоспориозом – биологическим.

Путем обмывки и центрифугирования устанавливают заспоренность семян пшеницы телиоспорами наружных видов головни, а также конидиями грибов *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Septoria*. Для этой цели из среднего образца отбирают 2 пробы по 100 зерен, их помещают в чистые пробирки, заливают 10 мл воды и взбалтывают. После этого воду сливают в специальные пробирки и центрифугируют в течение 5 минут при оборотах 1 000-1 500. Из пробирки сливают воду, осадок взмучивают, наносят каплю его на предметное стекло и просматривают под микроскопом в 10 поле зрения. Данные суммируют и определяют среднее количество спор головни для каждой пробы по формуле:

$$X = (A \times K) : 100,$$

где: X – число спор на 1 зерно;

A – среднее число спор на 1 поле зрения микроскопа;

K – постоянный коэффициент: произведение числа полей микроскопа, размещающихся на покровном стекле, умноженное на число капель в 0,5 мл.

Площадь поля зрения микроскопа определяют по формуле:

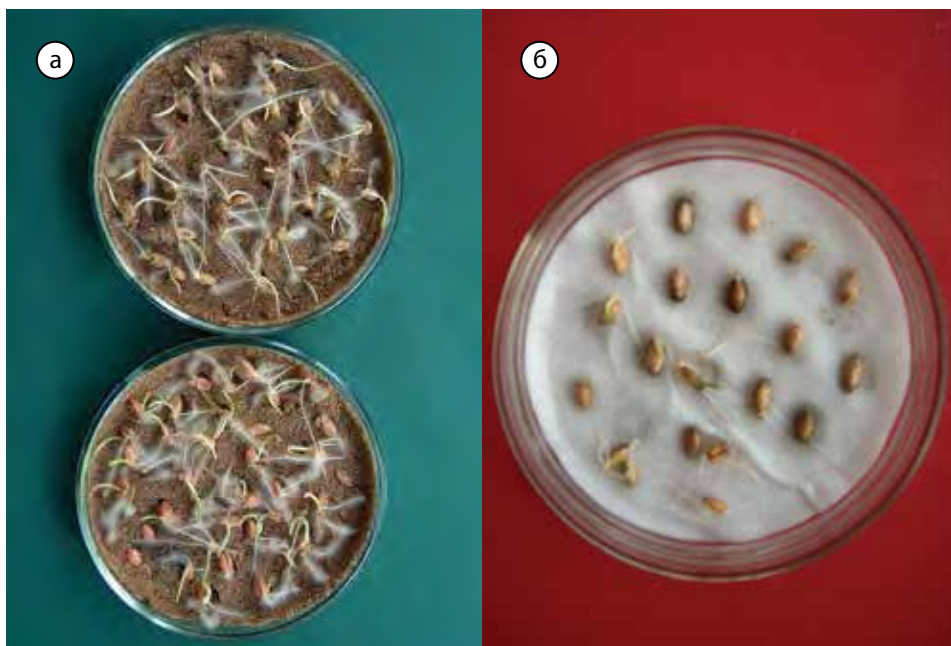
$$S = \pi R^2,$$

где: π – постоянное число, равное 3,14;

R – диаметр поле зрения микроскопа.

Диаметр поля зрения микроскопа измеряют посредством объективного микрометра при определенном увеличении, затем подсчитывают число делений в одном, которое умножают на величину деления.

Биологический метод. Из исходного образца семя отбирают по 50 зерен и анализируют их во влажной камере. Для этого на стерильное дно чашки Петри кладут 2-3 слоя фильтровальной бумаги или кружочки марли, увлажняют их стерильной водой. Для выявления внутренней инфекции семена предварительно дезинфицируют в



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 48. Фитоэкспертиза семян пшеницы в стерильном песке (а) и на фильтровальной бумаге (б) для определения зараженности грибной инфекцией

0,5% растворе перманганата калия (KMnO_4) в течение 5 минут или 0,1% растворе формалина, затем промывают стерильной водой. Чашки Петри с высеванными семенами инкубируют в термостате при 20-25°C течение 5-7 суток. Затем их анализируют визуальнo или при слабом увеличении микроскопа.

Для анализа зараженности семян пшеницы гельминтоспориозной, альтернариозной и фузариозной инфекциями проращивают по 20-25 зерен в 4-5 – кратной повторности при температуре 25°C в чашках Петри на увлажненном песке или фильтровальной бумаге. На 7-е сутки просматривают их визуальнo, при наличии спороношения грибов при слабом увеличении микроскопа по морфологии конидии определяют видовой их состав.

Возбудители многих грибных и бактериальных болезней хорошо растут на искусственных питательных средах. Поэтому, для определения инфицированности семян и грибной или бактериальной инфекцией, идентификации возбудителей наряду с влажной камерой могут быть использованы синтетическая среда Чапека и картофельный агар.

© ФАО / Мурат Койшыбаев



Рисунок 49. Проращивание семян на бумажных рулонах для установления пораженности их грибной и бактериальной инфекцией

© ФАО / Мурат Койшыбаев

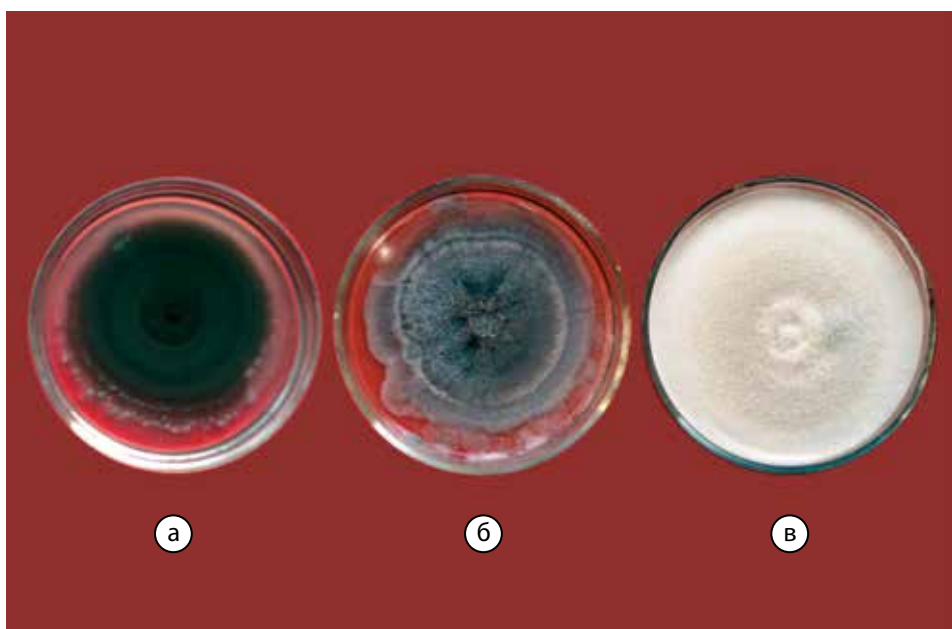


Рисунок 50. Колонии грибов *Bipolaris sorokiniana* (а), *A. tenuis* (б), *Fusarium* spp (в) на искусственной питательной среде

Гистологический метод применяется для определения зараженности семян пшеницы пыльной головней. Кипятят их в колбе в 3%-ном растворе КОН или NaOH (из расчета 100-150 мл раствора на 100-120 зерен), на ситах размером 5, 3 и 1 мм зародыши отделяют от эндосперма и тщательно промывают водопроводной водой. В течение 2-4 минут окрашивают их в 1%-ном растворе анилинового синего, приготовленного в 40-45% уксусной кислоте, затем зародыши промывают в молочной кислоте для удаления лишней краски. В этом растворе их можно оставить на 2-3 дня (Кривченко, 1985).

Серологический метод применяется для диагностики бактериальных болезней пшеницы. Капельный метод, разработанный М.С. Дуниным и Н.Н. Поповой, позволяет идентифицировать возбудителей черного и базального бактериоза пшеницы. Для этого на предметном стекле смешивают специальную сыворотку с чистой культурой бактерий. При положительной реакции выпадает осадок, заметный невооруженным глазом.

Люминесцентный анализ. Семена пшеницы раскладывают в один ряд на черной бумаге, затем их на расстоянии от 15 до 30 см помещают под ртутно-кварцевую лампу. При этом здоровые семена дают сине-голубую или сине-фиолетовую флуоресценцию, а зараженные пыльной головней – не флуоресцируют, имеют тусклый вид. При поражении семян грибами из родов гельминтоспориум, фузариум и патогенными бактериями наблюдается аналогичная реакция.

На основе анализа результатов многолетних экспериментальных исследований и обобщения литературных данных разработаны предельно допустимые показатели пораженности колосьев головней, инфицированности семян и зараженности почвы возбудителем корневой гнили [табл. 91].

При зараженности семян выше указанных показателей рекомендуется обязательное их протравливание. Минимальные индексы инфицированности берутся при возделывании восприимчивых сортов или неблагоприятной фитосанитарной ситуации, а максимальные – для сравнительно устойчивых сортов и при благоприятных для роста и развития растений погодных условий.

Таблица 91. Критические параметры инфицированности
семян и почвы возбудителями болезней

Болезни	Объект мониторинга	Методы анализа*	Допустимая зараженность
Твердая головня	семена: телиоспоры	ЦМ	100-500 шт/зерно
Пыльная головня	семена: мицелий	ГМА	0,5-1,0%
Твердая, карликовая и пыльная головня	пораженность колосьев в поле	АП и ВА	0,1-0,5%
Гельминтоспориоз	семена	БР	5-10%
Фузариоз	то же	ВК	5-15%
Септориоз	то же	БР	5-10%
Плесневение	семена	ВК	5-10%
*Условные обозначения: ЦМ – центрифугирование смывов из зерна и микроскопирование; ГМА – гистологический и микроскопический анализы; АП и ВА – апробация посевов, визуальный анализ; ВК – влажная камера; БР – бумажные рулоны			

ГЛАВА V



© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Селекция пшеницы на устойчивость
к видам ржавчины, септориозу
и другим болезням**

ГЛАВА V

Селекция пшеницы на устойчивость к видам ржавчины, септориозу и другим болезням

5.1 Проблемы и стратегия селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине

С.Ф. и В.С. Коваль, В.П. Шаманин (2010) указывают, что реальная и весьма ограниченная величина продуктивности растения и урожая с площади посевов связано с громадными потерями потенциала от неблагоприятных условий, поражения вредителями и болезнями, несовершенства сельскохозяйственных машин и технологий. Сорт-это самопроизводящая популяция, обладающая потенциалом биологической продуктивности и адаптивности, которые обеспечивают необходимый уровень урожая и качества продукции в конкретных условиях экологии и агротехники. Для построения модели сорта требуется предварительно уяснить, за счет улучшения каких параметров предполагается повысить основные хозяйственные его показатели.

Еще в 30-годы прошлого века академик Н.И. Вавилов указывал, что важным и решающим методом в борьбе с грибковыми и бактериальными заболеваниями растений является выведение иммунных сортов, основанных на использовании природного иммунитета. Он подчеркивал: «Труднейшей и в то же время наиболее актуальной задачей современной селекции является соединение в одном и том же сорте иммунитета одновременно к различным заболеваниям. В качестве приоритетных объектов ученый указывал бурую, желтую и стеблевую ржавчину, твердую, пыльную и стеблевую головню пшеницы.

Согласно Ван дер-Планка устойчивость растений бывает специфическая и неспецифическая или вертикальная и горизонтальная. Если сорт устойчив к нескольким расам патогена, то такая устойчивость вертикальная или перпендикулярная, если устойчивость равномерно распределяется на все расы патогена, то это горизонтальная или латеральная устойчивость. Исторически первые успехи селекции на устойчивость связаны с использованием вертикальной устойчивости. Однако частые случаи потери такой устойчивости сортами, особенно пшеницы к видам ржавчины, это заставило многих селекционеров и генетиков отказаться от вертикальной устойчивости (Дьяков, 2003).

А.А. Макаров с соавторами (2003) указывают, что сорта с расо-специфической устойчивостью оказывают сильное давление на популяцию патогена, что приводит к накоплению на них вирулентных патотипов гриба. В тоже время сорта с неспецифической устойчивостью, как правило остаются в производстве длительное время, они поражаются многими патотипами возбудителя, но не в сильной степени и большого снижения урожая не происходит. В связи с этим селекция сортов пшеницы с неспецифическим типом устойчивости к бурой ржавчине или объединение в новом сорте специфического и неспецифического типов устойчивости являются более предпочтительным, хотя более и более сложным методом выведения ржавчиноустойчивых сортов. Основные проблемы – трудность отбора нужных генотипов растений по фенотипическому проявлению генов: обуславливающих устойчивость.

На международном симпозиуме по желтой ржавчине, проходившем в 2009 г. в Турции было указано, что ржавчинные болезни пшеницы требуют серьезного внимания в связи с глобальными эпидемиями. Необходимо систематически вести мониторинг за их распространением, изменениям расового состава патогенов, проводить углубленные исследования по генетике устойчивости культуры, разработать стратегию селекции и размножение семян новых её сортов. В связи с потеплением климата и накоплением инфекции патогенов может возникнуть опасная ситуация, например, при эпифитотии стеблевой ржавчины возможно уничтожение до 50% урожая. (Hodson et al., 2014).

В условиях интенсификации зернового производства особенно важно иметь эффективную стратегию селекции на устойчивость к болезням. В республиках Центральной Азии, южном и юго-восточном регионах Казахстана особо опасными болезнями озимой пшеницы являются желтая ржавчина, септориоз и желтая пятнистость или пиренофороз. В годы эпифитотийного развития первой болезни в Таджикистане и Узбекистане на необработанных фунгицидами полях потери зерна достигали 30-40% и более (Rachmatov et al., 2014; Khalichulov et al., 2014; Койшыбаев с соавт, 2010; 2012).

Р.А. Оразалиев с соавторами (2004) указывают, что потенциальная урожайность внесенных в реестре сортов озимой пшеницы в Центральной Азии не менее 5-7, у отдельных сортов максимальная достигает 9-12 т/га. Большое значение в селекционно-генетиче-

ских исследованиях этой культуры имеет изучение разнообразие по глиадинкодирующим локусам и глютенину, а также иммунитет к распространенным болезням, жаро-засухо и морозоустойчивость, высокая адаптационная способность и другие.

В степной и лесостепной зонах Северного Казахстана вся посевная площадь пшеницы засеивается восприимчивыми к бурой ржавчине и септориозу сортами и благоприятные для их развития годы они распространяются до 5-7 миллионов гектарах. Для предотвращения больших потерь урожая от болезней в северном регионе Казахстана фунгицидами обрабатываются до 1,5-2 млн. га, или около 15-20% площади этой культуры. В связи погодными условиями и организационными вопросами химическая защита посевов не всегда проводится в оптимальный срок и достигается высокий биологический эффект, окупаются произведенные затраты, которые составляют от 10-12 до 20-25 долларов США на 1 га. Кроме того, при средней урожайности пшеницы не более 1,5-2 т/га применение фунгицидов для защиты посевов снижает уровень рентабельности зернового производства и увеличивает экологическую нагрузку на природу (Койшыбаев, 2010; 2012).

Аналогичная фитосанитарная ситуация складывается в Западной Сибири, Южном Урале, Алтайском крае и других регионах Российской Федерации (Немченко с соавт., 2011; Шаманин с соавт., 2010, 2014).

Во многих странах Северной и Восточной Африки, Центральной и Южной Азии из-за высокой вредоносности желтой и стеблевой ржавчины, особенно расы Ug99, становится невозможным получить высокий урожай без химической защиты посевов. Она оправдана в регионах, где средняя урожайность пшеницы превышает 2-3 т/га, с низкой себестоимостью зерна (Yachyaoui et al, 2012; Hodson et al, 2015; Park 2015)

Немецкий ученый Д. Шпаар (1994) подчеркивал, что возделывание относительно устойчивых к болезням сортов в сочетании с агротехническими и санитарно-гигиеническими мероприятиями позволяет минимизировать применение химических средств защиты растений. Автор предлагает использовать для посева сорта, отличающиеся по генетической системе, т.е. создать мозаику или решетку невосприимчивых сортов с различными носителями устойчивости.

Согласно теории Флора «ген на ген», в процессе сопряженной эволюции с растением-хозяином паразит также совершенствуется, у него возникают новые гены, преодолевающие барьер устойчивости сорта. Возникновение новых рас ржавчинных грибов происходит в результате мутации и рекомбинации генов. Многочисленные исследования подтвердили, что с возникновением новых рас патогена сорта часто теряют к ним устойчивость. В результате направленной селекции ускоряется формообразовательный процесс не только у растений, но и у патогенов (Гойман, 1954; Tapp, 1975). В связи с этим академик Р.А. Уразалиев (2004) пишет: «Насколько интенсивно не шел селекционный процесс, существующее разнообразие грибных, бактериальных, вирусных и микоплазменных болезней, а также появление агрессивных и вирулентных рас заставляют прибегать к химическим средствам защиты растений».

В то же время мировой опыт свидетельствует о возможности методами классической селекции, биотехнологии и генной инженерии создания сортов пшеницы длительной устойчивостью к видам ржавчины и другим болезням. Дж. Снэйп с соавт. (2003) указывают, что генетические карты растений позволяют контролировать комплексные признаки, генная инженерия является дополнительным инструментом для их модификации, возможность секвенирования целого генома. Для успешной селекции пшеницы на устойчивость к облигатным паразитам, в частности к видам ржавчины, прежде всего, необходимо привлекать для гибридизации источников или доноров устойчивости (Пыжикова, 1989; Михайлова с соавт., 2005; Коваленко с соавт.; Санин, 2012 и др.).

С. Ф. Коваль с соавторами (2010) указывают, что селекция на устойчивость к облигатным паразитам основана на введении в генотип нового сорта эффективного гена. Однако паразиты мутируют и использованные гены через какое-то число поколений теряют эффективность. В большинстве случаев устойчивость широко распространенных коммерческих сортов к ржавчине оказывается преодоленной достаточно быстро (через 7-10 лет). В связи с этим состязание селекционера с инфекцией напоминает «бег по бегущей дорожке», и требует использования все новых и новых генов устойчивости. Мутации некоторых генов вирулентности бывают смертельными для паразита, но число подобных генов невелико и многие из них сцеплены с нежелательными признаками. В мировой практике

селекции пшеницы нашли ограниченное применение высокоэффективные гены иммунитета к бурой ржавчине Lr9 и Lr19. В связи с этим выгодно создавать сорта сельскохозяйственных культур не вертикальной устойчивостью, которая контролируется олигогенно или одним сильным геном, а горизонтальной, имеющая полигенное наследование и контролируемая несколькими малыми генами. К последним адаптация паразита бывает затруднена и устойчивость сорта сохраняется долго. Сложность заключается в том, что полигенный комплекс горизонтальной устойчивости имеет склонность расщепляться и в потомстве могут отсутствовать устойчивые к патогену линии. Можно также использовать гетерогенные популяции сорта, содержащие несколько генов вертикальной устойчивости.

О.П. Митрофанова (2007) указывает, что оценка географического разнообразия сортов пшеницы с применением генологического анализа полезна для уточнения стратегии и программы селекции, выбора приоритетных направлений. Это позволяет выявить генетически различающиеся доноры и источники аллелей генов устойчивости, показать степень их использования. По развернутым родословным предложены аллели генов, контролирующих устойчивость пшеницы к мучнистой росе, твердой и пыльной головне, фузариозу колоса, что позволяет выявить генетически различающиеся доноры. Т.С. Маркелова и Е.А. Нарышкина (2013) считают, что для создания устойчивых к болезням сортов, прежде всего, нужны источники, далее определение характера наследования признака, полевая оценка селекционного материала на естественном и искусственном фонах. В период 2006-2011 гг. в Северо-Кавказском регионе, Центрально-Нечерноземной зоне на фоне искусственного заражения проводился скрининг более 5 000 сортов озимой и яровой пшеницы из коллекции ВИР, СИММИТ, США и других стран. Источники устойчивости к бурой ржавчине выявлены больше из стран Южной (Аргентина, Уругвай, Чили), Северной и Центральной Америки (Коваленко с соавт., 2013).

Л. А. Беспалова (2004) с соавторами указывают, что в Краснодарском крае еще в 1930 голу были выделены гибридные линии озимой пшеницы, устойчивые к бурой ржавчине. В настоящее время главная задача селекции – создание сортов с различным типом развития, фотопериодичностью, расспецефической полевой устойчивостью и толерантными к патогенам за счет большого набора генетически

разнообразных, высокоадаптивных её гермоплазм; мозаичное размещение по территории сортов, различающихся по устойчивости к ржавчине и быстрая сортосмена.

И.А. Белан с соавторами (2008) анализируя многолетние данные по продуктивности и экологической пластичности сортов яровой пшеницы Западной Сибири приходят к выводу, что урожайность – это интегральный показатель с многочисленными коррелятивными связями и соподчиненными признаками, в том числе по устойчивости к ржавчине. При создании высокопродуктивных сортов часто наблюдается противоречие между откликом на благоприятные условия и стабильностью урожая. Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что на долю общей изменчивости в группе среднеранних сортов приходится 25%, среднеспелых – 38,3, среднепоздних – 29,8%.

Д.А. Корнюхин (2007) считает, что создание новых сортов яровой пшеницы требует привлечение разнообразного исходного материала. Местные сорта рассматриваются как богатый источник ценных аллелей генов, контролирующих устойчивость к неблагоприятным факторам среды, в том числе фитопатогенам.

Е.Д. Коваленко (2012, 2013) и В.П. Шаманин с соавторами (2012) указывают, что успех селекции сортов пшеницы с продолжительной защитой от болезней всецело зависит от исходного материала, который должен характеризоваться генетическим разнообразием, сочетанием разных генов устойчивости, сдерживающих развитие патогена; правильного выбора генотипов для скрещивания, используемых генетических маркеров, благоприятных погодных условий для развития болезней, состава искусственного инфекционного фона для отбора. Селекция на длительную устойчивость состоит из следующих этапов:

- постоянный контроль за появлением потенциально опасных рас патогена;
- создание, оценка и отбор исходного материала для селекции в условиях жесткого инфекционного фона;
- комбинация в сорте генов ювенильной и возрастной устойчивости;
- оценка и отбор генотипов с длительной, в том числе распецифической, частичной устойчивостью.

G. Rutkoski (2015) совместно с учеными СИММИТ разработала новый метод селекции пшеницы на устойчивость к видам ржавчины. Новая технология включает геномную селекцию и количественное фенотипирование, которые позволяют отобрать ценные линии не высевая культуру в полевых условиях. Она состоит из трех этапов оценки: нулевой, первый – геномная и фенотипическая селекция одновременно, второй – генетическая селекция. Геномная селекция включает использование генетических маркеров известных локусов, клонирование нужных генов, оценку популяции. Далее проводится размножение гибридных линий нужными свойствами и дигаплоидизация материала. Предложена модель с основными предикторами, позволяющая отобрать ценные линии в ранней стадии, которые снижают время необходимое для селекционного процесса и повышают точность фенотипирования. Популяция патогена приспосабливается к новому сорту более медленно, когда он имеет длительную устойчивость или характеризуется замедленным развитием болезни.

Создать сорт устойчивый одновременно ко всем болезням практически невозможно и поэтому важным является выбор основных объектов. В практическом плане для озимой пшеницы, которая возделывается в республиках Центральной Азии, южном и юго-восточном регионах Казахстана, наиболее актуальным является селекция на устойчивость к желтой ржавчине, септориозу и желтой пятнистости листьев. Для яровой пшеницы, которая является основной продовольственной культурой и имеет высокий удельный вес в структуре посевов в северном регионе Казахстана, Западной Сибири, Южном Урале и Алтайском крае Российской Федерации – наиболее широко распространенными и вредоносными болезнями являются листовая и стеблевая ржавчины, септориоз (Sharma, Amanov et al., 2012; Rachmatov et al., 2014; Khalichulov et al., 2014; Койшыбаев, 2010, 2012, 2016; Коваленко, соавт., 2013; Шаманин, Коваль, 2010; Белан с соавт., 2014).

Отсутствие устойчивых к болезням с воздушно-капельной инфекцией сортов яровой мягкой пшеницы в Казахстане, на наш взгляд, связано с недостаточным использованием доноров или источников устойчивости, а также несовершенством методов лабораторного и полевого тестирования исходного материала на ранних этапах селекции.

5.1.1 Оценка исходного и селекционного материала

Для селекции устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур важное значение имеет оценка исходного материала и отбор устойчивых форм. Э.Э. Гешеле (1978) рекомендовал схему селекционного процесса, состоящего из 4 этапов. На первом этапе изучается исходный материал, коммерческие и перспективные сорта и проводится целенаправленная их гибридизация. На втором этапе среди гибридных растений отбираются устойчивые к болезням формы. На третьем этапе определяются их устойчивость к основным болезням и размножаются лучшие формы, на четвертом – отобранные формы испытываются на больших делянках.

G. Milus (2015) считает, чтобы провести объективную оценку новых сортов и селекционных линий к ржавчине необходимо соблюдать три принципа:

Первый – каждый регион возделывания пшеницы отличается по структуре популяции патогенов, поэтому необходимо в сортах и линиях использовать региональные гены устойчивости. Она должна определяться не только в лабораторных условиях в ювенильной стадии, но и в поле. В качестве примера ученый привел результаты испытания 20 сортов пшеницы, которые в стадии всходов показали восприимчивость (S), в полевых условиях взрослые растения проявляли реакцию устойчивости (R, MR).

Второй – при патогенезе паразита с растением-хозяином наблюдается три типа устойчивости: авирулентность патогена – устойчивость сорта, вирулентность патогена восприимчивость сорта, частичная вирулентность – частичная устойчивость сорта. Для практики более важным является третий тип устойчивости.

Третий – необходимо учитывать соответствие природных факторов, в частности температуры, влажности воздуха, света, стадии роста растений-хозяина. В лабораторных условиях или теплице мало разнообразия, поэтому оценку вирулентности патогена необходимо проводить на определенных сортах-дифференциаторах при взаимодействии растения-хозяина и паразита в полевых условиях.

T. Walmsley (2015) отметил, что в последние годы в Австралии происходят большие перемены в селекции пшеницы. Полевые опыты закладываются в 45 пунктах, оцениваются более 200 тыс. линий

фенотипирование гермоплазмы, что заметно ускоряет селекционный процесс, который сокращен с 12 до 8 лет. Раньше 6 лет уходило на скрещивание и предварительную оценку, еще 6 лет для полевой оценки селекционного материала, в том числе 3 года на качество зерна. Продолжительность возделывания нового сорта иногда бывает короткой, что чаще связано с потерей устойчивости в связи появлением новых рас ржавчины. Условия года оказывают сильное влияние на результаты, поэтому оценки проводятся в поле. К сожалению еще не полностью устранены факторы, препятствующие внедрению устойчивых к болезням сортов пшеницы, в частности отсутствие или слабое их проявление в отдельные годы, не всегда ценится генетическое разнообразие материала.

Ниже приводится технология организации селекционного процесса пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине, принятая по программе КАСИБ:

- мониторинг вирулентности рас и выявление эффективных генов устойчивости;
- контроль появления новых рас, в частности Ug99 использованием серии изогенных линий известными Sr генами. Устойчивость линий с генами Sr31, Sr24 и Sr36 свидетельствует об отсутствии агрессивной расы патогена в регионе;
- скрининг коллекции пшеницы на устойчивость к местной популяции стеблевой ржавчины и к превалирующим расам, в частности к Ug99;
- выявление источников и доноров устойчивости к местной популяции патогена;
- создание исходного материала для отбора;
- создание инфекционного фона и отбор перспективных линий;
- идентификация генов устойчивости у образцов коллекции и перспективных линий пшеницы с помощью метода молекулярных маркеров;
- создание мозаики сортов с различными генами устойчивости для возделывания в регионе.

Путем использования для гибридизации эффективных доноров устойчивости пшеницы, целенаправленного скрининга гибридного материала, отбора высокоустойчивых форм при эпифитотийном развитии болезней или на искусственном инфекционном фоне, со-

вершенствование методов лабораторного и полевого тестирования селекционных линий можно ускорить создание устойчивых к биотическим стрессам сортов, что имеет не только практическое, но и теоретическое значение. Широкое внедрение в производство устойчивых к болезням сортов пшеницы – основной продовольственной культуры, позволяет снизить пестицидную нагрузку на агроценозы, загрязнение окружающей среды их токсикостатками и получить экологически чистую продукцию с более низкой себестоимостью. Во многих странах, где уделяется к этой проблеме серьезное внимание, имеются определенные успехи. Так, если, в 2010 г. почти все возделываемые в Турции сорта пшеницы были восприимчивы к желтой ржавчине, то в 2013 г. доля устойчивых сортов значительно возросла (Nazary, 2014). В ближайшие годы в Австралии до 70% посевов пшеницы будут высеваться устойчивыми сортами (Park, 2015). В Узбекистане созданы сорта озимой пшеницы, устойчивые к желтой ржавчине.

5.1.2 Патотипный состав возбудителей

Виды ржавчины узкоспециализированны: *P. recondita f. sp. tritici* состоит из физиологических рас или патотипов, поражающих определенный набор сортов. Они подвержены изменениям в пространстве и во времени, что необходимо учитывать при селекции. Для определения расового состава возбудителей раньше применяли сорта-дифференциаторы, например для желтой ржавчины – международный и европейский набор, состоящий из 14 сортов, листовой – 8 сортов, предложенных Мэйнсом и Джексоном, стеблевой ржавчины – 12 сортах, рекомендованных Стэкменом с соавторами.

Для обозначения патотипов возбудителей ржавчины и других патогенов сначала присваивались номера и буква, затем использовались нумерация генов, или сортов-дифференциаторов по порядку, формула вирулентности и авирулентности. В третьей генерации проводилось математическое кодирование, расы обозначались бинарными номерами, применялись цифровые десятичные и другие системы. В последние годы для обозначения патотипов определяли вирулентность к известным генам, например патотип 1 вирулентен для резистентного хозяина 1, патотипы 2 и 3 – для 2 и 3. Кодирование 3 генерации: октальная система имеет ряд преимуществ, при этом сорта-дифференциаторы группируются по 3 набора на 4 груп-

пы, проводится их оценка по двум реакциям: А или R – авирулентность; В или S вирулентность для определения патотипа гриба (Ламперт с соавт., 1993).

Для обозначения рас желтой ржавчины использовали десятичную систему по международному набору, затем по европейскому с прибавлением буквы E. В последние годы для этой цели применяет набор изогенных линий пшеницы с Yr генами, для листовой ржавчины – с Lr генами; стеблевой – Sr генами. В настоящее время у возбудителя желтой ржавчины зарегистрированы более 30 генов, листовой – более 40 и стеблевой – 48 генов вирулентности (Михайлова с соавт., 2003; Санин, 2012; Roelfs, Singh, 1992 Yachiaoui et al., 2006).

Генотипический состав возбудителя листовой ржавчины определяют по методике Грина с соавторами использованием изогенных линии сорта Thatcher, желтой – линии Avoset и Yupateco с Yr генами, стеблевой – сортов и образцов пшеницы и других злаков с Sr генами. Для обозначения фенотипа или патотипа использует Prt код, состоящий из согласных букв латинского алфавита (Например, для определения патотипного состава листовой ржавчины рекомендованы 3 набора изогенных линий сорта Thatcher [табл. 92].

Для идентификации патотипного состава *P. striiformis* предложены 3 набора изогенных линий пшеницы: 1 – набор: Yr1, Yr6, Yr7, Yr10, второй – Yr8, Yr12, Yr18, YrSP и третий – Yr5, Yr9, Yr26 и Yr27. При этом линии первых двух наборов идентичны по генам устойчивости к международным и европейским сортам – дифференциаторам. Определение патотипного состава возбудителя стеблевой ржавчины проводится на трех наборах изогенных линий: 1 набор – Sr5, Sr21, Sr9e, Sr7b; 2 набор – Sr11, Sr6, Sr8a, Sr9g; 3 набор – Sr36, Sr9b, Sr30b, Sr17 и дополнительном – Sr24, Sr25, Sr27, Sr32.

Таблица 92. Тип инфекции (L, H) некоторых рас *P. recondita f. sp. tritici* на линиях пшеницы Thatcher (по Михайловой с соавт., 2003 г.)

Международ. стандарт или раса	Un	Код	Линии с Lr генами											
			1-набор					2-набор				3-набор		
			1	2a	2b	3	9	16`	24	26	3ka	11	17	30
77	13	TBG	H	H	H	H	L	L	L	L	L	H	L	L
77	13	TLG	H	H	H	H	H	L	L	L	L	H	L	L
52	5	MBG	H	L	L	H	L	L	L	L	L	H	L	L
52	5	MBR	H	L	L	H	L	L	L	L	H	H	L	H
52	5	MDG	H	L	L	H	L	L	H	L	L	H	L	L

Д. Milus (2015) предлагает не определять название рас, а использовать формулу с градацией по степени пораженности по 9-балльной шкале, например, 2... 6, 7, 9.

5.2 Желтая ржавчина

5.2.1 Распространение и устойчивость сортов

Желтая ржавчина часто развивается до эпифитотийного уровня в регионах Восточная Африка, Ближний Восток, Китай, Центральная и Восточная Азия, что обусловлено тремя факторами. Во первых, благоприятные климатические условия в период вегетации пшеницы, в частности мягкая зима и прохладная весна. В Ферганской долине Таджикистана и Узбекистана, где пшеницу возделывают в условиях орошения, для развития патогена условия идеальны. Во вторых, восприимчивость к ней большинства возделываемых сортов, в регулировании динамики развития желтой ржавчины большое значение имеет устойчивость взрослых растений (APR). Третий фактор – изменение устойчивости сортов в результате естественной мутации и появление новых рас патогена более высокой вирулентностью.

А. Yahyaoui с соавт. (2006) указывают, что большинство возделываемых сортов пшеницы Западной и Центральной Азии были устойчивы к превалирующим расам желтой ржавчины. Многие её сорта были защищены только одним расоспецифическим или двумя генами. В течении нескольких лет произошла смена расового состава патогена, появилась новая раса, вирулентной к гену Yr9.

На Северном Кавказе желтая ржавчина является экономически важной болезнью озимой пшеницы. В 2007 она заметно проявилась в Краснодарском, Ставропольском крае и Ростовской области Российской Федерации. Наиболее восприимчивы сорта Руфа, Новокубанка, Княжна, Офелия, Зимиродок, которые поразились болезнью до 60-70%, Юна и Соратница в меньшей степени (Volkova, 2009). В 2009-2010 гг. при эпифитотийном развитии болезни проведена оценка 3 100 российских и зарубежных, 650 коллекционных сортообразцов озимой пшеницы в Краснодарском крае. Высокой к ней устойчивостью выделялись Московская 56, Фаворитка, в слабой степени поражались сорта Западной Европы – Айвина, Верта и другие (Аблова с соавт., 2011).

В период 2001-2005 гг. А. Yahyaoui с соавт. (2006) в 6 регионах Западной и Центральной Азии и Кавказа определяли реакцию гено-

типов пшеницы к местным популяциям желтой ржавчины. Установлено, что такие коммерческие сорта, как Опакс 26, Скифянка, Юна поражаются ею в сильной степени. В то же время, Gerek 76 и Sery 82 в одних пунктах показали реакцию устойчивости, в других – восприимчивости. Безостая 1 поражалась сильно желтой ржавчиной в Таджикистане, умеренно – в Кыргызской Республике, проявила устойчивость к азербайджанской популяции, а также в Турции и Сирии, Sardary – восприимчивость к болезни в 5 точках, устойчивость в Турции. Полученные данные свидетельствуют о различии патотипного состава возбудителя. Из апробированных на искусственном инфекционном фоне 200 линии мягкой пшеницы в Центральной Азии и Закавказье к трем видам ржавчины были устойчивы 28, двум – 71, одному – 70 (Yahyaoui et al, 2009).

В период 1999-2009 гг. в Узбекистане на озимой пшенице были 4 эпифитотии (1999, 2001, 2005 и 2009) желтой ржавчины. Особенно опустошительной была она в 1999 году, когда более 2/3 площади посевов занимал высоковосприимчивый к болезни сорт Юна. Определена устойчивость 100 сортообразцов СИММИТ и 50 сортов озимой и факультативной пшеницы контрольного питомника. Дуслик, Санзар 4, Санзар 6, Бальтазар, Чилаки поражались ею в сильной степени (80-100%). Из питомников ESWYT и HTWYT отобраны 12 устойчивых к местной популяции патогена сортообразцы (Бабоев с соавт., 2003). В 2009 г. при эпифитотии желтой ржавчины из 22 коммерческих и перспективных сортов озимой пшеницы высокой к ней устойчивостью выделялись 2 сорта: Замин 1 (Узбекистан) и Есаул (Россия), поражались в умеренной степени: Сандазиз (Узбекистан), Старшина, Нота, Восторг (Россия), показали высокую восприимчивость Половчанка, Крошка, Шиллаки, Анджон 1, Анджон 2 и другие (Sharma et al, 2009). Из испытанных 272 сортообразцов пшеницы, полученных из международных центров ИКАРДА, СИММИТ, а также России, Италии, Украины и США показали высокую к ней устойчивость 68 или 25%, высокую восприимчивость – 92 или 38% (Khalikulov et al, 2009).

В период 1995-2002 гг. в Таджикистане определена устойчивость к желтой ржавчине 4000 образцов пшеницы, полученных из международных центров СИММИТ и ИКАРДА, а также России и Узбекистана. При эпифитотии болезни в 1998 и 1999 гг. местные сорта Навруз, Ватан, Вахш, российские – Юна, Спартанка, Скифянка, украинские – Альбатрос, Фантазия, Виктория, Одесская 161 и 162, Лада

поразились ею в сильной степени. Алматинская полукарликовая, Vorona, Cham, Kauz, Attila, Jager выделялись резистентностью. Султан 95, проявивший раньше к ней устойчивость, в 2000 году поразились ею на 20-50% (Эщонова, 2003). В 2005-2008 гг. в полевых опытах отобрано 15 сортов пшеницы, в частности Igbol, Omon, Attila, Kauz, Shark, Yusufi, Sarvar, Vahdat резистентные к желтой ржавчине, или слабым уровнем поражения и высокой продуктивностью (от 3,7 до 5,2-5,6 тн/га), содержанием белка до 20,2-24,1%, значительно превосходящие местного сорта Навруз (Rahmatov et al., 2009).

С 1999 года в Кыргызской Республике проводился мониторинг за распространением и развитием желтой ржавчины, в годы её эпифитотии в отдельности или совместно с листовой ржавчиной потери урожая достигали 10-30%. Оценка 34 сортов факультативной и озимой пшеницы показала, что 8 из них, в частности Азиброш, Винжет, Кыял, Красноводопадская 25, Зубков, Казнет, Кайрак, Мерим-МИС устойчивы к местной популяции патогена; первые 3 сорта одновременно к листовой ржавчине и мучнистой росе (Dzhynusova et al., 2009).

В юго-восточном регионе Казахстана определена устойчивость коммерческих и перспективных сортов озимой и факультативной пшеницы к желтой ржавчине. При эпифитотийном развитии болезни в 2000 и 2002 гг. сорта КазНИИЗиР Стекловидная 24, Жетысу, Богарная 56. Эритроспермум 350, Опакс, Прогрес, Кыргызского НИИ земледелия – Кыял, Тилек, Интенсивная поразились ею в сильной степени. Устойчивостью к ней выделялись Алмалы, Арап, Егемен, Акдан, Наз, Сапалы, Дербес и др. (Казахстан), Меирим, Бермет (Кыргызская Республика), Скифянка, Половчанка, Уманка, Сибирская нива, Кондитерская и другие (Россия), Шарора и WDML9 (Таджикистан), Санзар 8, Янбаш, Улугбек 600 (Узбекистан), Азери, Анза, Екинчи, Мирбашир, Карабах, Тараги, Угур (Азербайджан), зарубежные – Kauz, Buck-buck, Attila, Sultan 95 и другие (Койшыбаев с соавт., 2004).

В 2005-2008 гг. на опытном поле отдела генетических ресурсов полевых культур КазНИИЗиР проводили скрининг около 1 000 сортообразцов озимой пшеницы (питомники: EYT, PYT, WVEERYT, YETSA 2 – GJGWFP, 13 GVG, FAWWON, FFWYT, YET-SA, YET-IRR, YRt) из Западной Европы, Украины, России, Турции, Узбекистана и других стран. В 2007 и 2009 гг. на фоне заметного развития желтой ржавчины многие коммерческие сорта, в частности Южная 12, Память 47, Красноводопадская 210, Жетысу,

Стекловидная 24, Богарная 56 и другие поразились болезнью в сильной степени (50-100%); высокую к ней устойчивость показали Алмалы, Арап, Акдан, Егемен, Тунгыш и Наз (Казахстан), Уманка, Княжня, Купавна, Скифянка, Сибирская Нива, Половчанка (Украина и Россия), и сорта стран Центральной Азии: Any 126, Mirbashir, Tarragi, Sery 82, Sultan 95, Shiras, Gun 91, Canzar, Ulugbek 60. Высокой резистентностью к желтой и листовой ржавчине выделялись Акдан и Тунгыш, Atila, Pirchachin, Tarragi, Noroeste, Ananuas 75, Polovchanka, Super Seri, Super Kauz, Tonichi 85. Высокоустойчивый к желтой ржавчине сорт Алмалы стал ею поражаться в последние годы, что возможно связано с возникновением новой расы патогена (Koyshibayev, Yesimbekova, 2012).

Международными центрами СИММИТ и ИКАРДА достигнуты определенные успехи по селекции пшеницы на устойчивость к желтой и листовой ржавчине. Установлено, что к первой болезни она базируется на 4-5 малых генах замедленного развития болезни, для APR генов характерна расоспецифическая устойчивость аддитивным эффектом. Определены и картированы локусы расположенные на хромосомах пшеницы генов Yr54, Yr60, Yr67, YrF. Путем скрининга в теплице и полевых условиях в Мексике, Кении и Индии отобраны 656 линий устойчивых к желтой ржавчине для использования в селекционном процессе в странах Южной и Западной Африки, Восточной и Южной Азии (Singh et al, 2015).

Для выведения устойчивых к желтой и листовой ржавчине сортов мягкой пшеницы в Узбекистане проводили 4 типа скрещивания: резистентный/резистентный, восприимчивый/восприимчивый, резистентный/восприимчивый, восприимчивый/резистентный. Во всех комбинациях получены гибридные потомства с типами реакции: R, MR, MS, S, но в разных соотношениях. При скрещивании устойчивого сорта Ravi с восприимчивым Canzar расщепление признаков происходило в соотношениях 3:3:3:7 или R/S 6:10; когда в качестве материнской формы использован Sanzar 8, отцовской – устойчивый образец из коллекции CIMMYT – 1:6:6:3 или R/S 7:9. После двукратного беккроссирования доля устойчивых к желтой ржавчине линии с реакцией R достигла 70-80% (Baboev, 2012).

Установлено, что сорта Алмалы, Таза, Наз высоко устойчивы к желтой ржавчине, слабо поражались ею Сапалы, Майра, Алия, Реке, Южная 12, остальные были восприимчивы. При скрещивании высо-

коустойчивых сортов Наз, Султан 95, Атай 85 со средневосприимчивыми доминировала устойчивость (Жангазинов, Куттымбетов, 2010). На основе анализа инбредных линий Almaly × Avocet в условиях теплицы установлено, что устойчивость всходов сорта Алмалы к расе 47E159 контролируется тремя доминантными комплиментарными генами (Kokhmetova, Rsaliev 2009).

5.2.2 Структура популяции патогена

В 1980 г. происходила эпидемия желтой ржавчины в обширном регионе: от Восточной Африки до Пакистана через Западную Азию. Многолетний мониторинг патотипного состава её возбудителя показал, что вирулентная к Yr6 и YrA раса – 6E0 регистрируется постоянно с 1972 года; большинство сортов пшеницы, выращиваемых в регионе Центральная Азия к ней восприимчивы. В Западной Азии в 2000-2005 гг. по частоте встречаемости второе место занимала раса 38E 150, вирулентная к Yr2, Yr6, Yr7и YrA (Yahyaoui et all, 2006).

Использованием SSR маркеров анализировано генетическое различие популяции *Puccinia striiformis*, составлена карта доминирующих распатогенов в Западной Европе. Для чего проводились Опыты на сортах пшеницы Avocet 514 и W17 показали наличие высокой коррелятивной связи между латентным периодом и площадью поражения листьев, что позволяет разработать простой и быстрый метод оценки вирулентности рас (Sorensen, 2015). На основе DNA анализа определена геномика 4 рас: 6E16A, 6E22A, 7E22A и 6E22A, а также нуклеотидный и аминокислотный состав белков (Scholkwyk, 2015).

В Восточной Африке, Западной и Центральной Азии, в том числе в юго-восточном регионе Казахстана, проведен скрининг 20 изогенных линий пшеницы сортов Avocet (17) и Jupateco (3). Установлено, что Yr6 и Yr7 вирулентны во всех регионах, Yr5, Yr10, YrSP и Yr18 – авирулентны. В зависимости от зоны некоторые гены показали различие, например Yr1 был вирулентным в Центральной Азии и Китае. В последние 10 лет во многих странах мира широко распространяется вирулентность к Yr9, хотя он был эффективным в ряде регионов, в частности Южной Африке. В популяции возбудителя желтой ржавчины в период 1996-2005 гг. доминирующими были гены вирулентности: Yr2, Yr6, Yr11, Yr17, Yr19, в 2006 – она пополнилась с Yr1 и YrA (Wellings et all, 2001; Yahyaoui et all, 2009).

В нескольких странах Центральной и Восточной Азии (Азербайджан, Турция, Таджикистан, Иран, Сирия и др.) анализированы изогенные линии сорта Avocet, доноры устойчивости к желтой ржавчине с генами Yr6+ (Heines Peko), Yr7+ (Reichersberg), Yr8+18 (Compare), YrSD (Strubes Dicopf), YrSU (Suwon 92x Omar) и YrCV (Carstens), а также коммерческие сорта: Юна, Жетысу, Каракилчик, Attila, Sery 82, Shirodi, Darab, Alamount, Cham 1 и линии Triticale. Эффективные гены, обеспечивающие защиту пшеницы во взрослой стадии роста присутствуют в Yr6+, Yr7+, YrA, Yr9, Yr10, Yr17, YrSP, Yr27. Установлено что, такие гены, как Yr6+ и Yr7+ показывают реакцию восприимчивости в ранней фазе развития растений, аналогичное наблюдается и в отношении YrSD, Yr3V и YrSU генов. Происходит быстрое распространение популяции патогена с вирулентностью Yr1 в Таджикистане, медленнее – Кыргызстане, Казахстане и Узбекистане (Yahyaoui с соавт., 2009).

В России основной очаг желтой ржавчины сосредоточен в Северном Кавказе, где зарегистрированы расы с генами вирулентности P1, P5P7, P1P5P8, P1P5P7P8 (Чуприна с соавт, 1999). Типичными являются для этого региона такие расы, как 4E0, 4E16, 5E0, 6E0, 6E16, 7E0 и E16, которые поражают сорта с генами Yr1, Yr5, Yr7 и Yr8. На международном и европейском наборе сортов-дифференциаторов определены следующие расы: 6E16, 2E16, 0E16, 4E16, 2E0 и 64E16 (Volkova, 2009).

В условиях Грузии на основе анализа моноклониальных изолятов возбудителя болезни в 2004-2007 гг. идентифицированы 11 патотипов вирулентности, в частности PP2, PP3A, PP6, PP8, PP9, PP11, PP17, PP18, PPJS, PPAS, PPAPR; эффективными были Yr1, Yr5, Yr10, Yr12, Yr15, Yr24, Yr26, YrCV, YrSd (Natsarishwily, Sicharulidse, 2009).

Наиболее эффективными для селекции пшеницы в Кыргызстане являются Yr2+, Yr4+, Yr5, Yr10 и Yr15 гены с типом реакции R или Mr. Оценка в двух зонах показала, что популяция *P. striiformis* в Чуйском регионе представлена Yr8 геном вирулентности, Иссык-Кульской высокогорной зоне – Yr3, Yr5, Yr8 и Yr17 (Dzhynusova et al., 2009).

С использованием изогенных линий пшеницы Avocet, Aroon и Jupatesco, представленных международным центром ИКАРДА, проводили анализ структуры *P. striiformis* в южном и юго-восточном регионах Казахстана. Установлено, что природная популяция патогена представлена YrA, Yr1, Yr6, Yr9, Yr11, Yr12, Yr18, Yr28 генами вирулентности. Эффективными для селекции были гены: Yr3,

Yr3V, Yr3N, Yr4+, Yr5+, Yr9+ Yr10, Yr15, Yr27, YrAPR, а также пирамида генов Yr8 +Yr18 и Yr2+ Yr11+25. Во все годы исследований европейский набор сортов-дифференциаторов проявлял высокую устойчивость к местной популяции патогена, что свидетельствуют об эффективности генов Yr2, Yr3N, Yr3V, Y4, Yr7+, Yr8, Yr9, YrSD, YrSu, YrSP (Койшыбаев, 2010; 2012).

Высокоэффективны к южно-казахстанской популяции возбудителя желтой ржавчины гены Y5, Yr10, Yr15, Yr24, YrSP, умеренную эффективность проявляют: Yr17, Yr18, Yr26 и Yr27. На пшенице обнаружены 10 рас патогена, на диких злаках дополнительно – 6. В период 2002-2008 гг. определены 46 патотипов возбудителя, в частности 15E159, 15E191, 31E158, 39E158, 47E159, 47E223, 71E175, 79E175, 79E143, 111E158, поражающие 10 Yr генов из анализированных 16. Патотипы 7E156, 7E159, 15E159, 47E143 и 79E143, выделенные из ячменя и тритикале, являются общими для зерновых культур. Из образцов спор *P. striiformis*, собранных в 2007 и 2008 гг. идентифицированы 11 патотипов вирулентности, резистентные к Yr1, Yr2, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17 и Yr18 генам. На сортах Vilmorin 23, Heines Kolben, Lee, Chinese166, Compair, Nord Desprez, Heines Peco, Reichersberg 42, Hybrid 46 идентифицированы патотипы: 47E23, 15E19, 47E159, 71E191, 71E175, 111E158 (Kokhmetova, Rsaliev, 2009; Псалиев, 2010).

5.3 Листовая или бурая ржавчина

5.3.1 Особенности развития и устойчивость сортов

Листовая ржавчина широко распространена во всех странах Северной и Южной Америки, Западной и Восточной Европы, Центральной, Восточной и Южной Азии, а также в Австралии (Riaz, 2015).

Она проявляется постоянно в Центральной Черноземной Зоне и на Северном Кавказе России с частотой 4-5, в Поволжском – 5-6 раз за 10 лет, и нередко достигает эпифитотийного уровня, вызывая огромные потери урожая, в Уральском регионе – почти ежегодно с интенсивностью 20-40% (Киселева, с соавт., 2012). Если в 60-70 гг. прошлого столетия в условиях Западной Сибири происходило 1-3 эпифитотии бурой ржавчины за 10 лет, то 90-х гг. умеренное и сильное развитие болезни наблюдали 7 раз, с 2001 г. – почти ежегодно. В период 2005-2012 гг. сильное её развитие происходило в 2005 и 2007 гг., умеренное – 2008, 2010 и 2011 гг., слабое – 2006, 2009 и 2012 гг. (Белан с соавт. 2013).

В Краснодарском крае сильная эпифитотия листовой ржавчины в последние 35 лет зарегистрирована в 1973 г., среднее её развитие – одиннадцать раз. Постоянно протекающий в природе формообразовательный процесс приводит к появлению новых рас патогена. Эпифитотия 1973 г. была обусловлена возделыванием на больших площадях близкородственных сортов Аврора, Кавказ, Безостая 2, в результате происходил отбор различных по вирулентности биотипов 77 расы. Возделывание сорта Спартанка, не обладающего эффективным геном на больших площадях, стало причиной широкого распространения болезни в 1989-1992 гг. Эпифитотии её в 1997 г. предшествовало широкое распространение сорта Юна, защищенного только одним геном устойчивости Lr23. Снижение частоты и силы эпифитотии листовой ржавчины в этом регионе в последние 10 лет достигнуто за счет постепенного увеличения генетического разнообразия сортов озимой пшеницы и мозаичного их распределения (Худокормова, Беспалова, 2011).

В Западной Сибири в структуре посевных площадей зерновых культур яровая пшеница занимает более 77%; в годы эпифитотийного развития болезней листо-стебельной инфекцией потери зерна достигают 30% от валового сбора зерна. В связи с этим селекционеры большое внимание уделяют созданию устойчивых к ржавчине сортов яровой мягкой пшеницы, и внедрению их в производство. Терция, Дуэт, Соната, Тулеевская, Омская 20, Омская 29, Омская 30, Омская 33, Омская 35, Страда Сибири, Казанская юбилейная обладают полевой устойчивостью к этой болезни. В Сибирском НИИ сельского хозяйства ежегодно проводится скрининг до 800 коллекционных образцов, сортов, гибридов и диких сородичей пшеницы на устойчивость к листовым патогенам. В СП-1 оценка проводится по трем показателям: тип реакции, степень поражения в % и потери урожая. В расщепляющихся элитных линиях проводится отбор колосьев, которые в следующем году высеваются в селекционных питомниках второго и третьего годов. В качестве источников устойчивости часто используются сортообразцы СИМ-МИТ, которые устойчивы к листовой ржавчине, мучнистой росе, короткостебельные, скороспелые, но имеют низкую продуктивность. Селекционный материал оценивается на устойчивость к листовой ржавчине, как в фазе взрослого растения в полевых условиях, так и проростков с использованием бензимидазольного метода (Зыкин с соавт., 2005; Белан с соавт., 2013).

В 2007 г. при эпифитотии бурой ржавчины в Омской области выявлены патотипы возбудителя, вирулентные к гену Lr9, поразившие устойчивые ее сорта: Терция, Сонат, Дуэт и др. До эпифитотии болезни изогенная линия Lr19 не поражалась местной популяцией возбудителя. Терция имел ген устойчивости от сложного гибрида из Австралии. Полевые опыты, проведенные в период 2008-2014 с искусственным заражением пшеницы омской, новосибирской и красноярской популяциями *Puccinia triticina* показали, что многие сорта селекционных учреждений Западной Сибири, Южного Урала и Алтайского края выделяются высокой устойчивостью: к трем популяциям – Лютесценс 141-7, Лютесценс 120/03, Лютесценс 151/03- 85, Омская 39, Сибирская 17, Челябин 75, Челябин степная, Экада 85, Экада 113, Экада 148, двум – Алтайская 110, Сигма, Омская 41, Эритроспермум 23390, Новосибирская 18. Сорт Ырым, Казахского НИИ растениеводства и земледелия, показал высокую устойчивость к листовой и стеблевой ржавчине, однако по урожайности он значительно уступал (2,3 т/га) сортам Западной Сибири и Южного Урала с урожайностью от 3,2 до 4,5 т/га (Белан с соавт. 2013).

В 2000-2005 гг. в северном регионе Казахстана проводили скрининг к бурой ржавчине более 300 перспективных сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы Казахстана и Западной Сибири, проходивших экологическое испытание по программе КАСИБ. Установлено что, большинство из них восприимчивы, устойчивостью выделялись Удача, Терция (Курганский НИИСХ), Лютесценс 30-94 (Павлодарский НИИСХ), в слабой степени поражались Форс (Курганский НИИСХ), Челябин (Челябинский НИИСХ) и Соната (Омский ГАУ). За последние десятилетия на Карабалыкской СХОС изучалось более 1 500 сортообразцов яровой мягкой пшеницы различного географического происхождения и выявлены ценные по ряду хозяйственных признаков, в частности продуктивности, качеству зерна, устойчивости к засухе, вредителям и болезням (Бердагулов, 2007).

В 2014 г. на Костанайском сортоучастке Целинная нива, Шортандинская 2012, Казахстанская 20, Казахстанская 25, Карагандинская 30, Карагандинская 31, Северянка, Владимир и другие показали высокую восприимчивость к листовой ржавчине, устойчивостью выделялись зарубежные сорта: Стендаль, Умай и Дива. Умеренное или слабое развитие болезни происходило на российских сортах: Урало-сибирская, Омская 37, Омская 39, Омская 41, Памяти Май-

стренка, Любава и Алтайская житница. Из 49 сортов Казахстана и России, посеянных для экологического испытания на Карабалыкской СХОС по программе КАСИБ 15, высокой устойчивостью к листовой ржавчине отличались сорта селекционных учреждений России, в частности «Кургансемена», Сибирского НИИ растениеводства и селекции, Сибирского и Челябинского НИИСХ: Лютесценс 220/03-8, Экада 148, Алтайская житница, Лютесценс 665/1 и др. Сорта Казахского НИИ земледелия и растениеводства, Карагандинского НИИ, Павлодарского НИИСХ, Института биологии и биотехнологии показали высокую восприимчивость, замедленное развитие болезни происходило на сортах Степная 1422 (Актюбинская СХОС), ГВК 2077-11 (Восточно-Казахстанский НИИСХ).

В 2015-2016 гг. на фоне эпифитотий листовой ржавчины в северном регионе на Северо-Казахстанской СХОС проведены оценки сортов мягкой пшеницы селекционных учреждений Казахстана и России. Местные сорта Астана, Астана 2, Шортандинская 95, Карабалыкская 90, Целинная 60 и другие показали высокую к ней восприимчивость. В то же время, Лютесценс 210/99 (СибНИИСХ) показал устойчивость к листовой и стеблевой ржавчине, Геракл, Памяти Рюба, Фитон 25, Фитон 156 отличались замедленным развитием болезни. В питомниках экологического и контрольного сортоиспытаний были посеяны более 100 сортов и селекционных линий России, Германии и Казахстана. Среди новых сортов Сибирского НИИ сельского хозяйства, компании «Fabales» и ТОО «Рапул» (Германия) доминировали устойчивые к листовой ржавчине, а НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева – восприимчивые. В 2016 г. в демонстрационном опыте отдела селекции НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева (Акмолинская обл.) сорта Акмола 2, Астана, Астана 2, Шортандинская 2000, Асыл сапа и другие в начале молочной спелости зерна были поражены листовой ржавчиной до 50-100%, происходило массовое распространение стеблевой ржавчины (Койшыбаев с соавт., 2015; 2016).

5.3.2 Структура популяции

В международном каталоге генных символов в настоящее время зарегистрировано свыше 50 Lr генов, половина из них чужеродны т.е. от различных видов пшеницы, эгиллопса, пырея и других злаков (Крупнов с соавт., 2004). Согласно Мак-Интоша ген Lr1 локализован на хромосоме 1B, 5 DL, Lr2a – 1B, 2Da, Lr3 – 9BL, Lr9 – 6BL, Lr10 – 1A, Lr11 – 2A, Lr14a – 7 BL, Lr15 – 2D, Lr16 – 4A (Лелли, 1980).

В.А. Алфимов с соавт. (2004) считают, что в краснодарской популяции *Puccinia triticina* за последние 30 лет произошли 4 глобальных изменения. На смену к 77 расе пришла 77/12, поразившая эффективный ген Lr26. В 1991 г. её вытеснила 25 раса, которая через 5 лет стала доминирующей. В 1995 г. превалирующей стала 62 раса, в результате умеренно восприимчивые сорта Скифянка и Спартанка стали поражаться в сильной степени. В настоящее время она представлена 38 генами в различной степени вирулентности. В последние годы устойчивость генов Lr16, Lr23, Lr10+23 преодолена, в связи с этим больше внимания уделяется созданию сортов озимой пшеницы с горизонтальной устойчивостью.

Во всех регионах возделывания пшеницы эффективными являются гены: Lr24, Lr29, Lr37, Lr41, Lr45 и Lr47. В США и Канаде в качестве доноров возрастной устойчивости в отношении местных популяций возбудителя широко использовались гены Lr37, Lr22a и Lr35 (Коваленко с соавт., 2012). В России и других странах СНГ ген Lr19 сохранял эффективность более 40 лет, в результате интенсивного использования гена Lr23 в селекции пшеницы чаще стали появляться патотипы возбудителя с этим аллелем вирулентности, в Краснодаре и Поволжье достигло 83% (Плотникова, Мешкова, 2013). Вирулентность географических популяций *P. triticina* к Lr34 широко распространена в Западной Европе, России, Китае, Пакистане, Индии и Австралии (Riaz, 2015).

Мониторинг возбудителя листовой ржавчины в Северо-Западном регионе России показал на эффективность генов Lr9, Lr19, Lr24, Lr28, Lr29, Lr38, Lr41 Lr47. При эпифитотиях болезни в 2003 и 2004 гг. высокую иммунность показали Lr9, Lr19, Lr24, Lr25, Lr29, Lr38, устойчивость – Lr28, Lr37, умеренную чувствительность – Lr21, Lr23, Lr32, Lr44. Остальные линии показали высокую восприимчивость и поражались болезнью до 70-100%. Скрининг более 300 сортообразцов и линий пшеницы к разным генам вирулентности патогена в полевых условиях показал, что 88 линий проявляют положительную реакцию к APR, 12 – к Lr34, 25 – к Lr46 и 36 – к Lr67 (Гультияева с соавт., 2005).

Скрининг 17 изогенных линий пшеницы сорта Thatcher в Ленинградской области показал, что Lr21, Lr23, Lr24 гены высокоустойчивы к местной популяции возбудителя бурой ржавчины. Методом

регрессионного анализа интенсивности образования пустул на различных по устойчивости линиях построена однопараметрическая модель вида: $\text{Ln}R=a_0+rlnt$, описывающая развитие болезни в течение времени (Саблина с соавт., 2005).

Северный Кавказ рассматривается, как источник инокулюма для соседних регионов, в частности Северного Казахстана, Поволжья, Южного Урала и Западной Сибири (Михайлова, Тырышкин, 1996). Анализ более 500 монопустульных изолятов популяции *P. triticina* Северного Кавказа в период 1981-1984 гг. показал, что они представлены аллелями вирулентности P1, P2a, P2c, P3, P10, P11, P14a, P14b, P16, P18, P20 и P26, многие из них отличались высокой частотой встречаемости (от 52 до 100%). В 1998-2002 гг. популяция патогена была представлена большим разнообразием патотипов и происходило заметное их варьирование по годам: от 28 до 39, впервые обнаружены 5 новых. Патотипы, несущие от 23 до 35 аллели вирулентности составляли 12%, от 1 до 4 генов и авирулентные – 9%; P21, P24, P32 и P33 встречались реже – до 10%, P2c, P10, P11, P12, P3, P14a, P14b, P15, P16, P17, P22a, P22b, P28, P29, P30 и P37 – от 25 до 90%. Генетическая структура патогена в 2002 г. была представлена 39 аллелями вирулентности, на ранней стадии роста пшеницы эффективную защиту обеспечивали гены Lr9, Lr19, Lr24, Lr32, Lr35, Lr38, LrW. Таким образом, было установлено, что в популяции патогена имеется большое количество патотипов с разным сочетанием генов вирулентности. В ней через 10-12 лет обнаружены гены вирулентности P1, P2a, P2c, P3, P3bg, P10, P11, P14a, P14b, P15, P16, P17, P18, P20, P21, P23, P26, P28, P30, P33, P36 38 и P40 с частотой от 11 до 25% (Волкова с соавт., 2002; 2005; 2013).

В период 2004-2007 гг. анализировано 523 монопустульных изолятов популяции *P. triticina* из 4-х географических зон Грузии. Установлено, что они представлены 84 патотипами вирулентности. Листовой ржавчиной не поражались линии сорта Thatcher с генами: Lr9, Lr19, Lr24, Lr28, Lr29, в сильной степени – Lr2c, Lr3, Lr10, Lr11, Lr17, Lr18, Lr22b, Lr14A, Lr14B, Lr16, Lr17, Lr22, Lr22B, Lr30, Lr32, Lr33, Lr34 и Lr37. Низкую вирулентность имели линии с генами Lr2a, Lr2b, Lr15, Lr20 и Lr27, которые обеспечивали высокую защиту пшеницы в течение многих лет (Shikharulidse et al., 2009).

В период 2003-2009 гг. в Западной Сибири проанализировано от 267 до 443 изолятов *P. triticina*, среди них доля Lr23 вирулентных патотипов варьировала от 53 до 93%. Действие этого гена проявлялось в снижении числа и размера пустул и споруляции гриба, т.е. происходило замедленное развитие болезни. Линии с генами: Lr9, Lr28, Lr38 были авирулентны к омской, новосибирской и красноярской популяциям *Puccinia triticina*, частично вирулентны – Lr19, Lr24, Lr26 и Lr29 (Белан с соавт, 2013).

Для определения фенотипического состава *P. recondita* В.П. Шаманин с соавторами (2012) использовали 4 набора изогенных линий сорта Thatcher, в частности 1 – Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3; 2 – Lr9, Lr16, Lr24, L26; 3 – Lr3a, Lr11, Lr17, L30 и 4 – набор: LrB, Lr10, Lr14ka и Lr18. Установлено, что к западно-сибирским изолятам гриба проявляют устойчивый тип реакции линии с генами Lr9, Lr24, Lr26, Lr28, Lr29, Lr41, Lr42, Lr43, Lr45 и Lr47. В лесостепи Приобья к местной популяции патогена были эффективны линии Lr24, Lr34, Lr36, Lr38 генами, а также Lr28, Lr47 – из *Aegilops spelta* и Lr45 – *Secale cereales* (Сочалова, Лихненко, 2011).

В период 2001-2008 гг. в различных регионах Казахстана проводили скрининг изогенных линий яровой пшеницы на основе сорта Thatcher для определения эффективных генов для селекции. Установлено, что патотипный состав популяции *P. recondita* заметно варьирует по годам и зонам возделывания культуры. Во многих регионах линии с генами Lr9, Lr19, Lr24, Lr28, Lr35, Lr36 и пирамидой Lr10+27+31 были эффективны, неэффективны – Lr1, Lr2A, Lr2C, Lr3, Lr3KA, Lr15, Lr16, Lr21, Lr22B, Lr30, Lr33 и др. Выявлены различия по вирулентности между северо-западной (костанайская) и северной (акмолинская) популяциями и определенные изменения патотипного состава популяции в период исследований [табл. 93].

В 2012-2016 гг. продолжен мониторинг популяции *P. triticina* в северном регионе республики – основной зоне возделывания пшеницы. В 2012 г листовая ржавчина не проявилась из-за засушливых условий погоды и высокой температуры в июне и июле, превышающей многолетнюю норму на 4-5°C, в 2013 г. – отсутствия заноса инфекции. Анализ в 2014 г. на Карабалыкской СХОС показал, что северо-западная популяция возбудителя представлена более 30 патотипами ви-

Таблица 93. Реакция изогенных линий сорта Thatcher с Lr генами на популяцию *Puccinia recondita* в различных зонах Казахстана

Регион, область	Год и уровень развития болезни	Высокоэффективные (OR, 1-5 MR)	Эффективные (10-20 MR, MS)	Неэффективные 10-20-100 S
Юго-восточный, алматинская	2004, 2007**	Lr9, 12, 13, 18, 19, 24, 37	Lr7, 21, 26, 22A, 34, 35	Lr1,2A, 2B, 2C, 3, 3KA, 3BG, 10,14A,14B, 15,16, 20, 22B, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33, 36
Восточный, восточно-казахстанская	2004, 2005	Lr9, 28,35, 36	Lr12, 13,14B, 17, 18, 19, 22B, 24, 25, 26, 32, 33, 34	Lr1, 2A,2B, 2C, 3, 3KA, 3BG 11,14A, 15, 16, 17, 20, 21, 22B, 29, 30
Западно-актубинская	2004* 2005**	Lr13, 18, 35, 36	Lr12, 14B, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 37	Lr1, 2A, 2B, 2C, 3, 3KA, 3BG 9, 11, 12, 14A, 15, 16, 20, 21, 22B, 29, 30,33, 34
Северо-западный, костанайская	2003* 2004** 2005* 2007**	Lr13, 28, 36	Lr10,11, 12, 14B, 19, 24, 30,32, 34, 35, 37	Lr1, 2A, 2B, 2C, 3, 3KA, 3BG 9, 14A, 15,16, 17, 18, 20, 21, 22B, 23, 25, 26, 29, 33
Северный, акмолинская	2000** 2001* 2002**	Lr9, 12, 13, 19, 23, 24, 28, 33, 35	Lr2A, 3Bg, 10, 14A, 17, 18, 21, 25, 26, 33, 34, 36	Lr1, 2A, 2B, 2C, 3, 3KA, 11, 14B, 15, 16, 20, 21, 22B, 30, 32, 37
Северный-северо-казахстанская	2004** 2005* 2007* 2008**	Lr9, 28, 36	Lr11,12,13,17, 18, 19, 22A 23, 24, 26, 35, 37	Lr1, 2A, 2B, 2C, 3, 3KA, 3BG, 10,14A, 14B, 1 5, 16, 21, 22B, 25,29, 30, 32, 33,34
* – эпифитотийное развитие, ** – умеренное проявление				

рулентности, в частности: P1, P2A, P2A, P2B, P2C, P3, P3KA, P3BG, P10, P13, P14A, P14B, P16, P17, P22B, P23, P28, P29, P33, P34 и P37. Эффективность показали линии с генами: Lr9, Lr19, Lr35, Lr36 и сорт Thatcher с пирамидой генов Lr10+ Lr27+ Lr30, замедленное развитие болезни происходило на линиях с генами Lr11, Lr12, Lr16, Lr17, Lr20, Lr21, Lr22A и Lr30.

Исследования, в 2015-2016 гг. на Северо-Казахстанской СХОС, показали, что в патотипном составе возбудителя не произошли особые изменения и его популяция представлена более 20 генами вирулентности. В 2015 г. на фоне раннего сильного развития листовой ржавчины высокую эффективность показали линии Lr17, Lr19, Lr23, замедленное развитие болезни происходило на линиях Thatcher с Lr22a, Lr23 и LrH с генами, умеренное – на Lr1, Lr3A, Lr3KA, Lr12, Lr13, Lr14, Lr14ab, Lr15, Lr18, Lr20, Lr21A. В 2016 г., как и предыдущем, высокую эффективность к популяции патогена показали линии Lr3a,

Lr9, Lr19, Lr22a и LR23 с генами. У устойчивых к листовой ржавчине линий Lr9, Lr19, Lr22a, LR23 масса 1 000 зерен была выше от 4 до 8,9 г (от 20,2 до 44,9%), по сравнению с восприимчивыми. При эпифитотийном развитии листовой ржавчины в Северном Казахстане высоко к ней устойчивостью (0-5 R) выделялись сорта Agata и Trident, реакцией сверхчувствительность – Agent, Tarsa и Gaza (40-80 R/MR), линии с генами Lr9 и LR23 одновременную устойчивость к листовой ржавчине и септориозу.

По данным Ш.С. Рсалиева (2010) в восточном, северном и юго-восточном регионах Казахстана часто встречаются патотипы гриба, вирулентные к Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3ка, Lr11, Lr17, Lr30, на юге – Lr2c, Lr3 Lr3ка, Lr10, Lr18, Lr30. Высокоэффективным является только Lr25, а эффективные ранее гены Lr17, Lr19, Lr20, Lr24, Lr26 и Lr29 стали поражаться отдельными патотипами *P. triticina*.

В период 2004-2006 гг. в степной зоне Акмолинской области на 31 изогенной линии сорта Thatcher проведен мониторинг популяции возбудителя бурой ржавчины. 2004 и 2006 гг. были засушливые, особенно последний. Иммунность к местной популяции показала Lr38, высокую устойчивость – Lr9, Lr12, Lr18, Lr19, Lr23. Lr25, Lr29, Lr34, Lr35 и Lr44 (Бабкенова, 2013). В 2014 г. из пустул бурой ржавчины, собранных из сортов твердой пшеницы Дамсинская и Харьковская 46, мягкой – Акмола 2, посеянных в селекционном питомнике НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева, были выделены 20 монопустульных изолятов. Они характеризовались авирулентностью к генам Lr9, 19, 24; вирулентностью – к Lr3a, 3ка, 3bg, 11, 14a, 14b, 17, 26 и Lr30. Изоляты, выделенные из твердой пшеницы, были представлены фенотипом CCTKB, мягкой – THTTQ (67%) и THTTR (13%). Полученные сведения подтвердили об различии структуры популяции *P. triticina* на видах *Tr. aestivum* и *Tr. durum* по вирулентности и микросателлитным локусам.

5.3.3 Источники и селекция на устойчивость

В Австралии для поиска новых сорусов устойчивости проведен скрининг местных сортов и гибридных линий, в том числе более 300 сортов и образцов пшеницы, полученных из ВИР в период 1920-1960 гг., а также питомников СИММИТ. Установлено, что большинство из них в теплице, в ювенильной стадии показывают восприимчивость, в полевых опытах наоборот – больше устойчивых или с

замедленным развитием болезни образцов. Сорта с источником устойчивости к листовой ржавчине Lr24, широко распространены в Австралии, во многих – также присутствует L34 (Riaz, 2015).

Л. А. Михайлова (2003) указывает, что возбудитель листовой ржавчины *P. recondita f. sp. tritici* адаптирован к различным климатическим условиям, вследствие чего она распространена во всех регионах культивирования пшеницы, и потери значительны. В связи с этим использование генетически обусловленной устойчивости является наиболее экономичным и поэтому наиболее предпочтительным методом повышения урожайности. Специфическая устойчивость пшеницы к бурой ржавчине привлекательна для селекционеров, поскольку при скрещиваниях передается от донора к потомству. Например, ген 13 в Австралии более чем 20 лет обеспечивает защиту пшеницы от листовой ржавчины, несмотря на такой длительный срок. Устойчивость пшеницы, детерминируемая генами 34 и 46, а также другими олигогенами характеризуется меньшим числом пустиел на единицу площади листьев и более длительным латентным периодом, т.е. замедленным развитием болезни. В настоящее время известны 46 генов, однако только некоторые из них сохранили эффективность. Наиболее ценными источниками устойчивости к листовой ржавчине являются *Aegilops tauschii*, 8 генов устойчивости: Lr21, Lr22a, Lr32, Lr39, Lr40, Lr41, Lr42 и Lr43 этого вида перенесены в пшеницу и картированы, из *Agropyron elongatum* – 4 гена: Lr28, Lr35, Lr36 и Lr47. Комбинация двух генов может обуславливать более высокую устойчивость или неэффективные гены в комбинации с эффективными, сочетание генов дает нулевой тип реакции. Какая бы устойчивость не использовалась в селекции пшеницы, важно генетическое разнообразие создаваемых сортов, к настоящему времени запас эффективных не достаточен для его обеспечения.

В период 2000-2010 гг. в Западной Сибири экологическое сортоиспытание прошло 360 перспективных сортообразцов яровой мягкой пшеницы, по комплексной устойчивости к бурой ржавчине и мучнистой росе выделяются Омская 37, Лютеценс 210. 99-10, Фитон 25, Алтайская 105. Омская 35, Эритроспермум 5501 и Эритроспермум 78 были устойчивы к листовой и стеблевой ржавчине. Среди анализированных 170 генотипов сорта Омская 29, Омская 37, Омская 38, Омская 39, Омская 41 характеризуются высокой продуктивностью и устойчивостью к листовой ржавчине (Белан с соавт., 2013).

В Московской области на искусственном инфекционном фоне инокуляцией смесью различных рас *P. triticina* изучено 236 образцов яровой пшеницы из стран Центральной и Восточной Европы, Северной и Южной Америки, Юго-Восточной и Юго-Западной Азии в течение 5 лет. Выявлены 13,6% образцов пшеницы с возрастной и 17,3% ювенильной резистентностью. Среди генотипов пшеницы Западной Европы отобрано 26,7% образцов с замедленным развитием болезни. Высокую устойчивость к листовой ржавчине показали 26 сортов, в том числе: Челябин-Юбилейная, Новосибирская 91, Алтайская 530, Фаворит, Лютесценс 101 и другие (Киселева с соавт., 2012).

В 2012-2013 гг. в Нижнем Поволжье проведен скрининг более 1 000 образцов яровой пшеницы отечественной селекции и из международных питомников (США, Швеция, Мексика, Чили), а также на естественном фоне проявления бурой ржавчины. Установлено, что высокой устойчивостью выделяются мексиканские образцы, которые поражались болезнью до 10% (Маркелова, Нарышкина, 2013).

Установлено, что Lr14, Lr19 и Lr23 гены оказывают влияние не только на состав популяции патогена, но и продуктивность и качество зерна яровой мягкой пшеницы. Исследования на трех парах изогенных линий, созданных селекционерами НИИСХ, путем переноса генов на саратовские сорта, показали, что они наряду с защитой пшеницы от листовой ржавчины оказывают положительное влияние на содержание в зерне белка и клейковины. В засушливые годы (1995, 1996 и 1998) она колебалась от 39 до 53%, в обеспеченные осадком 2000 и 2003 гг. – от 30 до 42% (Крупнов с соавт., 2004).

Проанализированы исходные родительские формы и гибридные популяции от скрещивания устойчивой к бурой ржавчине линии Л-4140 с изогенными линиями сорта Thatcher с Lr9 и Lr38 генами. Использование тест-клонов патогена с известной вирулентностью выявлено, что устойчивость линии Л-4140 обеспечивает ген резистентности Lr9, Lr38 и LrTr. При типе реакции у Памяти Азиева 4 балла, у TcLr23 он составляет 1-2 балла, инкубационный период болезни – 9 и 11-12 суток соответственно, т.е. происходит замедленное развитие болезни (Коренюк, Мешкова, 2010).

В период 2001-2005 гг. проводили оценку к листовой ржавчине и септориозу более 2500 образцов яровой мягкой пшеницы из международных питомников 7th FAWWON, 16th и 17th SAWSN, 32th IBSSN, 1th

LWSN LMF6HLSN, поступивших через СИММИТ. В 2001 г. на инфекционном питомнике НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева (Акмолинская обл.), определяли устойчивость к двум видам ржавчины генотипа пшеницы из питомников СИММИТ-Мексика (240 образцов) и ПМПЛА (питомник мягкой пшеницы из стран Латинской Америки). Из первого питомника, состоящего из 204 сортообразцов, по адаптивности и хозяйственно ценным признакам для использования в селекционной работе отобрано 48, второго – 29 образцов. В качестве исходного материала большую ценность представляли образцы из стран латинской Америки (питомник 21st LACOS), где давно ведется селекция пшеницы на устойчивость к ржавчине. Из 299 образцов яровой пшеницы Аргентины, Бразилии, Боливии, Чили, Парагвая, Уругвая показали устойчивость к листовой ржавчине 288 или 96,3% при пораженности сортов местной селекции на уровне 50-100%. В 2005 г. в условиях Костанайской области на фоне эпифитотийного развития бурой ржавчины проведена оценка питомника отбора яровой мягкой пшеницы (ПОЯМП). Высокую к ней устойчивость показали 20 образцов из испытанных 31, умеренную – 11, при пораженности коммерческих сортов в сильной степени (до 75-100%). По массе 1 000 зерен все испытанные образцы превышали стандарт от 2,8 до 11,4 г или от 10 до 43,3% (Койшыбаев, Моргунов с соавт., 2004; 2010; 2012).

Высокой резистентностью к различным географическим популяциям бурой ржавчины отличались сорта пшеницы Attila, Anahuac 75, Buck-Buck, Babax, Inia 66, Genaro 81, Yupateco 73R, Noroeste, Opata 85, Superseri, Tonichi 81, Parula, Pastor, Pavon 76, Yecor, имеющие пирамиду 2-3 Lr генов или замедленного развития ржавчины – Slow rusting. Многие из них устойчивы и к желтой ржавчине [табл. 94].

В засушливо-степной зоне Акмолинской области в 2007-2009 гг. проведена оценка к бурой и стеблевой ржавчине 617 сортообразцов пшеницы Казахстана, России, Канады, Китая и других стран, в том числе 172, представленных СИММИТ. К двум видам ржавчины были устойчивы 92 образца, в качестве источников устойчивости для селекции большой интерес представляют образцы из Канады: ACC, Barrie Taber, Splendov из США, Long 98-5501 и 5582 – из Китая, Amidon, Keene, Stoa (США), Tapirew//SAR, V7632312, CROC и AE (CIMMYT), которые выделялись и высокой продуктивностью. Среди 294 сортов и селекционных линии яровой пшеницы Казахстана, устойчивых к названным болезням не выявлено (Бабкенова с соавт., 2016).

Таблица 94. Устойчивость к листовой и желтой ржавчине сортов пшеницы, содержащих пирамиду Lr генов

Сорт	Lr гены	Вид и популяция ржавчины			
		листовая		алматинская	
		акмолинская	костанайская	листовая	желтая
Yecora	Lr1+Lr13	5-10MR	1-5 MR	10MR	0-5R
Inia 66	Lr13+Lr17	10-MR	1-5 MR	10MR	0R
Noroste	Lr1+Lr13+Lr17	5-10MR	0 R	10MR	0R
Opata 85	Lr10+Lr27+Lr31+Lr34	10-25MR	10 MR	5MR	0R
Jupateco73 R	Lr17+Lr27+Lr31+Lr34	1-5MR	0-5 MR	0R	0R
Anahuac 75	Lr13+Lr17+Lr27+Lr31	0R	0-5 MR	0-5R	0R
Genaro 81	Lr23+Lr26+ SR	0R	0R	0R	0-5R
Seri 82	Lr23+Lr26+ SR	0R	0R	0R	0R
Supersery 2	Lr19+Lr23+ SR	0R	10 MR	10MR	0-5R
Babax 1	Lr27+Lr31+ MapRG	0R	1-5 MR	0-1R	0R
Parula	Lr13+Lr34+ SR	0R	5 MR	0R	0R
Pavon 76	Lr1+Lr10+Lr13+Lr46	5-10MR	1-5MR	0R	0R
Pastor	Lr3+Lr10+Lr23+SR	0-5R	0 R	0R	0R
Attila	–	1-5MR	0 R	0-5R	0R
Buck-buck	Lr16+ SR	0R	0 R	0-5R	10MR
SR – slow rusting					

5.4 Стеблевая ржавчина

5.4.1 Особенности распространения и селекция сортов на устойчивость

В связи с возникновением новой агрессивной расы возбудителя стеблевой ржавчины Ug99 и расширением её ареала возникает угроза дестабилизации продовольственной безопасности населения всей планеты. Впервые она была зарегистрирована в 1999 году в Уганде, 2002 г. – Кении, 2003 г. – Эфиопии, 2006 г. – в Судане и Йемене, в 2008 г. достигла Ирана. В связи с этим в 2005 году Норманом Борлаугом была организована программа BGRI (Borlaug Global Rust Initiative). Она координирует исследования по ржавчинным болезням пшеницы, охватывая все аспекты проблемы: мониторинг их распространения и развития, структуру популяции патогенов, селекцию на устойчивость с применением традиционных и биотехнологических методов, в частности – молекулярных маркеров, секвенированию и транслокацию генов (Mac Intoch, 2015).

На рабочем совещании по программе BGRI, проходившем в 2015 году в Австралии D. Hodson указал, что за последние 10 лет сделано очень много по стеблевой ржавчине пшеницы. Проведен мониторинг за распространением болезни в 34 странах Центральной и Южной Америки, Восточной и Северной Африки, Восточной и Южной Азии. Локальные её эпифитотии происходили в Эфиопии и Кении, широко распространенные сорта Robin и Digaly очень восприимчивы к этой болезни.

U. Bansal (2015) указал, что в качестве источников устойчивости к видам ржавчины большую ценность представляет коллекция пшеницы Уоткина (Watkin), которая была создана в 1920 году и включала 7200 образцов стародавних сортов (ландрасы) этой культуры из 32 стран Западной Европы, России, Южной Азии и Австралии, в том числе, гексаплоидных – 800, твердой – 400. В течении трех лет они оценивались на устойчивость превалирующим патотипам стеблевой и листовой ржавчины, отобраны генотипы, обладающие высокой к ним устойчивостью. Ландрасы имели различную природу устойчивости, постулировано наличием у них генов: Sr7, Sr12 Sr13, Sr28, Sr30, Yr3, Yr4, Yr7, Yr6 и Lr16, Lr17b, Lr20, Lr73; идентифицированы новые Sr, Yri Lr-гены, определено их расположение на хромосоме. Гены устойчивости к желтой ржавчине путем клонирования перенесены из ячменя в гермоплазму пшеницы.

A. Shachin (2015) указал, что в Египте возделываются 43 сорта мягкой и 6 твердой пшеницы. Основным методом защиты посевов от видов ржавчины является возделывание устойчивых сортов, восприимчивые обрабатываются фунгицидом, но это обходится дорого. На 20 сортах – дифференциаторах проведен анализ патотипного состава возбудителя стеблевой ржавчины. Выявлено наличие агрессивной её расы Ug99, которое подтверждено Глобальным Центром по ржавчинным болезням зерновых культур в Дании, т.е. происходит расширение её ареала.

M. Mayer (2015) установил, что для распространения спор стеблевой ржавчины на дальние расстояния важно направление ветра и турбулентность воздуха. Чередование сухой и влажной погоды благоприятно для заражения, массового образования и высвобождения спор из соруса. Из Кении Ug99 проникла в Эфиопию, далее – в Йемен и Иран, возможно распространение агрессивной расы из Египта в Судан, Ирана – в Афганистан, Пакистан и субконтинент Индия.

С учетом розы ветров и относительно близкое расстояние Центральной Азии к Ирану, наличие в регионе горных массивов, где произрастает промежуточный хозяин возбудителя стеблевой ржавчины – виды барбариса, имеется высокая вероятность её распространения по азиатскому региону, далее Западную Сибирь, европейскую часть России, Кавказ и Украину. Устойчивыми к Ug99 является только около 10% возделываемых сортов мира (Зеленский, Моргунов, Wanyera, 2011).

В условиях Западной Сибири на инфекционном фоне в слабой степени стеблевой ржавчиной поражались: Урало-сибирская, Омская 39, Челябинская степная, очень сильно (60-80%) – Омская 28, Омская 33 и Омская 36 (Белан с соавт., 2015). Высокую к ней устойчивость в южной лесостепи проявляют линии яровой мягкой пшеницы с генами: Sr9e, Sr24, Sr25, Sr26, Sr27, Sr31, Sr33, Sr35, Sr36, Sr38, SRDP- 2, группой (пирамидой) генов Sr7a+Sr12+Sr и сорта Norm, Debeira, Vasanora, Hidhab, Cham 10 неустановленными Sr генами. Заметно варьировала устойчивость линии с генами Sr9G, SR11RA, Sr13, Sr26, Sr32 и пирамидой генов – Sr2+Sr23, Sr26+Sr9G, Sr33+Sr5, а также сортов с неустановленными генами: Cham 6, EL Nielain, Gemmeiza 9, Chamran, Aguila (Шаманин с соавт., 2010).

Скрининг к расе Ug-99 сортов яровой твердой и мягкой пшеницы, выведенных по программе КАСИБ, на инфекционном фоне Института фитопатологии Кении показал, что высокой к ней устойчивостью выделяются Фитон 109, (НПФ «Фитон»), Степная 62 (Актюбинская СХОС) и Омская 38 (СибНИИСХ), умеренно поражаются Степная 17 (Актюбинская СХОС), Сibaковская-Юбилейная (ОМГАУ), САД-101 (Курганский НИИСХ), Апасовка (Алтайский НИИСХ), Лютеценс 363/96-4 (Кургансемена), Челябинская-степная, Челябинская 75 (Челябинский НИИСХ); из сортов твердой пшеницы – Каргалы 1, Каргалы 28, Каргалы 303 (Актюбинская СХОС), Наурыз-6 (КазНИИЗиР) и СИД-88 (Карабалыкская СХОС). Из 340 сортов и образцов яровой твердой и мягкой пшеницы селекционных учреждений России и Казахстана отобраны 140 и создан специальный питомник к расе стеблевой ржавчины Ug-99 (Зеленский, Моргунов с соавт., 2014).

R.P. Singh (2015) обобщил достижения международного центра СИММИТ по селекции яровой пшеницы на устойчивость к видам ржавчины по программе BGRI за последние 10 лет. В 6 точках Амери-

ки, Азии и Африки ежегодно проводились фенотипирование и полевая оценка более 1 000 её линий. За 5 лет получены по челночной селекции более 8 000 линий, в F3-F4 проводился отбор популяции к стеблевой ржавчине в Мексике, F5-F6 – в Кении. В течение 4-5 полевых сезонов отобраны линии, сочетающие устойчивость к видам ржавчины с ценными агрономическими свойствами.

Локус Mla зерновых культур является эффективным в качестве источника устойчивости к стеблевой ржавчине. Новый ген Sr50 путем транслокации клонирован к пшенице из ржи, является гомологичным с геном Mla, который определяет резистентность ячменя к мучнистой росе. Большое разнообразие этого локуса у рода *Poe* предполагает возможность его использования для рекомбинации и клонирования (Mago, 2015).

Анализ более 40 возделываемых сортов пшеницы Австралии показал, что устойчивость их к стеблевой ржавчине контролируется генами Sr24, Sr30, Sr36, Sr38 и Sr57. Снижение доли восприимчивых к ржавчине сортов пшеницы важно не только для индивидуального фермера, но и для страны и континента в целом. Чем ниже уровень развития болезни, тем ниже разнообразие и вероятность возникновения новых рас патогена. Учитывая это, необходимо в ближайшие годы «иммунизировать» до 75% площадей посевов, т.е. возделывать устойчивые сорта пшеницы (Park, 2015).

5.4.2 Структура популяции

Для анализа структуры популяции *P. graminis f. sp. tritici* международным центром СИММИТ из стран Восточной и Северной Африки, Восточной и Южной Азии собраны и размножены более 7000 изолятов патогена. Раса Ug99 зарегистрирована в 13 странах, в том числе в Иране и Египте, если раньше были известны 2 расы, которые обнаружены в 4-х странах, то в 2015 г. идентифицированы 11. В Кении в 2014 году обнаружены 3 расы Ug99, отличающиеся по степени вирулентности, в Уганде, Руанде, Эритрии – новая раса ТТКТК. Проведен скрининг более 100 тысяч культивируемых сортов и 200 тысяч линий пшеницы. В Эфиопии из сорта Digely идентифицирована новая раса – ТКТТК. В будущем особое внимание нужно уделить молекулярной диагностике рас стеблевой ржавчины (Hodson, 2015).

Исследованиями СИММИТ в Мексике и других странах установлено, что против Ug99 эффективны гены расоспецефической устойчивости Sr22, Sr25, Sr26, Sr33, Sr45, Sr50, SrWd6343 и другие, а также пирамида генов Sr22, Sr25 и Sr26 в комбинации с APR, высокой резистентностью обладают Thatcher + Sr57 и Sr55. Идентифицированы 13 минорные гены замедленного развития ржавчины, определены их локусы на хромосоме (Singh, 2015).

Гены ювенильной устойчивости пшеницы к стеблевой ржавчине расположены на хромосомах 1A, 2B, 5B, 6B,7B, 6D, взрослых растений – 5A, 2B,3B, 4B, одновременно в обеих фазах – 2A, 3A, 4A,5A, 2B, 3B, 1D, 4D (Лелли,1980)

М. Pathpou с соавт. (2015) в условиях теплицы на сортах-дифференциаторах с Sr генами анализировали 155 изолятов возбудителя стеблевой ржавчины, собранных из стран Европы (Дания и Германия), Африки, в частности из Судана, Кении, Уганды, Замбии, Непала и Восточной Азии (Иран, Ирак, Турция). В образцах, собранных из Западной Европы агрессивная её раса не обнаружена, имеются патотипы Tmf вирулентности. Установлено, что в структуре популяции патогена произошли определенные изменения: в Египте обнаружены 3 расы Ug99 группы, в восточной Африке появились две расы Tmf вирулентностью. В Азербайджане, Египте, Эфиопии, Судане, Иране, Ираке, Турции преобладает патотип TKTTF.

М. Newcombe с соавт. (2015) анализировали изоляты из Кении в течении 12 лет и обнаружили некоторые изменения в структуре популяции патогена. В 2011 г. дифференциаторы были дополнены 2 сортами: Robin и Digelu. В 2014 г. последний стеблевой ржавчиной поразился в сильной степени, на полях, необработанных фунгицидами, потери урожая составили 60-70%. В период 2008-2012 гг. анализировано 111 изолятов и они были дифференцированы, как Ug99 группы, в популяции патогена определены три расы следующей долей: TTKSK – 33, TTKST – 76, TTTSK – 2%. Последняя показала вирулентность к 17 сортам-дифференциаторам, была авирулентна к Sr36, SrTmf и Sr24. Из изолятов, собранных в 2014 году дифференцированы расы TTKS, TTHST и TTHSK, в 2015 г. – TTKSK, TTKST и TTKTK; последние впервые обнаружены в Кении и других странах Африки. Проводилось генотипирование 20 изолятов стеблевой ржавчины Pgt и SNP анализами, определена ювенильная устойчивость у 1 055 линий пшеницы. Наличие одного гена не до-

статочно эффективно против новых рас патогена, необходимы сорта, защищенные несколькими генами.

В Австралии ген Sr38 более 40 лет обеспечивал контроль стеблевой ржавчины, расы патогена вирулентные к Sr30 и Sr36 появились позже. Гены Sr32 и Sr26 имеют длительную устойчивость к местной популяции возбудителя, в 1998 году Sr33 расой преодолен TTKSK, Rpg1 – в 1988 г. Более эффективным является сочетание мажорных и минорных генов, могут быть использованы минорные, возможно клонирование генов длительной устойчивости. Для постулирования генов устойчивости нужно вести исследование растения-хозяина и возбудителя на популяционном уровне. Pgt анализом у 19 изолятов идентифицированы расы TTKST, TTKTK и TTKSK, комбинация генов Sr2, Sr24 и Sr25 придает высокую устойчивость пшеницы к агрессивным расам патогена (Park, 2015).

Е. Heily с соавт. (2015) определяли расовый состав возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы в Эфиопии, совершенствовали методы оценки гермоплазмы пшеницы. Она по посевной площади занимает 4-е место после тэф, сорго и кукурузы, средняя её урожайность составляет 2,5 т/га. Наряду с абиотическими сдерживающим фактором являются болезни, особенно септориоз и виды ржавчины. В 2013 и 2014 гг. в горных районах страны происходило эпифитотийное развитие стеблевой ржавчины. Анализ патотипного состава её популяции показал, что он представлен расами TKTTF, TTKSK, TRTTF и JRCGC.

В Грузии на наборе сортов пшеницы с 36 Sr генами определена вирулентность 133 эцидиальных и 372 урединиальных изолятов *P. graminis f. sp. tritici*. Установлено, что линии с генами Sr11, 12, 13, 14, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33 и Sr35 устойчивы ко всем изолятам. В популяции обнаружены 84 патотипов вирулентности с частотой встречаемости от 1,2 до 28,3%; преобладали Sr9d, 9g 15, 16, 18, 19 и Sr28, у Sr30 она варьировала от 20 до 50%. Большинство изолятов показали высокую вирулентность к Sr1, 9 и 15, устойчивость к Sr5, 7б, 9с, 9, 19, 15, 17, 23 генам.

На Северном Кавказе происходило постепенное расширение ареала стеблевой ржавчины. В 2010 г. она была обнаружена в южной предгорной, центральной и северной агроклиматических зонах со степенью развития до 5%, отдельные восприимчивые сорта по-

ражались с типом реакции 3, 4 балла. Изоляты вирулентные к носителям Sr5, 9b 26 и Dp2 выявлены частотой от 10 до 25%; Sr1, 6, 7a, 8b, 9a, 9d, 9f, 9g, 10,12, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 23 и 36 свыше 25%. Сорты озимой пшеницы Верта, Золотко, Коллега, Первица Brule с расоспецифической устойчивостью способствовали значительному изменению популяции возбудителя. Наибольшее количество, устойчивых к стеблевой ржавчине образцов обнаружено в группе диплоидов секции *Monococcum* и тетраплоидов *Tr. araraticum* – до 100%, в группе секции *Timopheevi* и *Dicoccoides* – от 18 до 67%; гексаплоидных видов *Triticum* – от 6 до 25% (Синяк, 2013). В период 2010-2012 гг. в северокавказской популяции возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы выявлено 95 фенотипов, изоляты вирулентные к генам Sr8a, 11,13, 21, 24, 25, 27 и Sr35 встречались с частотой от 10 до 25%; Sr1, 7a, 8b, 9b, 9f, 9g, 10,12, 14, 15,16, 17, 19, 22, 23 и Sr36 – более 25%; клоны вирулентные к Sr9c, 30 и 31 не обнаружены (Волкова с соавт., 2013).

В Западной Сибири структура популяций возбудителя стеблевой ржавчины представлена семью патотипами вирулентности: TDR/BL, TFH/FF, KKN/DG, BKR/RG, FBS/BB и BBB/BB, наиболее вирулентны первые три, агрессивная её раса не выявлена (Шаманин соавт., 2012). В лесостепи Приобья высокую эффективность к местной популяции патогена показали линии с Sr8, Sr9, Sr27, Sr31 генами, а также Sr36Tt12 и SrTt3 из *Triticum timopheevii*, устойчивы к этой болезни сорта Челябинка 75, Тулайковская 5, Тулайковская 10, Тулайковская золотистая (Сочалова, Лихенко, 2010).

Ш. С. Рсалиев (2010) указывает, что изоляты популяции *P. graminis* f. sp. *tritici* 2006-2007 гг. отличались высокой вирулентностью. Из коммерческих сортов выделено 20 патотипов гриба, наиболее опасными являются TPR/J, TFM/H, TDT/H, TPS/H, TTH/K, TKN/R, TKT/C и TFK/R с вирулентностью к Sr линиям 65-81%. Казахстанская популяция стеблевой ржавчины содержат расы, обладающие вирулентностью к гену 31; в полевых опытах сорта пшеницы Sery 82, PBW 343 с данным геном поражались ею в пределах 20-30%, с типом реакции 3 балла. Впервые в Казахстане обнаружены высоко вирулентные патотипы стеблевой ржавчины пшеницы, аналогичные с расой Ug99, формулой вирулентности TTKS (Рсалиев с соавт., 2010).

В период 2013-2016 гг. в северном регионе Казахстана на наборе 68 сортообразцов пшеницы с Sr генами проводили мониторинг струк-

туры популяции возбудителя стеблевой ржавчины и определяли эффективных генов для селекции. В 2013 г. на Карабалыкской СХОС она проявилась в третьей декаде августа, из анализированных сортообразцов 28 были раннеспелыми и ушли от поражения, 28 – среднеспелые, 3 – позднеспелые. Сортообразцы с генами: Sr6, Sr8, Sr21, Sr32, Sr37, Sr43, Sr49, Sr50, Sr51, Sr54 и Sr60 поразились ею от 1-5 до 10-20%, Rihane и McMurachy (Sr6) в сильной степени (40-60%). В 2015-2016 гг. исследования продолжены на Северо-Казахстанской СХОС, где были посеяны 67 сортообразцов пшеницы, содержащие один или пирамиду Sr генов. В 2015 г. стеблевая ржавчина проявилась поздно, развивалась в умеренной степени, восприимчивые сорта поразились до 20-30%. Патоген был представлен более 10 генами вирулентности, в частности Sr5, Sr6, Sr11, Sr8a, Sr8b, Sr9b, Sr15, Sr32. На сортах Coorong, Mildress, Trident и Norin, содержащие соответственно Sr27, Sr31, Sr38, Sr42 гены и сорусах Sr32 и Sr35 генов стеблевая ржавчина не обнаружена. Сорта Agent, Coorong, Eincorn, Nin, Banks, Festiguau, Satu, Mendos, Kite, Trident и образцы TD и 51205 характеризовались высокой устойчивостью к двум видам ржавчины или более замедленным развитием болезней. В 2016 г. стеблевая ржавчина проявилась в конце июля и начале 1-й декады августа, развивалась очень интенсивно. К восковой спелости уровень пораженности коммерческих сортов пшеницы Астана, Астана 2, Омская 35 достигал 40-60. Высокой устойчивостью к ней выделялись сорта Acme, Eincorne, Coorong, Satu, Nin, Gatcher, Cook, Mendos, Trident, Seri 82, Arrechane, Debeira, Coroong, Altar, Buck-Buck, Agyilal, Attilla, BtSr30Wst, EL Nielain и другие. Из-за сильной пораженности ржавчиной и септориозом масса 1 000 зерен у стандартных сортов Астана, Астана 2 не превышала 23-25 г., по этому показателю заметно превышали их: №51206 (38,6 г), Seri 82 (30,5), Agyilal (29. 7), Debeira (28,9), Buck-Buck (29,5) и Triticale (32,5 г)

5.5 Септориоз – *Stagonospora nodorum* и *Septoria tritici*

5.5.1 Факторы и источники устойчивости

Л.М. Мохова с соавт. (2011) обосновали модель сортов озимой пшеницы, позволяющую свести потери урожая от септориоза до минимума. Высота растений один из основных факторов, влияющих на интенсивность развития болезни, создающий специфический микроклимат ценоза. Растения с укороченной соломой являются более уязвимыми для заражения, листья их располагаются ближе к источникам инфекции. Установлена отрицательная корреляционная зависимость между пораженностью листьев и высотой стебля ($r = -0,39$), длиной

вегетационного периода и интенсивностью поражения пшеницы, полукарликовые и скороспелые сорта больше подвержены болезни.

Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что имеется положительная связь между размером пикноспор и развитием септориоза, которая выражается уравнением регрессии $S=2PRH$, где R – радиус цилиндра; H – высота; а также площадью поверхности листьев пшеницы (Колесников, с соавт., 2005).

Исследования ученых Западной Европы показали, что такие сорта, как Кавказ 4500, Olaf, Veranopolis, TE9111 высокоустойчивы к септориозу в полевых условиях. Они содержат пирамиду генов и могут быть эффективными источниками устойчивости при гибридизации. На основе микросателлитного анализа у генотипа Stb 6 идентифицированы 9 сорусов (источники) для использования в селекционной программе (Kema et al., 1997). Среди видов *Triticum boeoticum* и *T. diccoides* преобладают устойчивые к септориозу, листовой и желтой ржавчине, твердой головне формы (Mamluk et al., 1993).

В Северном Кавказе на искусственном инфекционном фоне была проведена оценка видов пшеницы к пиренофорозу и септориозу; из испытанных 268 образцов по резистентности ко второй болезни выделялись 147. Установлено, что к ним наиболее устойчивы дикие виды пшеницы: *Tr. monococcum*, *Tr. macha*, *Tr. timopheevii*, *Tr. spelta*, *Aegilops tauschii*. Комплексную устойчивость к 3-4 болезням показали 3 образца из коллекции ВИР: К-62030, К-67703, К-64117 и 10 образцов *Tr. monococcum* (Волкова с соавт., 2007).

В Западной Сибири многие коммерческие сорта яровой пшеницы выделяются высокой восприимчивостью к септориозу, устойчивостью – Новосибирская 44 и Омская 33 (Слободчиков, 2011).

Для создания устойчивых к септориозу и гельминтоспориозным пятнистостям сортов пшеницы СИММИТ предлагает проводить гибридизацию адаптированных к местным условиям сортов устойчивой гермоплазмой, отбор проводить в F4-F7 (Ginkel et al., 1998). Источниками устойчивости к септориозу могут служить питомник СИММИТ – Septon, где сосредоточены гермоплазмы пшеницы из многих стран, резистентные к этой болезни. Исследования в период 2002-2008 гг. в северном и юго-восточном регионах Казахстана показали, что многие сортообразцы обладают устойчивостью к ком-

плексу болезней с листо-стебельной инфекцией. В 2005-2007 гг. на Карабалыкской СХОС при умеренном и сильном развитии септориоза из указанного питомника отобраны более 30 образцов, обладающие комплексной устойчивостью к болезням и адаптивностью к местным условиям, хозяйственно ценные свойства. При эпифитотии листовой и стеблевой ржавчины, септориоза в 2015-2016 гг. в северном регионе большинство из них показали групповую устойчивость к этим болезням, имели высокую массу 1 000 зерен [табл. 95].

Таблица 95. Групповая устойчивость образцов пшеницы питомника Septon к видам ржавчины и септориозу (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)

Сортообразец	Ржавчина				Септори- оз, %	Масса 1 000 зерен,г
	листовая		стеблевая, %			
	реакция	степень, %	реакция	степень, %		
BOBWHITE	MR	10-20	MR	5	1-5	
T00011/T00007	R	0-1	MR	0-5	5-10	
CHUM18//JUP/BJY	R	0-1	R	0	5-10	
L. A. CIAT (SANTA CARUS)	R	0-1	MR	10	0-5	
IAS/588/IAS55 /ALD3	MR	0-10	MS	10-20	0-5	
CMH76A. 977/SERI//	MR	0-10	R	0	5-10	
777/CMH79A. 307	R	0-1	MS	10-20	0-5	
TALHUEN INIA	R	0-5	MS	10	0-5	
SOMO/SORA//ACTS5	MR	0-5	MR	5-10	5-10	
OSMANIO	MR	0-5	S	40-60	5-10	
CORYDON	MR	0-1	S	40-60	0-1	
ALD/PVN//NING7840	MR	0-1	MS	10-20	0-5	
I AS 20/H567/71//SARA	MR	1-5	MS	20	0-5	
IAS 20	R	0-1	MR	0-5	0-5	
BR14/CEP847	R	0-1	MR	0-5	0-5	
F133// CHAS//OPATA	R	0-1	MS	10-20	0-5	
BR17/CNT8//BR17/PF80100	MR	0-10	MS	10-20	5-10	
BR 35//BR14	MR	0-5	MS	10	0-5	
CEP80111/VEE	R	0-1	MR	5-10	0-5	
CEP111//CEP19/3/BNG/CNT8	R	0-1	MS	20	0-5	
IDAN/LAS	MR	0-5	S	20-40	0-5	
TRAP#1/OPATA	MR	1-5	MS	10-20	0-5	
IAN7/LIRA	MR	0-5	S	40-60	1-5	
Астана – стандарт	S	10-20	S	10-20	20-40	
Астана 2 – стандарт	S	20-40	S	40-60	20-40	
Омская 35 – стандарт	MS	20-40	S	20-40	10-20	

5.5.2 Патотипный состав возбудителей

Для анализа генетического различия популяции *Septoria tritici* (анаморфа *Mycosphaerella graminicola*) G. Kema с соавторами (1997) предлагают использовать 2 параметра: размер некроза листьев в процентах и количество пикнид. На основе анализа 65 изолятов гриба из Туниса, Алжира и Канады идентифицированы 8 патотипов гриба *Septoria tritici*, которые имели разную вирулентность на сортах-дифференциаторах. Ниже показан пример дифференциации патотипного состава возбудителя болезни на 8 сортах [табл. 96].

Таблица 96. Реакция генотипов пшеницы к патотипам *Mycosphaerella graminicola* (Medini, Lamari et al, 2003)

Генотипы пшеницы	Патотипы <i>Mycosphaerella graminicola</i>							
	3	4	1	2	5	6	7	8
Erik	+	+	+	+	+	+	–	–
4B1149	+	+	+	+	+	+	–	–
Amazon	+	+	+	+	–	+	–	–
ST6	+	+	+	–	+	–	–	–
Sceptre	+	+	–	–	–	–	+	+
Coulter	+	–	–	–	–	+	+	+
4B160	–	–	–	–	–	–	+	–
Salamouni	–	–	–	–	–	+	–	–
Примечание: + – вирулентность; – авирулентность								

S. Goodvin с соавт. (2004) рекомендуют анализировать патотипный состав *Septoria tritici* на линиях пшеницы с идентифицированными Stb генами. Многолетние исследования в северном регионе республики показали, что большинство из них обладают групповой устойчивостью к септориозу и видам ржавчины [табл. 97].

Установлено, что по культуральным свойствам на искусственной питательной среде представлены популяции патогена Центрально-Черноземной зоны с 10 морфологическими типами. Часто встречаются дрожжеподобные гофрированные колонии черного цвета с розовой каймой, а также мицелиального типа (Артемова, 2005).

Таблица 97. Пораженность линии пшеницы с Stb генами септориозом и видами ржавчины

Линия	Название сорта	Северо-Казахстанская СХОС				Карабалыкская СХОС			
		ржавчина		септориоз		септориоз колоса	листовая ржавчина	масса 1 000 зерен, г	
		бурая	стеблевая	листья	колос			2012	2013
Stb 1	Oasis	OR	OR	10-20	20-40	5-10	OR	24,0	20,7
Stb 2	Veranopolis	OR	OR	0-5	10	10-20	OR	28,6	23,5
Stb 3	Izrael 493	OR	10MR	0-5	0-5	5-10	OR	25,7	23,9
Stb 4	Tadinia	OR	OR	0-5	20-40	5-10	OR	30,0	27,7
Stb 5	Synthetic 7D	OR	OR	0-5	20-40	5-10	OR	24,9	23,5
Stb 7	Estanzuela Federal	OR	OR	0-1	10	5-10	OR	27,3	23,1

5.6 Желтая пятнистость (пиренофороз)

5.6.1 Особенности развития и патотипный состав возбудителя

В годы с повышенным количеством осадков желтая пятнистость совместно с септориозом в Южной Австралии развиваются до уровня эпифитотии, вызывая потери урожая пшеницы от 5 до 20%. Специальными экспериментами установлено, что через 18 месяцев инфицированность стерневых остатков была высокой. Проведен скрининг более 1 500 линии и они инокулировались в фазу 2-3 листьев. Источниками устойчивости могут быть сорта Chinese spring, CV 12, Fink S, Genaro 81, Morin 26, Ponta, Grossal, Red Chief, Vicam 71. Наследование признака определяется 3-4 рецессивно-комплементарными генами (Loughman et al., 1997).

В Канаде на трех сортах дифференциаторах идентифицированы 8 рас возбудителя болезни. Наиболее широко распространенной является раса 1, образующая некрозы на листьях. Используя в качестве дифференциаторов сорт Glenlea, линии пшеницы 6B662 и 6B365 по типу реакции идентифицированы 8 физиологических рас патогена. Они отличались по степени образования токсинов и вызывают различные симптомы болезни, в частности некроз и хлороз. Например, патотип 1 образует только некроз на листьях, окруженный хлоротичной зоной, патотип 2 – некроз, патотип 3 – одновременно два симптома, 7 – комбинация вирулентности 2 и 5 рас, 8-2,3 и 5. Патотипы 1 и 2 образовали токсин А, а 3, 4, 5 и 6 – В (Lamari et al., 2003). Ниже приводится пример дифференциации рас гриба [табл. 98].

Таблица 98. Дифференциация рас *Phyrenophora tritici-repentis* (Strelkov and L. Lamari, 2003)

Сорт или линия	Физиологические расы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Glenlea	S (N)	R	R	R	R	R	S (N)	S (N)
Линия 6 B662	R	R	R	R	S (C)	S (C)	S (C)	S (C)
Линия 6 B365	S (C)	R	S (C)	R	R	S (C)	R	S (C)
Salamouni	R	R	R	R	R	R	R	R
R – устойчивость, S – восприимчивость, N – образование некрозов, C – образование хлорозов								

О. Ю. Кремнева, Г. В. Волкова (2007) проанализировали 122 моноконидиальных изолятов краснодарской, ставропольской и ростовской популяций *D. tritici-repentis*, выделенных на искусственную питательную среду, по трем основным критериям: скорость роста, морфология колонии и интенсивность спороношения. По морфологии колонии они сгруппированы на три типа: первый – пушистый, рыхлый, белый, быстрорастущий, мицелий занимает всю поверхность чашки Петри, спорообразование происходит по краям колонии; 2-тип: бархатистый, белый, грязно-серый, в центре белый плотный мицелий, больше споруляции; 3 – тип: бархатистый, темно-серый, темно-оливковый, спорообразование наблюдается на всей поверхности субстрата.

На основе анализа изолятов *Ph. tritici-repentis*, собранных из 3 агроклиматических зон Северного Кавказа, на сортах Фортуна, Фишт, Память Калиненко, Зерноградка 10, Ермак, Зерноградка 11 идентифицированы 8 рас патогена, количество вирулентных изолятов варьировало от 10,3 до 80-90%. Из моноконидиальных изолятов с помощью канадского набора сортов-дифференциаторов определены 8 рас патогена, в частности раса 8, образующая 3 вида токсинов. В южной и центральной зонах раса 7 не выявлена, в западной – 1 и 4. Использование молекулярных маркеров установлен полиморфизм структуры патогена по фенотипам, что свидетельствует о высоком его эволюционном потенциале. У краснодарской популяции возбудителя выявлено от 18 до 26 рас, ставропольской – 10, ростовской – 10 (Волкова, 2012; 2013).

Использованием 4-х гексаплоидных сортов пшеницы: Clenlee, 6B365, 6B662, Salamouni, 2-х тетраплоидных – Coulter 4 и B1149 ана-

лизировано 253 изолятов *Ph. tritici-repentis*, выделенных из стран «Шелкового пути». Большое разнообразие рас гриба выявлено в Азербайджане: 1, 2, 3, 5, 7 и 8, в Казахстане, Кыргызстане и Узбекистане – одна или две. Первая раса доминировала во всех странах, расы 1 и 2 встречались в основном на гексаплоидной пшенице, когда 3, 5, 7 и 8 – на тетраплоидной (Lamary с соавт., 2005).

Для анализа структуры рас *Phyrenophora tritici-repentis* СИММИТ предлагает использовать 12 сортов–дифференциаторов. Скрининг их в юго-восточном и северном регионах Казахстана показал, что многие сорта обладают высокой устойчивостью к листовой и стеблевой ржавчине, продуктивностью колоса и массой 1 000 зерен [табл. 99].

Лабораторный анализ юго-восточного и северного изолятов возбудителя желтой пятнистости показал, что они заметно отличаются по степени вирулентности: Fortuna, Selkirk и местный сорт Стекловидная 24 показали высокую восприимчивость со средним баллом поражения 1,75-1,85, устойчивость – UP 301 и Gabo.

Таблица 99. Пораженность сортов-дифференциаторов пшеницы желтой пятнистостью и видами ржавчины в Казахстане

Сорт или линия	Индексы поражения, % и тип реакции					Масса 1 000 зерен г, в регионах		
	желтой пятнистостью			видами ржавчины		юго- восточ- ный	северный	
	балл	макси- мальный	мини- мальный	листовой	стебле- вой		СК* СХОС	КБ* СХОС
BH 1146	3-5	50	10	10-20 MS	10-20S	41,0	35,0	34,4
CHRIS	5-6	75	25	5-10 MR	5-10MS	41,5	23,9	34,0
Toropi	5	50	25	10-20 MR	10-20S	36,4	39,5	37,4
Len	7-8	75	50	5-10 MR	0-5MR	39,4	37,1	36,3
Fortuna	5-6	75	25	10 MS	0-5MR	43,0	31,7	36,8
Waldron	3-4	25	10	0-5 MR	0-5 MR	45,0	39,7	45,0
Up-301	2-3	25	10	5-10 MS	0R	42,2	23,5	34,4
Selkirk	3	25	10	0-5 MR	0R	39,0	34,5	37,4
Gabo	2-3	25	10	10 MS	0R	37,4	30,0	34,6
Glenlea	5	50	25	0 R, 10MS	0R	28,4	36,9	38,0
Br-8	3	25	10	5-10 MR	0R	36,2	36,0	35,4
СК – Северо-казахстанская, ** КБ – Карабалыкская опытная станция								

5.6.2 Источники устойчивости

Желтая пятнистость является широко распространенной болезнью пшеницы на Великих равнинах США. Определена устойчивость 37 генотипов яровой и озимой пшеницы в условиях теплицы и на поле. Установлено, что устойчивость сорта можно определить в фазу всходов, однако обязательно нужно проверить в полевых условиях у взрослых растений, различие между генотипами было более существенное, чем способа оценки материала (Zang et al., 1998).

Коммерческие сорта мягкой пшеницы Канады восприимчивы к желтой пятнистости, поэтому нужно искать новые генотипы (Lamari et al., 2003). В Мексике определена устойчивость 198 гибридных линий пшеницы с использованием двух разных показателей: дискретное различие (от 0 до 99) и уровень пораженности (от 0 до 9). Вариабельность сортов устанавливали также по урожайности и массе 1 000 зерен (Franco et al., 1998). В штате Оохака проведен скрининг 224 линии СИММИТ на фоне нулевой обработки почвы. При эпифитотии болезни сравнительную устойчивость показали Arandas, F-90 и Catbird (2-3 балла), стандартные сорта поражались на 8 балла, урожайность их составляла 9,8-16,0, устойчивых к болезни 15 генотипов – 22-25,8 ц/га (Ozorio et al., 1998).

В Венгрии желтая пятнистость распространена на 70% площади посевов пшеницы, из 76 её генотипов все в сильной степени поражались болезнью. Из анализированных 18 видов злаков *Ph. tritici-repentis* выявлен только на *Tr. aestivum* и *Agropyron repentis*, *B. sorokiniana* – 18 (Bacony et al., 1998).

Проанализирована гермоплазма пшеницы из стран Азии и Европы. Устойчивые к желтой пятнистости образцы встречались чаще среди сортообразцов Китая, дальневосточного и кавказского регионов России, стран Восточной Европы. Больше половины устойчивых к желтой пятнистости были представлены пшеницей – «банатки» (Корнюхин, 2007).

Л. А. Михайлова с соавторами (2003) указывают, что из 1780 анализированных сортообразцов пшеницы, представляющих 19 видов, устойчивые к пиренофорозу встречались в основном среди видов: *Triticum macha*, *T. Vavilovii*, *T. timopheevii*, *T. araraticum*, *T. urartu*, *T. monococcum*, *T. spelta*, а также *Aegilops tauschii*.

В период 2002-2008 гг. в юго-восточном и северном регионах республики проводили оценку более 100 образцов питомника TSRM (Tan spot resistance materials), полученных через СИММИТ из Турции. Сортообразцы Catbird, Filin, Milan, Bhricut, BH-1146, UP-301, Selkirik, Timanou, гибридные популяции Cyil/Lan, Kauz//Trap//Kauz, Irena/Kauz поражались желтой пятнистостью и септориозом в слабой степени, многие обладают групповой устойчивостью к листовую и стеблевую ржавчине. В 2005-2008 гг. на опытном поле отдела генетических ресурсов полевых культур КазНИИЗиР в питомнике конкурсного испытания проведен скрининг 96 сортов и элитных линий озимой пшеницы. Устойчивых к желтой пятнистости гермоплазм не выявлены, слабо поражались ею Jagger, SG RU 8069, Prinia star, Lutescens 2, 215USA, Мироновская 35, Акдан, MNCH, Beavora, Katia, NE 90616// KE. (Койшыбаев с соавт., 2006; 2012).

5.7 Мучнистая роса, головня и корневые гнили

5.7.1 Мучнистая роса

Определенную угрозу она представляет для орошаемых посевов озимой пшеницы в Центральной Азии, в лесостепной зоне Западной Сибири – яровой пшеницы. Виды *Tr. monosocum*, *Tr. timopheevii*, *Tr. pericium* и *Tr. discosum* резистентны к мучнистой росе, твердая пшеница более устойчива, чем мягкая. Высокую резистентность к мучнистой росе показали образцы из коллекции ВИР: К-44400, К-44401, 44405, К-44419, К-44982, К-45022, К-54846 (США); К-44438, К-44440, К-45414, К-45416, К-49262, К-49263, К-49411 (Канада) и К-55119 (Дания), которые сочетают групповую устойчивость к видам ржавчины и другим заболеваниям. К западно-сибирской расе возбудителя наиболее устойчивы генотипы: CJL 12633 (Pm6) – из США, Meri (Pm28) – из Эстонии, Halle, Mld 7666/37 и сорта Triso (Pm1 и 4b), Cuarto (Pm3d и Pm4b), Anemos (Pm 4b, Pm5), Attis (Pm1, Pm 2, Pm4b и Pm9m) из Германии (Сочалова, Лихенко, 2011).

Из коллекции Всесоюзного института растениеводства устойчивостью к мучнистой росе выделялись сортообразцы яровой пшеницы: К-44764, К-44882, К-44935, К-44934, К-44936 (Италия), К-16278, К-40094 (Австралия), К-43556, К-44467 (Франция), К-44401, К-44419 (США), К-43106 (Чили), К-15791 (Израиль); озимой пшеницы: К-44638, К-45033, К-44523 (Франция), К-41477, К-41779, К-41887 (Аргентина), К-44900 (США), К-41881 (Голландия), К-44763, К-45277 (Италия) (Турсумбаев, 1973).

Твердая головня. Представляет определенную угрозу для озимой пшеницы в Центральной Азии, в горных районах (свыше 1 200 метров над уровнем моря) – карликовая головня. В Алматинской области на искусственном инфекционном фоне проведена оценка более 200 коммерческих и перспективных сортов озимой пшеницы республик Центральной Азии и Закавказья. Установлено, что к твердой головне высоко устойчивы сорта: Память 47, Эритроспермум 350 (Казахстан), Меянопус 223, Эритроспермум 9945, Керемет, Азиброш, (Кыргызстан), Санзар-4, Кохраба, Томара (Узбекистан), Атай-85, Президент, Шам, Джагер (Таджикистан), Угур, Карабах, Леукурум 1207 (Азербайджан). Из 55 образцов питомника 5 TIFCOS резистентностью к этой болезни выделялись гермоплазмы из Чили (№№ 2021, 2022, 2023, 2024) и США (№ 2035). Высокую эффективность к популяциям *Tilletia caries* из Казахстана и Таджикистана показали изогенные линии пшеницы с Bt5, Bt8, Bt9, Bt10, Btu, Btc, Xt11 и Xt12 генами.

В 2001-2002 гг. из 113 образцов питомника ПОЯМП на искусственном инфекционном фоне устойчивость к твердой головне показали 28, слабо поражались ею – 24, по массе 1 000 зерен выделялись 52.

Высокую устойчивость к трем болезням и продуктивность колоса имели образцы из питомников 12th HRWSN, 1st HLWSN, 34th IBWSN [рис. 51].

В 2002-2005 гг. из испытанных 29 образцов яровой мягкой пшеницы Латинской Америки к твердой головне были устойчивы 12, бурой ржавчине – 15, отобраны по продуктивности и другим хозяйственно ценным признакам – 18. Одновременную устойчивость к твердой головне и видам ржавчины показали гибридные популяции: DHUE/TEMU71-86//TEMU2158-90 (Чили), URES/BOW//TNNU (Уругвай), имели высокую продуктивность колоса и массу 1 000 зерен (до 45-50 г) [рис. 52].

На фоне искусственного заражения семян определена устойчивость к твердой головне 849 коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы России, Украины и стран Западной Европы (Левченко с соавт, 2005). Наибольшее количество устойчивых форм обнаружено среди образцов Германии (14,5%), Румынии (11,8) и России (9,8%), отсутствовали в генотипах из Франции, Австрии и Сербии. Высокую устойчивость к твердой головне показали образец P1178383 (США), сорта Золото колоса, Экспромт и Смуглянка (Украина), Brilliant (Германия), SG-S110-03 (Чехия), Klein Esterella (Аргентина), Московская 40, Немчиновская 57Ю Самкрас, Орловская 241, Инна, Памяти Федина (Россия).

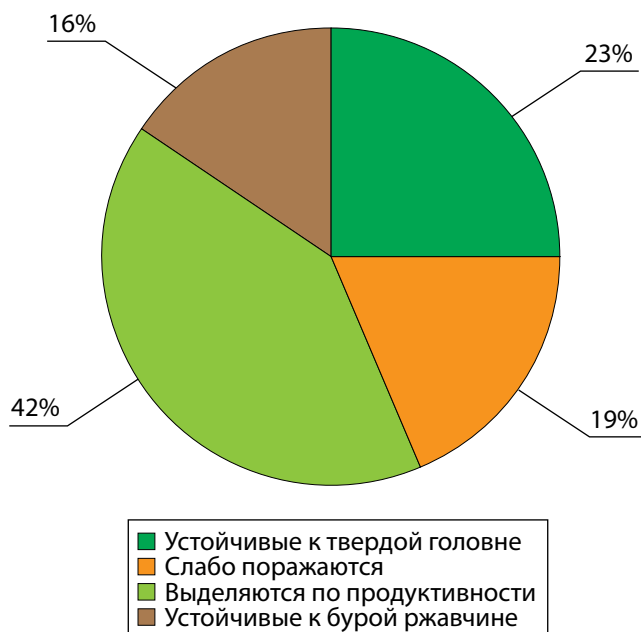


Рисунок 51. Результаты оценки на инфекционном фоне питомника ПОЯМП к твердой головне и листовой ржавчине

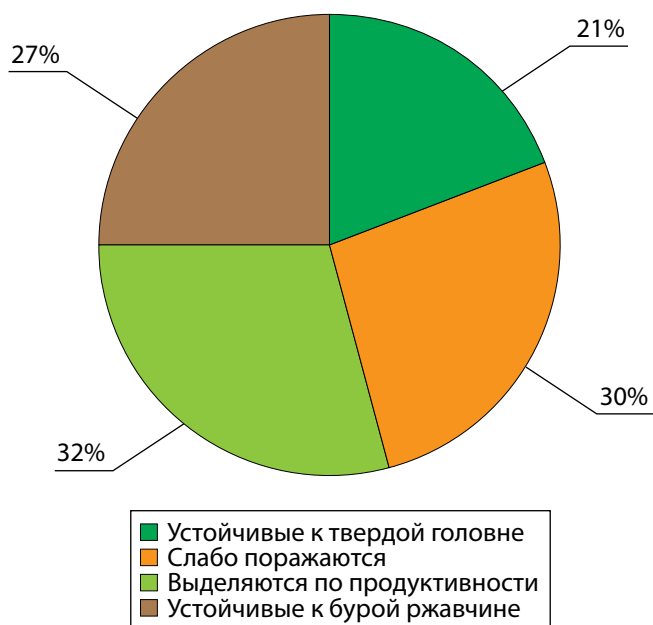


Рисунок 52. Результаты оценки к твердой головне и листовой ржавчине питомника яровой пшеницы из стран Латинской Америки

Корневая гниль и темно-бурая пятнистость. С.Г. Смурова (2008) проанализировав из мировой коллекции пшеницы ВИР 1242 образцов приходит к выводу, что доля высокоустойчивых к темно-бурой пятнистости гермоплазмы составляет 6%. Из 187 образцов *Triticum aestivum* были устойчивы к корневой гнили около 1%, в частности сорта Nannong 8G20 (Китай), Tara (Англия), линия 181-5 (Канада). Она считает, что устойчивых к этой болезни форм следует искать среди видов *T. persicum*, *T. monosocum*, *T. spelta*, *T. dicocum* и *T. compactum*. С. Г. Гоголева (2006) из 477 образцов мягкой пшеницы из коллекции ВИР в качестве источников относительной устойчивости к корневой гнили отобрало только 6 образцов со степенью поражения болезнью 1 балл.

Темно-бурая пятнистость является экономически важной болезнью пшеницы в странах Латинской Америки, Индийском субконтиненте и Юго-восточной Азии с влажным тропическим климатом. К ней не известны иммунные виды пшеницы, источники устойчивости выявлены среди образцов из Латинской Америки (BH1146, CNTI) и Китая (Changhai 4, Suzhol 8, Yangmai 6), среди вида *Aegilops squarosa*.

Многолетними исследованиями установлено, что среди коммерческих и перспективных сортов пшеницы Казахстана нет устойчивых к корневой гнили. Скрининг более 100 образцов питомника RDCB, полученных через СИММИТ, содержащий набор устойчивых к ней и гельминтоспориозному ожогу её гермоплазм из Южной, Восточной Азии и других стран показал, что среди них отсутствуют высокоустойчивые, слабо поражались ею только 3 сорта – Krichauff, SLVS/Cunningham, Sungo/2 Pastor (Койшыбаев, Куланбай, 2010).

5.8 Групповая устойчивость сортов пшеницы к болезням с воздушно-капельной инфекцией

Н.И. Вавилов (1967) указывал, что труднейшей, в то же время наиболее актуальной задачей современной селекции является соединение в одном и том же сорте иммунитета одновременно к различным заболеваниям. Трудность этой работы увеличивается дифференциацией видов паразитов на физиологические расы, нередко весьма различные в разных районах и областях. Селектируя сорт на иммунитет, селекционер должен учитывать возможности изменения расового состава паразитов, которые в значительной степени зависят от появления новых вирулентных рас. Отсюда особое значение приобретает

комплексный или групповой иммунитет, т.е., одновременная устойчивость к нескольким паразитам и многим физиологическим расам. Группа 42-х хромосомных видов пшеницы в целом выявляет наибольшую восприимчивость, как к отдельным видам, так и комплексу различных заболеваний указывал ученый. В отношении к самым различным заболеваниям однозернянки выделяются своим комплексным иммунитетом и несомненно представляют крайний вариант пшеницы, в отношении, как бы аккумулятора комплексного иммунитета. Дикие двузернянки, распространенные в Армении, Сирии и Палестине, в целом отличаются стойкостью к комплексу заболеваний, не менее резко выраженной, чем у однозернянок. Виды *T. dicoccum*, *T. turgidum*, *T. durum*, *T. polonicum*, *T. pericicum* характеризуются относительной устойчивостью к комплексу заболеваний. В то же время в пределах вида мягкой пшеницы, близкой к ней карликовой, обнаружены замечательные по комплексному иммунитету сорта с выраженным иммунитетом к листовой и желтой ржавчине, в основном в средних и южных увлажненных районах Китая.

Многолетние исследования в северном регионе показали, что среди, допущенных к использованию сортов мягкой яровой пшеницы отсутствуют, обладающие групповой устойчивостью к болезням с воздушно-капельной инфекцией (Койшыбаев с соавт., 2012; 2016).

В 2002-2008 гг. в юго-восточном (КазНИИЗиР), северном и северо-западном регионах (Карабалыкская и Северо-Казахстанская СХОС) проводили скрининг питомников яровой пшеницы из СИММИТ-ЯМП, ПМПЛА (питомник мягкой пшеницы из стран Латинской Америки), Septon и TSRM, изогенных линии сорта Новосибирской 76 (АНК) и других к листовой ржавчине и септориозу. Большинство сортообразцов показали высокую устойчивость к двум болезням: в 2008 г. на Северо-Казахстанской СХОС из питомника TSRM 27 образцов; по продуктивности колоса и массе 1 000 зерен они были на уровне стандартных сортов или заметно их превышали.

Исследования в юго-восточном, северо-западном и северном регионах Казахстана показали, что изогенные линии сорта Новосибирская 76, относящиеся к разновидности *Albidum*, полученные от профессора С. Ф. Коваль (Новосибирский институт генетики и селекции) представляют большую ценность, как источники устойчивости к двум-трем видам ржавчины и септориозу. В качестве источников

резистентности к листовой ржавчине у них использованы изогенные линии Thatcher с генами Lr9 (АНК 2Е), Lr19 (АНК 2J) и Lr24 (АНК 2F), *Tr. timoffevi* (АНК 37, 37В, 37 С), аналоги Иртышанки 10 и Саратовской 29, созданные И.Г. Одинцовой с использованием в качестве доноров иммунитета амфидиплоидов *Tr. dicoccum*/*Ae. speltooides* (АНК 39А, 39В, 39С, 39Д, 39Е), *Tr. dicoccum* /*Ae. biunciales* (АНК 40), а также Саратовской 29 с доминантным неидентифицированным геном (АНК 41А и 41В), получившим условное название «кукушка» (Коваль с соавт., 2010).

В 2015 и 2016 гг. при эпифитотийном развитии в северном регионе Казахстана высокую устойчивость к двум видам ржавчины и септориозу показали линии АНК 39А, АНК2А; более замедленное развитие листовой ржавчины происходило на линиях: АНК4, АНК37В, АНК37С, АНК39А, АНК39В, АНК39Д. Линии Новосибирской 76 по длине вегетационного периода были среднеранними и часто уходили от поражения стеблевой ржавчиной, которая чаще проявляется в начале августа. Высокой продуктивностью (более 1 г из колоса) отличались АНК 37С, АНК 2А и АНК 2Е, массой 1 000 зерен – АНК2 и АНК39В (Койшыбаев с соавт., 2012; 2016).

В 2012-2016 гг. проводили дополнительный скрининг питомников СИММИТ – Мексика, ПМПЛА, ПОЯМП, TSRM, Septmon и других в северном регионе на фоне сильного развития листовой ржавчины и септориоза. В 2014 году на Карабалыкской СХОС большинство сортообразцов показали высокую устойчивость к этим болезням, при пораженности ими коммерческих сортов до 50-100%. Из анализированных 158 сортообразцов к листовой ржавчине были устойчивы 108, одновременно к септориозу – 33 или 18% [табл. 100], многие представлены остистыми формами (разновидность *Erytrospermum*), имеют крупные колосья с высокой массой 1 000 зерен, в острозасушливые годы показали резистентность к абиотическим стрессам. Среди коллекции имеются сложные гибриды, полученные путем скрещивания мягкой пшеницы с твердой, рожью и дикими злаками.

В 2015 и 2016 гг. скрининг сортообразцов указанных питомников был продолжен в Северо-Казахстанской области, где погодные условия вегетационного периода пшеницы были особо благоприятными для развития болезней с листо-стебельной инфекцией. В 2015 г. на фоне сильного развития листовой ржавчины почти все образцы питомников СИММИТ – Мексика, ПМПЛА, TSRM, Septmon показали высокую к ней устойчивость. В 2016 г. стеблевая ржавчина

Таблица 100. Результаты скрининга гермоплазмы пшеницы из международных питомников (Карабалыкская СХОС, 2013-2014 гг.)

Питомник	Анализировано сортов и образцов	Устойчивые			Отобрано по хозяйственно-ценным признакам	
		к видам ржавчины		септориозу	2013 г.	2014 г.
		листовой	стеблевой			
TSRM	61	32	36	15	35	31
Septon	38	29	35	4	29	22
ПМПЛА	15	12	14	5	16	12
СИММИТ-Мексика	14	12	11	–	11	9
СИММИТ, ЯМП	8	7	15	5	7	7
АНК	15	12	9	4	15	15
КАСИБ	7	4	нет	нет	10	10
Всего	158	108	120	33	125	108

проявилась в конце третьей декады июля в период колошения – начала налива зерна, развивалась очень интенсивно, к восковой спелости коммерческие сорта поразились ею до 40-60%. Установлено, что большинство образцов указанных питомников устойчивы к двум видам ржавчины, в очень слабой степени поражаются септориозом; по продуктивности колоса и массе 1 000 зерен значительно превосходят стандартные, обладают адаптивностью к местным условиям, имеют удовлетворительные хозяйственно-ценные показатели. У большинства образцов питомника СИММИТ-2000 и Мексика 2002 масса 1 000 зерен была в пределах 30-39 г, у Астаны – 27,1, с 1 колоса – от 1,24 до 1,84 г и 0,85 г соответственно [табл. 101].

Проведен скрининг питомника пшеницы СИММИТ, состоящего из 65 сортообразцов, многие из которых содержат один или несколько Sr генов. В 2016 г. на фоне эпифитотийного развития высокую устойчивость к двум видам ржавчины и септориозу показали сорта Altar, Agyilal, Attila, Giza 168, Cham8, Debeira, Buck-Buck, LcSr24Ag; Acme, Einkorne, Coorong, Satu, Nin, Gatcher, Cook, Mendos, Trident, другие – к листовой ржавчине и септориозу. Высокую массу 1 000 зерен (28-30 г и более) имели сорта пшеницы: Sery 82, Arrechane, Debeira, Coroong, Altar, Buck-Buck, Agyilal, Attila, BtSr30Wst, EL Nielain, очень высокую – №51206 и Triticale [табл. 102].

В 2003-2005 гг. путем скрещивания местных и российских сортов с источниками устойчивости из СИММИТ были получены гибридные популяции пшеницы, которые в 2008 г. были переданы Карабалык-

Таблица 101. Пораженность сортообразцов пшеницы питомников ЯМП СИММИТ-2000 видами ржавчины и септориозом (Северо-Казахстанская СХОС, 2016 г.)

Линия	Питомник	Индексы болезней					Масса зерна, г	
		ржавчина				септориоз, %	с 25 колосьев	1 000 шт
		листовая		стеблевая				
		реакция	степень	реакция	степень			
99/1	7THFAWWON	MR	10-20	S	40	5-10	35,9	27,8
100/6	5TH SAWYT	R	0-5	MR	5	5-10	46,2	39,1
101/5	15THSAWSN	MR	0-5	MR	5	0-5	41,1	35,4
102/2	15THSAWSN	MR	5-10	S	40	0-5	28,4	29,2
103/1	15THSAWSN	R	0-1	MR	10	0-5	35,1	31,2
105/3	5thSAWYT	R	0-1	MR	0-5	5-10	35,9	31,5
108/5	15THSAWSN	MR	0-1	MR	5	5-10	34,0	30,5
110/3	5thSAWYT	R	0-5	MR	5-10	5-10	38,9	31,2
120/2	5thSAWYT	MR	0-5	S	40	10-20	29,7	27,0
121/1	15stSAWYT	R	0-5	MR	10	0-5	30,2	33,9
122/2	15stSAWYT	R	0-5	MS	10-20	0-5	34,3	29,0
123/4	15stSAWSN	MR	0-1	MS	10-20	5-10	44,2	33,9
N-55	5TH SAWYT	R	0	MR	10-20	1-5	32,9	30,0
N-57	5TH SAWYT	R	0-10	MR	5	0-1	42,8	30,3
N-58	5TH SAWYT	R	0	MR	10	0-5	32,6	28,8
N-59	5TH SAWYT	R	0	R	0	0-1	34,3	34,6
N-73	5TH SAWYT	R	0	R	0	0-1	36,2	32,0
N-95	5TH SAWYT	MR	0-5	MS	10-20	5-10	32,3	30,2
Астана – стандарт		S	40-60	S	10-20	40-60	24,3	29,6
Астана 2 – стандарт		S	40-60	S	40-50	40-60	17,8	20,6

Таблица 101. Сортообразцы пшеницы с Sr генами с групповой устойчивостью к листовой и стеблевой ржавчине, септориозу, высокой массой 1 000 зерен (Северо-Казахстанская СХОС, 2016)

Название сорта	Ген	Ржавчина				Септориоз, %	Масса зерна, г	
		листовая		стеблевая			с 25 колосьев	1 000 шт
		реакция	степень, %	реакция	степень, %			
Seri 82	Sr31	MS	20-40	R	0	10-20	41,4	30,5
Coroong	Sr27	MR	5-10	R	0	5-10	24,2	28,0
Cham 8	–	MR	5-10	R	0	1-5	25,9	26,7
Giza 168	–	MR	5-10	R	0	5-10	31,2	24,7
Arrehane	–	R	1-5	R	0	10-20	28,5	28,2
Debeira	–	R	0-1	R	0	0-5	34. 2	28,9
Altar	Sr2	MR	5-10	R	0	5-10	31,3	27,2
Buck-Buck	–	R	0	R	0	0-5	27,2	29,5
Aguilal	Sr31	R	0-1	R	0	5-10	29,5	29,7
Attila	–	R	0-1	R	0	5-10	22,3	27,4
Thatcher	–	MR	5-10	MS	10	5-10	23,2	25. 9
BtSr30Wst	Sr30	R	0-1	R	0	20-40	22,6	28,2
№51206	–	R	0-1	MR	5-10	0-5	45,7	38,6
Triticale	Sr27	R	0-5	R	0	5-10	36,9	32,5
Омская 35	–	S	10-20	S	20-40	40-60	22,4	26,4
Астана 2	–	S	20-40	S	20-40	40-60	24,3	20,5

ской СХОС для отбора по хозяйственно-ценным признакам. В 2013 г. на фоне эпифитотийного развития листовой ржавчины отобраны из питомника СП-2 более 20 линий. В 2015 и 2016 гг. 21 линия была посеяна на Северо-Казахстанской СХОС для сравнительной оценки; из них 7 линий относятся к разновидности *lutescens*, 14 – *erytrospermum*, по сроку созревания в основном среднеспелые, некоторые средне-поздние. Высокой устойчивостью к листовой ржавчине выделялись 7 линий, одновременно к септориозу – 5. При анализе структуры урожая выявлено, что многие из них значительно превосходят по продуктивности колоса стандартных сортов: масса зерна с 1 колоса варьировала от 1,1 до 1,5 г, 1 000 зерен – от 30,2 до 44,8 г, у Астаны и Омской 35 – 0,83-0,85 г – 24,6 и 25 соответственно [табл. 103].

Таблица 103. Поражаемость видами ржавчины и септориозом, продуктивность селекционных линий пшеницы (Северо-Казахстанская СХОС, 2016)

Схема скрещиваний	Индексы болезней, %			Масса зерна, г		Количество зерен, шт
	ржавчина		септо-риоз	1 000 шт	с 1 колоса	
	листовая	стеблевая				
Целинная 3С × EFED/LE 2150. S – 34 (Аргентина)	0-5MR	0	10-20	35,1	1,1	32
Омская 30 × DGA/BJY//BPON 140 (Argentina)	0-1R	0-1	20-40	32,2	1,1	33
Омская 29 × CHIL «S»/URES 81 149/3 (Bolivia)	0-5MR	0-5	20-40	34,1	0,9	28
Акмола × 98/1 (7 th FAWWON)	20MS	0-1	20-40	30,2	1,1	37
Астана × ПОЯМП-30Акмола × 98/1	20MS	0	20-40	32,4	1,1	34
Скала × 99/5 (7 th FAWWON)	5-10MS	0-1	10-20	32,0	1,0	33
Уралочка × 100/3 (5 th SAWYT)	0-5MR	0-5	40-60	30,7	1,1	35
Уралочка × 98/1 (7 th FAWWON)	5-10MS	0	5-10	32,2	1,2	37
Эритросперум35 × 111/4 5 th SAWYT	0-5MR	0	5-10	42,8	1,4	33
Эритросперум35 × 111/4 5 th SAWYT	0-1MR	0	1-5	44,8	1,5	34
Акмола 4 × 98/5 (7 th FAWWON)	0-1R	0	10-20	35,1	1,0	28
Геракл – стандарт	20MS	0-1	20-40	29,8	1,1	38
Астана – стандарт	40-60S	1-5	20-40	24,6	0,85	31
Омская 35 – стандарт	20MS	1-5	20-40	25,1	0,83	34

5.9 Определение выносливости сорта к болезням и наследование признака устойчивости в потомстве

5.9.1 Выносливость сорта к болезням

Одним из основных показателей устойчивости сорта к болезни является выносливость, которая определяется путем закладки опыта с искусственной инокуляцией посевов и обработкой части делянок высокоэффективным фунгицидом для защиты от болезней с воздушно-капельной инфекции. Она определяется по формуле:

$$B = (A-a) - (B-b) \times 100/A$$

где: B – выносливость сорта;

A – урожай непораженных растений стандартного сорта;

a – урожай пораженных растений того же сорта;

B – урожай непораженных растений изучаемого сорта;

b – урожай непораженных растений того же сорта.

Следующим показателем устойчивости или восприимчивости сорта является площадь под кривой развития болезни (ПКРБ), которая определяется по методу Джонсона и Вилкоксона по следующей формуле:

$$S = \frac{1}{2} (X_1 + X_2 \times (t_2 - t_1) + \dots + (X_{n-1} + X_n) \times (t_n - t_{n-1})),$$

где: S – площадь под кривой развития болезни;

n – количество учетов;

X_1 – развитие болезни при первом учете;

X_2 – то же при втором учете

X_n то же при последнем учете;

$t_2 - t_1$ – промежуток времени в сутках между первым и вторым или последними учетами.

На основе ПКРБ устанавливается индекс устойчивости сортов пшеницы: ИУ= (ПКРБ) Если индекс находится в пределах 0,10-0,35, то сорт считается высокоустойчивым, 0,36-0,65 – среднеустойчивым, 0,66-0,80 – слабо устойчивый; 0,81 – восприимчивым (Макаров с соавт., 2005).

5.9.2 Анализ наследования признака устойчивости в потомстве

Для анализа гибридного материала потомство каждого материнского колоса высевается отдельно, семьями. В первом поколении определяют степень доминирования устойчивости по формуле F. Petr k Frey:

$$h_p = (F - MP) / (P_d - MP),$$

где: h_p – оценка доминантности;

F – среднее значение признака гибрида;

P – среднее значение признака лучшего родителя;

MP – среднее значение признака обоих родителей.

Если $D=1$,

то доминирование признака является полным.

где: O – наблюдаемые данные; E – ожидаемые.

При этом если h_p колеблется от 0 до +1, то наблюдается уклонение признака в сторону лучшего родителя.

Если $h_p=0$, то соответствие признаков родителей и гибридного потомства, если колеблется от 0 до –1, то уклонение признака в сторону худшего родителя.

Если $h_p + 1$, то имеет место доминирование признака лучшего –1 худшего родителя.

Определение критерия X^2 – определяется по формуле:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O-E)^2}{E},$$

где: O – наблюдаемое количество генотипов определенного типа;

E – ожидаемое количество генотипов число классов.

Если вычисленное значение X^2 не превышает табличное с учетом числа степеней свободы и вероятности P , то фактические данные соответствуют теоретически ожидаемым.

Анализ второго поколения гибридов проводится на интактных растениях или отрезках листьев. Для инокуляции используют природную популяцию гриба, которую размножают в лабораторных условиях на восприимчивом сорте на водном растворе бензимидазола для бурой ржавчины в концентрации 0,004%, стеблевой – 0,006%. Гибриды выращивают на вате, смоченной водой, или по методу бумажных рулонов. Для заражения используют 7-8-дневные проростки. Отрезки листьев раскладывают параллельно, а через каждые 10 отрезков – листья обоих родителей. Заражают их суспензией спор (5-103) в растворе твина-80 в концентрации 0,0001%. Результаты учитывают на 8-9 день по шкале Стэкмана:

Тип реакции определяют по следующей шкале:

- 0 – на листьях отсутствуют признаки болезни;
- R – резистентность (устойчивость) – имеются хлорозы и некрозы, урединии отсутствуют (по шкале Стэкмана –1 балл);
- MR – средняя устойчивость – встречаются небольшие урединии, окруженные хлоротичной зоной или некрозами (2 балла);
- MS – средняя восприимчивость, урединии среднего размера, окруженные хлоротичной зоной (3 балла);
- S – высокая восприимчивость, имеются многочисленные урединии без хлороза или некроза вокруг (4 балла).

Для ускорения селекции яровой пшеницы на устойчивость к видам ржавчины и другим опасным болезням и внедрения их в производство необходимо разработать иную комплексную целевую программу, объединяющую исследования ученых селекционеров, генетиков, биотехнологов, физиологов, фитопатологов, семеноводов и предусмотреть выполнение следующих основных задач:

- постоянный мониторинг за распространением и развитием видов ржавчины на территории республики, особенно в северном регионе – основной зоне производства зерна;
- использованием изогенных линий пшеницы с Lr генами и сортообразцов с Sr генами проводить постоянный мониторинг структуру популяций листовой и стеблевой ржавчины в основных зонах её возделывания, определить изменения, происходящие в патотипном составе их возбудителей, эффективных генов для селекции, постоянно пополнять питомники новыми источниками и генами;
- для создания устойчивых к видам ржавчины сортов яровой пшеницы в селекционных центрах использовать методы классической селекции, привлекая в качестве источников групповой устойчивости гермоплазму из СИММИТ и НИУ Российской Федерации, особенно Западной Сибири, Южного Урала, Алтайского края и Нижнего Поволжья; стран Южной Америки и Западной Европы, а также мировые достижения в области молекулярной биологии и биотехнологии, в частности геномную селекцию, молекулярные маркеры, секвенирование, клонирование и транслокацию генов.
- для ускорения селекционного процесса использовать разработанные СИММИТ методы челночной селекции пшеницы, ученых Австралии, позволяющие получить до 6 репродукций семян зерновых культур в условиях теплицы;
- оценку селекционного материала на устойчивость к видам ржавчины и другим болезням проводить на фоне искусственного заражения растений в условиях теплицы на поле;
- ускорить размножение семян новых устойчивых к видам ржавчины сортов пшеницы, принимая во внимание изменения, происходящие в популяции патогенов, проводить сортообновление через 5-7 лет.

Успешная реализация поставленных задач возможна при достаточном финансировании селекционных учреждений, полном обеспечении их современными техническими средствами, координации исследований, проводимых научными учреждениями МСХ и МОН РК, создании условий для материальной и моральной заинтересованности селекционеров в конечных результатах работы.

ГЛАВА VI



© ФАО / Хафиз Муминджанов

**Методы создания провокационных и
искусственных инфекционных фонов**

ГЛАВА VI

Методы создания провокационных и искусственных инфекционных фонов

Для селекции устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур важное значение имеет оценка исходного материала и отбор устойчивых форм. На всех этапах селекционного процесса необходимо создавать инфекционный или провокационный фон, который позволяет определить степень поражаемости коллекционного и селекционного материала пшеницы, на ранних этапах селекции выбраковывать восприимчивые, целенаправленно вести отбор (Гешеле, 1978; Фадеев, соавт., 1979; Рассел, 1982). Каждый вид возбудителя болезни имеет свои особенности, что необходимо учитывать при сборе и размножении инокулюма, создании искусственного фона для оценки селекционного материала.

6.1 Виды ржавчины

6.1.1 Сбор, хранение и размножение инокулюма

По ржавчинным болезням часто возникает необходимость создания инфекционного фона в полевых условиях, скрининг сортов и селекционных линий пшеницы проводится также в теплице или климатических камерах. Для этого нужно иметь биоматериал, хранить его в лабораторных условиях, при необходимости размножать. Образцы спор или пораженных болезнью листьев и стеблей собирают в период молочной, молочно-восковой (листовая и желтая) или полной спелости зерна (стеблевая) из производственных и селекционных посевов пшеницы, охватывая основные зоны возделывания и сортового разнообразия культур, при необходимости из дикорастущих злаков. Как указывают С.С. Санин соавторами (2012), образцом ржавчины считается инфекционный материал, собранный на одном поле с одного сорта. Для четкого выявления расового состава популяции возбудителя нужно руководствоваться правилом Грина, соотношение изолят-раса должно быть не менее 20:1.

Размножение инокулюма проводят на универсально восприимчивом сорте пшеницы в условиях теплицы или в климатической камере в лаборатории. Желательно всходы инокулировать в фазу 2-3 листьев, для полного созревания урединиоспор патогена проходит 15-20 суток. Листья с созревшими пустулами срезают и собирают в пакеты

или отряхивают споры в пробирку. Собранный споровый материал хранится в пергаментных пакетах при комнатной температуре в эксикаторе с влажностью воздуха 30% (на 100 мл воды добавляют 65 мл серной кислоты) до 2 месяцев или в холодильнике при температуре 4-5°C – до 3-4 месяцев. Споры ржавчины можно длительно хранить в специальных ампулах под вакуумом ($2 \cdot 10^{-2}$ мм ртутного столба) при низкой температуре + 4°C. Для восстановления жизнеспособности длительно хранившихся урединиоспор они подвергаются тепловой обработке при 45°C в течение 30 мин, затем выдерживаются во влажной камере 2-3 часа или в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 100%. Проращиванием их на предметном стекле в чашках Петри, обильно увлажненной фильтровальной бумагой, определяют всхожесть спор. Для образования росы их помещают на 10 минут в холодильник, затем экспонируют в термостате при температуре 20-25°C не менее 6-8 часов. После этого при слабом увеличении микроскопа определяют всхожесть спор, которая должна быть не ниже 10-25%. (Гешеле, 1978; Михайлова, Афанасенко, 2006; Санин, 2012).

Для анализа патотипного состава возбудителей ржавчины образцы листьев и стеблей собирают из коммерческих и перспективных сортов пшеницы, охватив основные зоны возделывания культуры, обязательно опытных и производственных посевов селекционных учреждений, где более высокая вероятность появления новых рас патогена. Путем инокуляции суспензией спор, содержащей не более 1-2 спор патогена при слабом увеличении микроскопа, в фазу 1-2 листьев всходов универсально восприимчивого сорта, выращенного в теплице, получают монопустульные изоляты гриба. В дальнейшем их используют для заражения сортов-дифференциаторов или изогенных линий пшеницы. Для получения более достоверных результатов с каждой зоны анализируют не менее 25-30 изолятов возбудителей ржавчины, не менее 2-3 сортов (Санин, 2012).

6.1.2 Инокуляция растений в поле и условиях теплицы

К доминирующим видам ржавчины проводят оценку устойчивости сортов и образцов пшеницы. Во многих регионах возбудители листовой и стеблевой ржавчины перезимовывают в урединиостадии на озимой пшенице, где рано возобновляется заболевание, затем переходит на яровую. Следовательно, создается «зеленый мостик» и в регионах, где проводится селекция яровой пшеницы

озимую можно использовать для создания провокационного фона. Часто из-за неблагоприятных погодных условий (дефицит осадков, низкая относительная влажность воздуха, высокая температура) или отсутствие заноса инфекции воздушными потоками ржавчинные болезни не проявляются или распространяются очень поздно, поражая в основном позднеспелые сорта. Поэтому ценный селекционный материал яровой пшеницы целесообразно высевать в 2 срока: оптимальный для зоны и поздний (в северном регионе конец мая и первая пятидневка июня). При умеренном или сильном развитии ржавчины оценку устойчивости сортов, коллекционных образцов и селекционных линий пшеницы можно проводить на естественном фоне. Например, в период 2014-2016 гг. в северном регионе Казахстана происходило эпифитотийное развитие листовой ржавчины на яровой пшенице, при этом сорта поразились ею до 50-100%, а в 2016-2017 гг. – стеблевой ржавчиной – до 40-60%.

Когда много коллекционного и селекционного материалов пшеницы для оценки в полевых условиях, достаточно высевать по 75-100 семян каждого сорта или образца по 2-3 ряда на 1 погонный метр, через каждые 15-20 сортов – восприимчивый к болезни стандарт. Для создания искусственного инфекционного фона в период стеблевания-колошения проводятся инокуляция растений, используя местную популяцию вида ржавчины с восприимчивых сортов или синтетическую, содержащую нескольких патотипов с разным геном вирулентности. Споры ржавчины яровой пшеницы можно собирать с посевов озимой. За 3-4 часа до заражения из 15-20 листьев с созревшими пустулами готовится на 1 литр воды суспензия спор и проводится опрыскивание растений. Для повышения прилипаемости спор на поверхности листьев в суспензию добавляют твин (1:2 000), или ОП-10 или клей NaKМЦ. Инокуляцию растений проводят и путем опыливания посевов урединиоспорами гриба в смеси с тальком в соотношении 1:100, на 1 м² площади примерно 0,25-0,5 мг всхожих спор; целесообразно в вечерние часы после дождя или при высокой вероятности выпадения рос перед заходом солнца, в условиях орошения после полива. Если сухая погода, вначале растения опрыскивают водой, после инокуляции деланки следует накрывать полиэтиленовой пленкой не менее 8-10 часов. Степень пораженности листьев и тип реакции учитывают через 8-10 суток по шкале Петерсона или Маннерса – желтая ржавчина, Русакова – бурая ржавчина.

Инкубационный период болезни зависит от температуры, например для листовой ржавчины при 27-28°C составляет 7-8 суток, 24-26°C – 9-10, при 18-23°C удлинится до 10-12 суток. Для возбудителя желтой ржавчины оптимальная температура для развития болезни – 15-18°C.

Скрининг сортов и селекционных линий пшеницы к видам ржавчины проводят часто в теплице [Рис. 53]. Для этого в вазоны высевают по 10-12 семян в двукратной повторности или в рядки длиной 0,5-1 метр по 20-25, всходы инокулируют пульверизатором суспензией спор в фазе 1-2 листьев, помещают их во влажную камеру на 10-12 часов. Для определения возрастной устойчивости инокуляцию растений проводят дополнительно в фазу стеблевания и колошения. Сорта с ювенильной устойчивостью не поражаются видами ржавчины, при инокуляции как в фазу всходов, так стеблевания в теплице, а также в полевых условиях. Сорта с возрастной устойчивостью поражаются ими в фазу всходов, но устойчивы в период стеблевания – формирование зерна. Сорта с частичной устойчивостью характеризуются замедленным развитием болезни (slow rusting) в течение вегетационного периода и являются наиболее ценными.

© ФАО / Мурат Койшыбаев

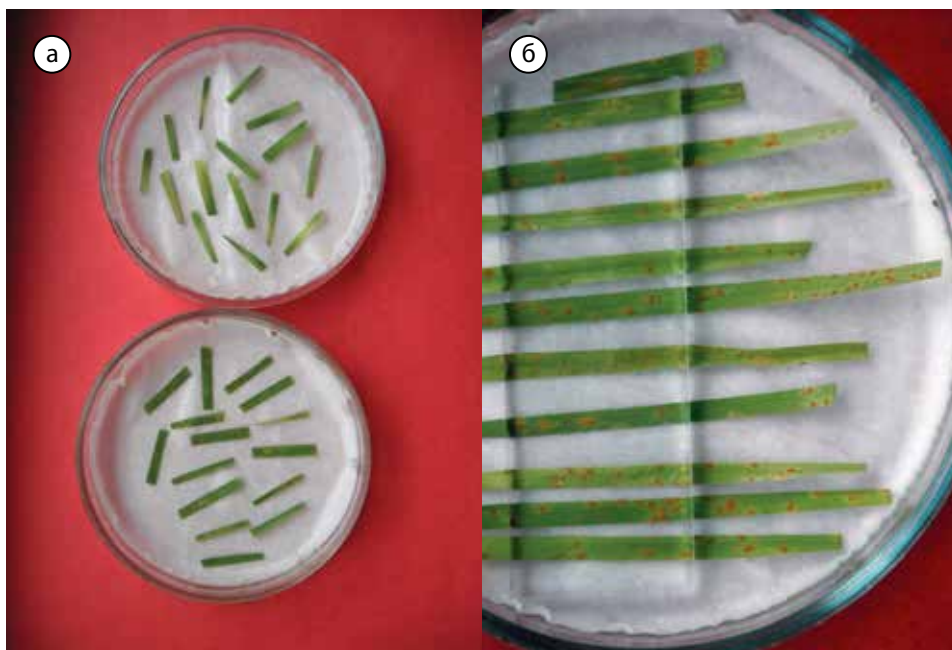


Рисунок 53. Посевы пшеницы, прикрытые полиэтиленовой пленкой после инокуляции

6.1.3 Лабораторные методы скрининга

Оценку устойчивости сортов, и селекционных линий пшеницы к видам ржавчины можно проводить в лабораторных условиях. В вазоны или стаканчики, наполненные почвой, высевают по 7-10 штук семян в 2-3 кратной повторности. Проращивают их в лаборатории при естественном или искусственном освещении под лампами дневного света 12-14 часов. В качестве инокулюма осенью можно использовать листья с пустулами, собранными в конце вегетационного периода. В воде выдерживают их 1-2 часа периодически перемешивая, полученной суспензией спор (не менее 2-3 шт. в поле зрения микроскопа при увеличении 70-100 раз) опрыскивают всходы в фазе 1-2 листьев или растений в начале стеблевания, выдерживают во влажной камере в течение 10-12 ч. Через 10-12 суток определяют тип реакции и степень пораженности (%) сорта или линии.

Параллельно можно проводить оценку устойчивости сортов и селекционных линий пшеницы к листовой ржавчине на срезанных отрезках листьев, помещенных в раствор бензимидазола [рис. 54а и 54б]. В фазу 1-2 листьев из 15-20 всходов срезается часть листа дли-



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 54. Пораженность пшеницы, листовой ржавчиной в лабораторных опытах (а); скрининг бензимидазольным методом (б)

ной 1-2 см, раскладывают их в чашки Петри на фильтровальные бумаги, обильно намоченной раствором бензимидазола (0,003-0,005%), где листья сохраняют зеленую окраску до 15 суток. Пипеткой на каждый отрезок наносится по 3-4 капель суспензии урединиоспор или они опрыскиваются с помощью пульверизатора. Чашки Петри с инокулированными отрезками листьев экспонируют в лаборатории при естественном освещении или под лампами дневного света 8-10 суток. Результаты учитывают на 10-12 сутки, определяется степень пораженности каждого отрезка (%), реакция устойчивости (R, MR), восприимчивость (MS и S сорта) или линии по шкале СИММИТ.

При скрининге устойчивости сортов, коллекционного материала и селекционных линий пшеницы к видам ржавчины определяют 2 показателя: тип реакции (качественный) и степень пораженности листьев или стеблей (количественный). Л. А. Михайлова, Е. И. Гуль-тяева, Н. В. Мироненко (2003) рекомендуют определять их по шкале Стэкмена с соавторами. Однако при анализе большого количества материала более удобно использовать шкалу СИММИТ. Ниже представлена сравнительная их характеристика [табл. 104].

Для определения реакции заражения пшеницы листовой ржавчиной некоторые авторы применяют шкалу, предложенную в 1926 году Mains and Jackson (Санин с соавт., 2012).

- ; – иммунный, единичные хлоротичные пятна;
- 0 – высокоустойчивые, мелкие хлорозные и некротические пятна;
- 1 – среднеустойчивые, очень мелкие пустулы, окруженные некрозом;
- 2 – средневосприимчивые, средние пустулы, окруженные некрозом;
- 3 – сильно восприимчивые, крупные сливающиеся пустулы, со слабым хлорозом;
- X- – гетерогенный тип с преобладанием устойчивого типа заражения;
- X+ – гетерогенный тип с преобладанием восприимчивого типа заражения.

Анализ гибридов второго, третьего и других поколений пшеницы к ржавчине можно проводить на интактных растениях или отрезках

Таблица 104. Тип инфекции, реакция и характер поражения пшеницы ржавчиной

По Stakman et al, 1962			По шкале СИММИТ	
Тип инфекции	реакция	характер	реакция	характер
0	Иммунность	Отсутствие видимых симптомов	0	Иммунность – признаки болезни отсутствуют
;	Высокая устойчивость	Гиперчувствительные пятна	R	Устойчивость – образуются хлорозные пятна, занимающие до 5-10% поверхности листьев
1	Устойчивость	Мелкие пустулы с некрозом	MR	Средняя устойчивость, пустулы мелкие, имеются хлоротичные зоны, занимающие не более 10-25%
2	Средняя устойчивость	Мелкие, средние пустулы без хлороза		
3	Средняя чувствительность	Среднего размера пустулы без хлороза	MS	Средняя восприимчивость, пустулы мелкие, занимают до 40-50% поверхности листьев
4	Чувствительность	Крупные пустулы без хлороза	S	Высокая восприимчивость, пустулы крупные, занимают до 50-100% поверхности листьев
X (1, 2) +	Устойчивость	Пустулы разного типа		
Y	Чувствительность	Пустулы разного размера с увеличением к верхушке листа		
Z	Чувствительность	Пустулы разного размера с увеличением к основанию листа		

листьев. Для инокуляции используют природную популяцию гриба, которую размножают в лабораторных условиях на восприимчивом сорте на водном растворе бензимидазола для бурой ржавчины в концентрации 0,004%, стеблевой – 0,006%. Гибриды выращивают на вате, смоченной водой, или по методу бумажных рулонов. Для заражения используют 7-8 дневные проростки. Отрезки листьев раскладывают параллельно, а через каждые 10 – листья обоих родителей. Заражают их суспензией спор ($5-10^3$) в растворе твина-80 в концентрации 0,0001%. Результаты учитывают на 8-9 день по шкале Стэкмана.

Важным показателем устойчивости пшеницы к видам ржавчины является степень пораженности, которая определяется разными шкалами, часто Петерсона (Peterson et al., 1960), видоизмененная Коббом с градацией: 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 100%, позволяющая количественно точно определить пораженность листьев и стеблей. Однако она неудобна для скрининга большого количества селекци-

Тип реакции определяется по следующей шкале:

- 0 – отсутствуют признаки болезни на листьях и стеблях;
- R – резистентность (устойчивость) – имеются хлорозы и некрозы, но урединии отсутствуют (по шкале Стэкмена –1 балл);
- MR – средняя устойчивость (2 балла), встречаются небольшие урединии, окруженные хлоротичной зоной или некрозами;
- MS – средняя восприимчивость (3 балла), урединии среднего размера, окруженные хлоротичной зоной;
- S – высокая восприимчивость (4 балла), имеются многочисленные урединии без хлороза или некроза вокруг.

онного и коллекционного материалов. Визуально трудно установить различие в степени пораженности органов в пределах 10%, например 20 или 30, 40 или 50, 80 или 90%. Для практического использования в полевых условиях более удобными являются шкалы, рекомендованные Русаковым для определения степени пораженности листьев бурой ржавчиной и Маннерса – желтой ржавчиной.

А. Yahyaoui с соавт. (2006) рекомендуют использовать средний коэффициент инфекции, связывающей степень пораженности и реакцию растения – хозяина, определяемой по шкале: 0,0 – иммунитет или высокая устойчивость; 0,2 – устойчивость, 0,4 – умеренная устойчивость, 0,6 – умеренная чувствительность, 0,8 – чувствительность, 1 – высокая чувствительность.

6.2 Септориоз и желтая пятнистость

6.2.1 Методы скрининга

Для создания инфекционного или провокационного фона нужно учитывать биологические особенности возбудителей септориоза и пиренофороза. При поражении пшеницы грибом *Septoria tritici* на листьях обильно формируются пикниды. В то же время пикниды *Stagonospora nodorum*, как правило, образуются на послеуборочных остатках растений, чаще в осенне-весенний период. При высокой влажности воздуха возможно образование конидиальной стадии возбудителя желтой пятнистости – *Dr. tritici-repentis* на пораженных органах растений. Развитие псевдотеции или сумчатой стадии *Ph. tritici-repentis* происходит на стерневых остатках весной и в начале лета

следующего года. Природный инокулюм возбудителей септориоза и пиренофороза заготавливают в конце вегетации или сразу после уборки урожая, собирая части растений с пикнидами или плодовыми телами грибов. Хранят их в сухом помещении или в холодильнике до следующей весны и используют для заражения растений.

Наиболее достоверные данные об устойчивости коллекционного или селекционного материалов пшеницы к пятнистостям можно получить при оценке в полевых условиях. Для этого высевают их на делянки площадью не менее 0,5-1 м² или по 2-3 рядка длиной 1 м, через каждые 15-20 номеров стандартного сорта. В период стеблевания-колошения проводится искусственное заражение растений, используя суспензию спор их листьев и стеблей, колосковых пленок пшеницы со спороношением грибов. Жизнеспособность их проверяют проращивая в капле воды на предметном стекле, помещенного в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой, всхожесть их должна быть не ниже 20-25%. Предварительно заготовленные образцы растений измельчают на части (2-3 см), помещают в колбу или пластиковые бутылки нужного объема, заливают водой и оставляют на 2-3 ч, периодически перемешивают для выхода спор из пикнид или псевдотеций, затем фильтруют через марлю или капрон. При слабом увеличении микроскопа (70-100 раз) определяют содержание спор в суспензии, оно должно быть не ниже 5-10, оптимальная – 25-50 конидии или 4×10^5 в 1 мл (Пыжикова с соавт., 1989). Заражение растений проводится в вечерние часы, норма расхода суспензии – 10-20 мл/м²; желательно при высокой вероятности выпадения осадков или рос укрыть их полиэтиленовой пленкой на 10-12 часов. Для повышения прилипаемости спор в суспензию добавляют твин (1:2 000), ОП-10 или клей NaКМЦ. Заражение происходит успешно, если при температуре воздуха 15-23°C капельно-жидкая влага на листьях сохраняется не менее 10-12 ч. после инокуляции. На восприимчивых сортах первые признаки у *S. nodorum* появляются через 7-10, *S. tritici* – 12-15 суток.

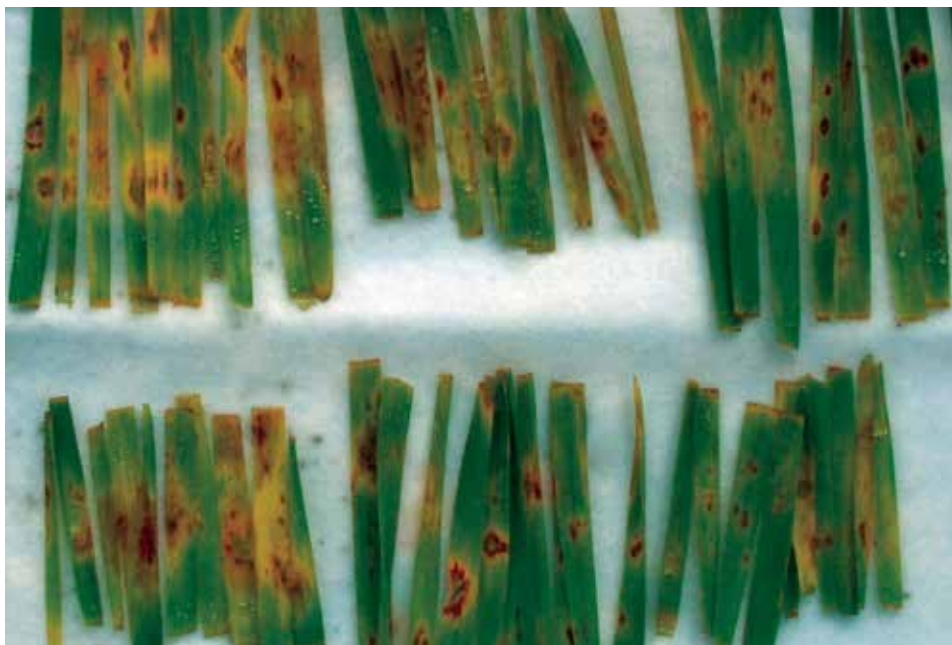
Степень пораженности сортов и образцов пшеницы устанавливают по шкале Сари-Прескотта в баллах от (0 до 9), которая позволяет оценить реакцию на заражение обоими видами септории:

- 0 – отсутствие инфекции;
- 0,1 – имеются некоторые признаки инфекции;
- 1 – заметны отдельные мелкие пятна, преимущественно на нижних листьях;
- 2 – пятна распространяются на другие ярусы листьев, нижний лист имеет слабое поражение;
- 3 – 3-й лист снизу поражен слабо, нижние листья от средней до сильной степени;
- 4 – нижние листья поражены в средней степени, среднего яруса – в слабой;
- 5 – нижние листья поражены в сильной степени, среднего яруса – от средней до слабой, верхнего – не инфицированы;
- 6 – сильно поражены листья нижнего яруса, заметно – среднего яруса, заболевание перешло на верхний ярус;
- 7 – сильное поражение листьев нижнего и среднего ярусов; инфекция распространилась до флаг-листа;
- 8 – сильно поражены листья нижнего и среднего ярусов; умеренно – флаг-лист;
- 9 – сильно поражены все листья и колосковые пленки.

Если степень поражения сорта составляет 1-3 балла, то он считается устойчивым; 4 – умеренно устойчивый; 5 и 6 – умеренно восприимчивый; 7 и 8 – восприимчивый, 9 баллов – высоковосприимчивый.

Скрининг коллекционного и селекционного материалов можно проводить по 4-бальной шкале по двум параметрам: реакция и её тип – 1-отсутствие болезни; 2-хлорозные пятна; 3-некротические участки с пикнидами; 4-большие некрозы с пикнидами. Процент пораженности листьев и стеблей определяют по шкале Джеймса со следующей градацией: 1, 5, 10, 25, 50 и 100%.

Оценку устойчивости сортов пшеницы к септориозу можно проводить в теплицах или камерах искусственного климата путем искусственного заражения всходов в фазу 2-3 листьев, а также в лабораторных условиях бензимидазольным методом на отрезках срезанных листьев: определяют инкубационный период болезни, размер пятен на листьях и наличие пикнид [рис. 55].



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 55. Определение устойчивости пшеницы к септориозу и желтой пятнистости на отрезках листьев бензимидазольным методом

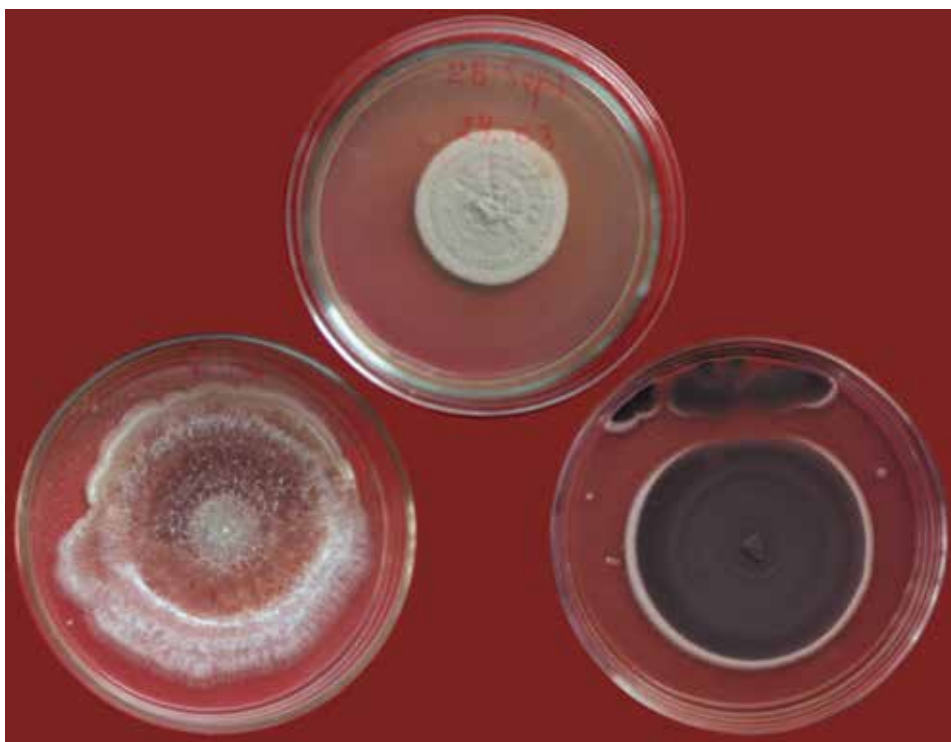
6.2.2 Методы выделения чистых культур и размножения возбудителей септориоза и пиренофороза

Часто возникает необходимость скрининга сортов и селекционных линий пшеницы в теплице или лабораторных условиях на искусственном инфекционном фоне, путем инокуляции растений. Для выделения возбудителями болезней используются пораженные органы растений со спороношением грибов (конидии, пикниды, псевдотеции). Сначала их промывают в проточной воде, стерилизуют поверхностно (медный купорос, 1%, KMnO_4 0,5%, этанол), затем ополаскивают. Для посева на питательные среды используются небольшие сегменты (0,1-0,5 см) пораженных органов или суспензия спор из пикнид или псевдотеций в стерильной воде.

Хорошей средой для культивирования гриба *Septoria tritici* в условиях *in vitro* является дрожжево-сахарозный агар, содержащий 10 г экстракта дрожжи и 10 г сахарозы в 1 литре воды, где он образует пикнид. Можно его выращивать на агаризованных средах – овсяном или картофельно-глюкозном с добавлением экстрактов из листьев пшеницы. После посева на питательный суб-

страт конидии *S. nodorum* инкубируют при температуре 20-25°C в темноте до 3 суток, затем выдерживают под люминесцентными лампами до образования пикнид, которое происходит через 10-12 суток [рис. 56]. Для культивирования гриба на жидкой питательной среде в колбу Эрленмейера емкостью 200 мл наливают 50 мл среды, в стерильных условиях осуществляют посев мицелий или споровую суспензию гриба, ставят их на орбитальный шейкер, и вращают при малом обороте.

В качестве субстрата для размножения *S. nodorum*, *S. tritici* можно использовать перловую крупу, пшено и зерновку овса, колосковые чешуи пшеницы. В колбы емкостью 250 мл засыпают 15 г сухого зерна или крупу, наливают 6-7 мл воды и закрывают их ватными пробками, стерилизуют в автоклаве при 1 атм в течение часа. Субстрат инокулируют чистой культурой или суспензией спор возбудителя. Через 7-10 суток он полностью зарастает мицелием гриба, образование пикнид происходит через 25-30 суток. Колосковые чешуи пшеницы зарастают мицелием и на них формируются пикниды гриба.



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 56. Колония *Septoria tritici* на искусственной питательной среде

Для оценки устойчивости сортов и селекционных линий пшеницы к септориозу можно использовать синтетический инокулюм, состоящий из различных географических изолятов гриба. Инокулируют водной суспензией спор, которая при 100%-ной жизнеспособности должна содержать 10^{6-7} спор/мл *S. nodorum* или 10^7 спор/мл *tritici*, расход суспензии – 100 мл/м² (Пыжикова с соавт., 1989).

Возбудитель желтой пятнистости листьев – *D. tritici-repentis* хорошо растет на картофельно-глюкозном агаре и овощной среде V4. Для приготовления первой среды варят 250 г клубней картофеля в течении 20-30 минут, затем отвар фильтруют через марлю, объем доводят до 1 литра, добавляют 30 г глюкозы и 20 г агара. Среду стерилизуют под текущим паром или при 0,5 атм. 20-30 минут [рис. 57].

Для приготовления овощной среды V4 используют сок столовой свеклы, сельдерея, моркови и томата в соотношениях 4:3:2:1, добавляют 0,3 г CaCO₃ и 15-20 г агара на 1 л воды, стерилизуют в автоклаве под текущим паром или при 0,5 атм. Можно использовать морков-



© ФАО / Мурат Койшыбаев

Рисунок 57. Колония *Drechslera tritici-repentis* на искусственной питательной среде

ный агар: 250 г моркови и 20 г агара на 1 литр воды. Культивирование гриба проводят на указанных питательных средах при температуре 18-20°C, с 12-часовым фотопериодом, освещении – 9 000 люкс. Образование конидий начинается на 5, обильное происходит через 10 суток (Волкова с соавт., 2012).

На среде, приготовленной по рецепту приведенному ниже, происходит интенсивный рост и обильное спороношение гриба *D. tritici-repentis*: гидролизат казеина – 3,2 г, дрожжевой экстракт – 8 г, KH_2PO_4 – 0,8 г, лактоза – 38 г, агар – 20 г, вода – 1000 мл.

Для скрининга гермаплазмы пшеницы на устойчивость к септориозу и желтой пятнистости можно использовать синтетический инокулюм, состоящий из различных географических изолятов гриба, из расчета 250 мг/м² инокулюма, растения выдерживают во влажной камере не менее 12-16 часов.

6.3 Мучнистая роса и головневые болезни

6.3.1 Мучнистая роса

В регионах, где одновременно возделываются озимая пшеница и рожь возможна перезимовка патогена на них в виде мицелий, а также на отрастающих осенью листьях пырея. Эту особенность возбудителя можно использовать для создания провокационного фона. Стебли пораженные мучнистой росой, осенью разбрасываются на всходы озимой пшеницы. Для искусственного заражения яровой пшеницы можно использовать суспензию спор из созревших клейстотетий, перезимовавших на послеуборочных остатках. Для определения устойчивости сортов и селекционного материала к мучнистой росе анализируют не менее 25-50 растений, степень пораженности листьев и других органов определяют по шкале СИММИТ [рис. 58].

6.3.2 Головня

Методы искусственного заражения семян пшеницы зависят от биологических особенностей возбудителя болезни. Образцы семян твердой головней инокулируют перед посевом путем их опудривание из расчета 0,1-0,5% спор к весу зерна, желательно использовать смесь местной популяции патогена из нескольких сортов (Кривченко, 1971). При небольшом количестве семян заражение проводят в

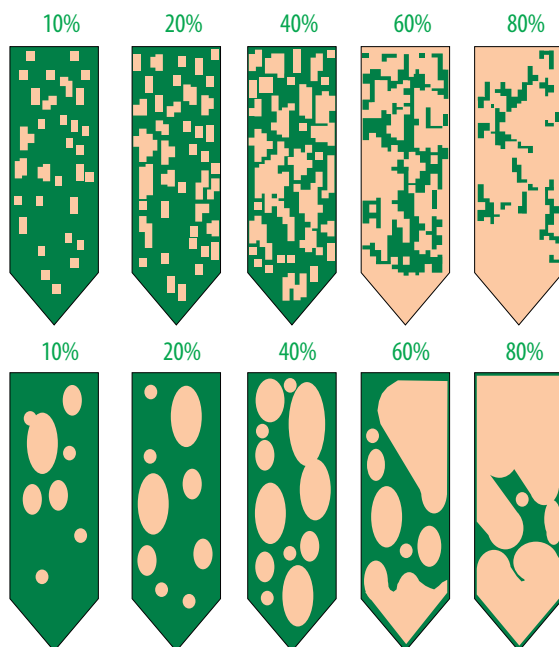


Рисунок 58. Шкала СИММИТ для определения степени пораженности листьев мучнистой росой и пятнистостями

пакетах до визуально заметного их заsporения. Аналогичным путем заражают семена озимой пшеницы телиоспорами карликовой головни, оценку к ней устойчивости сортов следует проводить в предгорной зоне на высоте не ниже 1 000-1 200 м над уровнем моря. При большом количестве коллекционных образцов или селекционных линий пшеницы можно ограничиться инокуляцией 100-150 семян, которые высевает на 2-3 ряда по 1 погонному метру. Оптимальная температура для прорастания спор *Tilletia caries* и *T. levis* и заражения всходов находится в пределах 10-13°C, *T. controversa* – 5-7°C. Учитывая эти особенности патогенов, яровую пшеницу нужно высевать в более ранние сроки, озимую – поздние.

Телиоспоры твердой и карликовой головни можно длительно хранить в холодильнике в размолотом и просеянном виде. Всхожесть проверяют проращиванием их в капле воды на предметном стекле с углублением, помещенном во влажную камеру (чашки Петри с 2-3 слоями фильтровальной бумаги) при температуре 10-15°C. Через 2-3 суток при слабом увеличении микроскопа (10 × 8 или 10 × 20) определяю количество общих и проросших спор, всхожесть их должна быть не ниже 20-30%.

Существуют несколько методов инокуляции пшеницы пыльной головней, наиболее эффективен и производителен вакуумный. Инокуляцию проводят, когда на колосьях одновременно зацветают несколько цветков, которые имеют желтые или зеленые пыльники. Для оценки одного сорта или селекционного образца достаточно инокулировать по 10-15 колосьев. Оптимальная температура для заражения растений 18-22°C, относительная влажность воздуха – 65-70%. Суспензию спор готовят из расчета 0,5-1 г инокуляума на 1 л воды, использует её только в течение одного дня. Часто применяется метод инокуляция кастрированных цветков через 6-7 часов после их опыления. Для индивидуального заsporения цветка ножницами срезают 2 нижних колоска и верхний, у остальных пинцетом удаляют средние цветки. Заражение проводят с помощью медицинского шприца с нанесением суспензии спор головни в колоски.

Специальный аппарат, предложенный для инокуляции колосьев пшеницы пыльной головней, состоит из стеклянного цилиндра, где создается вакуум, двух резиновых шлангов диаметром 4-5 мм, один из которых соединяется с насосом, другой подает суспензию спор. Зажимную пробку можно вырезать из мелкопористой резины по диаметру цилиндра, в которой делается одно сквозное отверстие для шланга подачи суспензии спор и специальный разрез для колосьев. Производительность аппарата 1 500-2 000 колосьев за 1 рабочий день. Для инокуляции используют споры текущего года, которых хранят в холодильнике или в прохладном помещении (Кривченко, 1971).

Для количественной и качественной характеристики устойчивости пшеницы к головневым болезням используют следующую шкалу:

- 0 – высокоустойчивые, пораженность растений до 1%;
- 1 – практически устойчивые, пораженных колосьев не более 5%;
- 2 – слабовосприимчивые, не более 10%;
- 3 – средневосприимчивые, до 20-30%;
- 4 – сильновосприимчивые, поражено до 50-100% колосьев.

При анализе расового состава патогена популяцию спор головни необходимо собирать с каждого районированного сорта отдельно или зоны возделывания культуры. Учет пораженности сортов или образцов пшеницы головневыми болезнями проводят по колосьям, гибридного материала по растениям.

6.4 Гельминтоспориозная корневая гниль

В степной и лесостепной зонах Казахстана, Поволжья, Южного Урала и Западной Сибири инфицированность почвы основным возбудителем корневой гнили – *Bipolaris sorokiniana* Sacc высокая, в связи с монокультурой пшеницы или высокой насыщенностью ею севооборотов. Поэтому скрининг её сортов, коллекционного и селекционного материала на устойчивость к этой болезни можно проводить на естественном фоне. Для получения более достоверных результатов оценку можно проводить на искусственном инфекционном фоне. Для этого из пораженных корней выделяют чистую культуру возбудителя болезни по общепринятой в микологии методике. Гриб хорошо растет и дает обильное спороношение на синтетическом агаре Чапека, приготовленном по следующему рецепту: сульфат магния – 0,5 г, безводный фосфат калия – 1,0 г, лорид калия – 0,5 г, сульфат железа – 0,01 г, глюкоза – 30 г, агар – 20 г, вода – 1000 мл.

Для создания инфекционного фона в полевых условиях целесообразно размножить возбудителя болезни на песчанно-кукурузной среде Людвига по модификации Зражевской. Состав среды: кукурузная мука – 5%, перлит или другой рыхлитель (шелуха, колосковые пленки) – 5%, речной песок – 83-85% и жидкая среда Чапека – 5-7%.

Стерилизуют её в колбах или другой стеклянной посуде 30-45 минут при 1 атмосфере. После остывания среда инокулируется конидиями или мицелием гриба, культивируют при температуре 20-25°C в течение 12-14 суток. Для заражения почвы на 1 погонный метр 50-100 г инокулюма вносится в рядки при посеве семян.

Разработан экспресс метод оценки устойчивости пшеницы к корневой гнили в лабораторных условиях (Койшыбаев с соавт., 2011). Семена пшеницы перед посевом замачивают суспензией *Bipolaris sorokiniana* с плотностью конидий не менее 150-200 шт в 1 мл. В пластиковые вазончики (200-250 мл) высевает по 20-25 штук инокулированных семян пшеницы в 2 кратной повторности, выращивают их в лаборатории или теплице. После появления всходов проводится дополнительное заражение всходов путем полива суспензией, содержащей конидий и мицелий гриба из расчета 10 мл на 1 вазон. В фазу 2-листьев определяют пораженность всходов корневой гнилью по шкале ВИЗР [рис. 59а и 59б].



Рисунок 59. Пораженность образцов пшеницы из питомника RDCB корневой гнилью (а); шкала СИММИТ для оценки степени пораженности всходов (б)

Для определения выносливости или толерантности гермаплазмы пшеницы к корневой гнили можно использовать метод бумажных рулонов. На увлажненный рулон фильтровальной бумаги длиной 100 и шириной 10 см высевают по 50 семян, сверху прикрывают полоской пористого синтетического материала или бязевой тканью шириной 4-5 см. Свернутые рулоны помещают в цилиндры диаметром 70-80 см или срезанные пластиковые бутылки высотой 10-12 см. Для постоянного поддержания влаги заливают 15-20 мм воды в каждый цилиндр и они ставятся в лаборатории на подоконники или в минитеплицу Флора при температуре 20-25°C. Через 12-14 суток определяют пораженность всходов корневой гнилью, сухой и сырой вес проростков. Сорта или линии пшеницы, не снижающие листо-стебельную и корневую массу или уменьшающие их незначительно, несмотря на пораженность болезнью, относятся к выносливым (Койшыбаев с соавт., 2011).

ПРИЛОЖЕНИЕ



© ФАО / Хафиз Муминджанов

Библиографический список

Библиографический список

- **Абеленцев В.И.** Факторы, снижающие эффективность протравливания семян хлебных злаков // Защита и карантин растений. 2007. №3. – С.28-29.
- **Абеленцев В.И.** Фитосанитарные аспекты ресурсосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2009. №4. – С.46-49.
- **Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Левченко Ю.Г.** Желтая ржавчина пшеницы в Краснодарском крае и разнообразие генетических ресурсов по устойчивости к фитопатогену. Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар, 2011. –С.54-57.
- **Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Колесников Ф.А., Набоков Г.Д.** Устойчивость озимой пшеницы к твердой головне (*Tilletia caries* (DC) Tul). – Эволюция научных технологий в растениеводстве. – Краснодар, 2004. – С.336-342.
- **Абиев С.А., Есенгулова Б.Ж.** Роль промежуточных хозяев ржавчинных грибов злаков // Вестник с.х. науки Казахстана. 1985. №8. –С.36-46.
- **Абиев С.А.** Желтая ржавчина злаков Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1993. – 103 с.
- **Абиев С.А., Есенгулова Б.Ж.** Перезимовка желтой ржавчины на юго-востоке Казахстана // Микология и фитопатология. – 1982. Т.16, вып.1. – С.48-51.
- **Акшалов К.А.** Ресурсы повышения качества зерна в засушливой степи Северного Казахстана. Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. – Новосибирск, 2013. С.15-17.
- **Алимов К.Г.** Обоснование мер борьбы с энзимно-микозным истощением семян и сопряженными с ним инфекциями при интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы в лесостепной зоне Западной Сибири. – Автореф. канд. дисс. – М.: 1988. – 15 с.

- **Алимов К.Г., Кашуба О.В.** Защита яровой пшеницы от септориоза при интенсивной технологии возделывания. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1988. Вып.3. – С.14-18.
- **Альфимова В.А., Беспалова Л.А., Худокормова. Ж.Н.** Селекция сортов пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине в условиях Краснодарского края. – Эволюция научных технологий в растениеводстве. – Краснодар 2004. – С.352-363.
- **Алиновский П.Г.** Влияние соломы на пораженность пшеницы корневой гнилью // Науч.-техн. бюлл. – Вып. 42. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – С.22-26.
- **Альмуратов Н. Н.** Желтая ржавчина пшеницы в высокогорных районах Алматинской области и борьба с ней. – Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков. – Алма-Ата: «Кайнар», 1973. – С.97-106.
- **Алипбекова Ч.А.** Биологические особенности септориоза (*Septoria nodorum* Berk. и *S. tritici* Rob.et Desm.) пшеницы и использование их в иммуноселекции. – Автореф. канд. дисс.– Алма-Ата, 1993. – 23 с.
- **Артемова С.В.** Внутривидовая дифференциация популяции *Septoria tritici* Rob. Et Desm/в Центрально-черноземной зоне. Материалы второго Съезда по защите растений. – СПб., 2005, – С.457-460.
- **Ашмарина Л.Ф., Давыдова П.В.** Основные факторы оптимизации фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы. – 400 лет земледелия Омского Прииртышья. – Омск, 2000. – С.12-13
- **Бабкенов А.Т., Шеляева Т.В., Кайржанов Е.К.** Скороспелые и продуктивные сорта яровой мягкой пшеницы в Северном Казахстане. Земледелие и селекция растений на современном этапе. – Астана-Шортанды, 2016. 2-том. – С.194-199.
- **Бабкенова С.А., Бабкенов А.Т.** Иммунологическая оценка сортообразцов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к двум видам ржавчины. Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе. 2 – том. – С.320-324.
- **Бабоев С.К., Юсупов Ш., Мурзикова И., Туракулов Х.** Оценка устойчивости озимой пшеницы к желтой ржавчине и коллекци-

онного материала СИММИТ в условиях Узбекистана. Материалы 1-ой Центрально-Азиатской конференции по пшенице. – Алматы, 2003. – С.260-261.

- **Бараев А.И.** Почвозащитное земледелие. Избранные труды. – Новосибирск, 1998. – 164 с.
- **Баукенова Э.А., Маркелова Т.С.** Вирусные болезни злаковых культур в Поволжье. Сб. «Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика. – Большие Вязьмы, 2012. – С.394-395.
- **Белан И.А., Россеева Л.П., Зыкин В.А., Блохина Н.П.** Эволюция селекции яровой пшеницы в СибНИИСХ: урожайность и адаптивность // Агромеридиан. 2008. №2. – С.18-22
- **Белан И. А., Россеева Л. П., Мешкова Л. В., Шепелев С.С., Зеленский Ю.И.** Материал КАСИБ – источник резистентности в селекции яровой мягкой пшеницы. – Генофонд и селекция растений. Т.1. – Новосибирск, 2013. – С.56-63.
- **Беспалова Л.А., Пучков Ю.М.** Результаты и перспективы селекции пшеницы и тритикале. – Эволюция научных технологий в растениеводстве. – Краснодар, 2004. – С.17-25.
- **Бердагулов М.А., Кулинич В.А.** Роль генетических ресурсов мягкой яровой пшеницы в практической селекции. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние, проблемы и перспективы. – СПб., 2007.
- **Богданова В.В., Евсеев В.В., Голощанов А.К.** Новый подход к мониторингу аэрогенной инфекции зерновых культур. // Защита и карантин растений. 2010. №8. – С.47-48.
- **Браун Х.И., Моргунов А.И., ...Уразалиев Р. А. и др.** В сб.: Повышение эффективности селекции, использования генетических ресурсов и агротехнологии для улучшения пшеницы в Казахстане и Западной Сибири. – Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе. 2-том. – Астана-Шортанды. 2016. – С.142-149.

- **Борзионова Т.И., Васецкая М.Н. и др.** Видовой состав возбудителей септориоза на территории Казахстана, Западной Сибири, Южного Урала, Кыргызстана // Сибирский вестник с.х. науки. –1991. – №3. – С.106-108.
- **Буга С. Ф.** Болезни колоса зерновых культур в условиях республики Беларусь. Стратегия и тактика защиты растений. – Минск, 2006. – С.185-189.
- **Буга С.Ф., Жуковский А.Г. Ильюк А.Г., Радина А.А.** Тактика и экономика защиты озимой пшеницы и ярового ячменя от болезней // Защита и карантин растений, 2012. №8. – С.18-20.
- **Бучнева Г.Н.** Биологическое обоснование снижения инфекционного потенциала возбудителя фузариоза колоса в ЦЧР России. – Автореф. канд. дисс. – СПб, 2008. 18 с.
- **Васецкая М.Н., Чигирев С.Н.** Септориоз пшеницы // Защита растений. 1987. №6. – С.17-18.
- **Васецкая М.Н., Борзионова Г.И.** Возбудители септориоза пшеницы // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1987. №3. – С.45-47.
- **Вавилов Н.И.** Избранные произведения. 2-том. – Ленинград, 1967. – 478 с.
- **Власов Ю.М., Ларина Э.И.** Сельскохозяйственная вирусология. – М.: «Агропромиздат», 1982. – С.107-120.
- **Власенко Н.Г. Кулагин О.В., Кудашкин П.И.** Влияние технологии «No till» на развитие корневых гнилей в посевах зерновых. Фитосанитарная безопасность агроэкосистем. – Новосибирск, 2010. – С.51-53.
- **Волкова Г.В., Анпилогова Л.К., Шаповалова О.Ю.** Мониторинг популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы на Северном Кавказе // Микология и фитопатология. Т.36, вып. 5. 2002. – С.77-81.
- **Волкова Г.В., Анпилогова Н.К., Андропова Е.А., Кремнева О.Ю. и др.** Поиск источников устойчивости к эпифитотийным болезням пшеницы на Северном Кавказе. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. Состояние и перспективы., 2007. – С.54-56.

- **Волкова Г.В.** Вирулентность популяций возбудителя *Puccinia recondita f.sp. tritici* на Северном Кавказе // Микология и фитопатология. Т.39. вып. 4. 2005. – С.78-83.
- **Волкова Г.В.** Эволюционный потенциал возбудителей болезней пшеницы, распространенных на Юге России. – Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. – СПб, 2013. – С.384-386.
- **Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Андропова А.Е., Надыкта В.Д.** Желтая пятнистость листьев пшеницы. Краснодар, 2012. –107 с.
- **Гаккаева Т.Ю., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А.** Микробиоты зерна – показатель его качества и безопасности // Защита и карантин растений. 2012. №9. – С.14-17.
- **Гарбар Л.И.** Влияние протравителей, стимуляторов и их смесей на поражаемость корневыми гнилями яровой пшеницы в период вегетации. 400 лет земледелия Омского Прииртышья. – Омск, 2000. – С.26-27.
- **Гаврилюк Г.И., Смоляк Т.П.** Влияние перспективных протравителей семян яровой мягкой пшеницы на развитие и распространение корневой гнили. – Проблемы интенсификации почвозащитного земледелия. – Целиноград: ВНИИЗХ, 1992. – С.128-134.
- **Гешеле Э.Э.** Ржавчина хлебных злаков в степях Приишимья. – Труды республ. станции защиты растений. Т.ХI. – Алма-Ата: «Казгосиздат», 1955. – С.347.
- **Гешеле Э.Э.** Основы фитопатологической оценки в селекции растений. – М.:«Колос», 1978. – 197 с.
- **Гжехчек З.** Новые достижения в исследований алкалоидов спорыньи // Известия АН СССР. Серия биология. 1976. №12. – С.208-210.
- **Гоголева С.Г.** Скрининг образцов вида рода *Triticum sp.* по устойчивости к корневой гнили – Фитосанитарное оздоровление экосистем. – СПб, 2005. – С.425-427.
- **Горбунова Н.И. и др.** Полосатая мозаика пшеницы в Узбекистане. – Вирусные болезни сельскохозяйственных растений. – Киев: «Наукова думка», 1966.

- **Гольдштейн Л.Е., Байгулова Т.К.** Корневые гнили пшеницы на богаре Узбекистана // Микология и фитопатология. – 1972. – Т.6. – Вып. 6. – С.524-527.
- **Городилова Л.М.** Изменение окраски зерна пшеницы под влиянием грибов рода альтернария на Севере Казахстана. – Влияние микроорганизмов и протравителей на семена. – М.: Колос, 1972. – 41 с.
- **Гончаров П.Л., Гончарова А.В.** К вопросу об устойчивости растениеводства в Сибири. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргызстана. – Новосибирск, 2005. – С.299-302.
- **Госсен Э.Ф., Койшыбаев М.** Резервы интенсивного поля // Защита растений. 1987. №6. – С.3-7.
- **Гоголева С.Г.** Сканинг образцов вида *Triticum* по устойчивости к корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Shoem. Фитосанитарное оздоровление экосистемы. – СПб. – 2005. С.425-427.
- **Грицай А.Д.** Влияние средств химизации на продуктивность озимой пшеницы // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №10. – С.74-78.
- **Гулий В.В., Миняйло В.А.** Интегрированная защита: проблемы и задачи // Защита растений. – 1989. – №15. – С.6-8.
- **Гультяева Е.И., Ишкова Т.И., Левитин М.М.** Фитосанитарный мониторинг болезней зерновых культур в северо-западных областях Российской Федерации. Фитосанитарное оздоровление экосистем. – СПб., 2005. – С.25-28.
- **Джиембаев Ж.Т., Альжанов Ж.Ш.** Корневые гнили пшеницы в Северном Казахстане. – Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними. – М.: «Колос», 1970. – С.9-14
- **Джиембаев Ж.Т.** Система мероприятий по борьбе с главнейшими болезнями зерновых культур (рекомендации). – Алма-Ата, 1971. – 53 с.
- **Джиембаев Ж.Т.** Виды ржавчины, поражающие хлебные злаки в Казахстане. – Труды Казахского НИИ защиты растений. Т.ХI. – Алма-Ата: «Кайнар», 1972. – С.232-254.

- **Державин Л.М.** Химизация и экология // Химизация сельского хозяйства. 1991. №7. – С.3-7.
- **Доронин В.Г., Евсеев Е.И.** Эффективность химических мер защиты яровой пшеницы от сорняков, вредителей и болезней. – Сборник научных работ, посвященный 170-летию Сибирской аграрной науки. – Омск, 1998. – С.30-32.
- **Долженко В.И.** О необходимости развития приоритетных фундаментальных и прикладных исследований по защите растений. – Фитосанитарная безопасность агроэкосистем. – Новосибирск, 2010. – С.76-79.
- **Долженко В.И.** Фитосанитарное районирование вредных для сельского хозяйства организмов. – Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар, 2011. – С.24-30.
- **Долженко В.И.** Фитосанитарная безопасность страны. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. – СПб., 2013. – С.138-143.
- **Дувейллер Е., Сингх Д.В., Меццалама М. и др.** Болезни и вредители пшеницы. Руководство для полевого определения. (Перевод из английского). CIMMYT: – Анкара, 2014. – 157 с.
- **Дунин М.С., Темирбекова С.К. и др.** Физиолого-биохимические механизмы энзимно-микозного истощения семян (ЭМИС) пшеницы и некоторых других культур // Вестник сельскохозяйственной науки. 1981. №4. – С.70-78.
- **Дьяков Ю.Т.** Типы устойчивости растений и их практическое использование. – Типы устойчивости растений к болезням. – СПб, 2003. – С.5-9.
- **Егураздова А.С.** Зарубежный опыт использования ЭВМ при прогнозировании болезней растений. – Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденция развития. – М.: ВАСХНИЛ, 1988. – С.47-55.
- **Жангазинов А.С., Куттымбаев Н.Д.** Определение характера наследования полевой устойчивости к желтой ржавчине внутри и межвидовыми гибридами пшеницы в F_1 / Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2009. – С.11-12.

- **Жегульская Л.Н.** Влияние погодных условий, инфекционного фона и форм азотных удобрений на споруляцию *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker на яровой пшенице. – Интегрированная защита растений от болезней и вредителей в Сибири. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1985. – С.30-38.
- **Зайлер В.** Защита растений – как фактор оптимизации сельскохозяйственного производства. – Возделывание яровой пшеницы. – Новосибирск, 1987.
- **Захарова Т.И.** Вредоносность мучнистой росы пшеницы // Микология и фитопатология. 1978. – Т.12. – Вып.2. – С.171-175.
- **Захаренко В.А., Зазимко М.И., Долженко В.И.** Роль и место агротехнического метода в интегрированной защите растений от вредных организмов. – Фитосанитарное оздоровление экосистем. – СПб., 2005. – Т. 2. – С.524-526.
- **Захаренко В.А.** Агротехнический метод защиты растений в системе интегрированного управления фитосанитарным состоянием агроценозов в России. – Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар. 2005. – С.9-14.
- **Захаренко В.А., Васютин А.С.** Фитосанитарные риски в зерновом производстве // защита и карантин растений. – 2014. №7, – С.3-7.
- **Зеленева Ю.В., Судникова В.П., Плахотник В.В.** Виды *Septoria* на агрофитоценозах пшеницы Центрального Черноземного региона: структура патогенного комплекса, селекция на устойчивость к болезни. – Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: Теория и практика. – Большие Вязьмы, 2012. – С.462-471.
- **Зеленский Ю.Й., Моргунов А.И., Wanyera R.** Оценка генофонда пшеницы в Западной Сибири и Казахстане на устойчивость к Ug99. – Агротехнические методы защиты растений от вредных организмов. – Краснодар, 2011. – С.33-37.
- **Зейналова Ю.Д.** Обоснование систем мер борьбы с желтой ржавчиной пшеницы в Казахской ССР. – Ржавчина хлебных злаков. – М.: Колос, 1975. – С.100-107.

- **Зыкин В.А., Россеева Л.П., Белан И. А., Игнатьева Е.Ю.** Селекция пшеницы на устойчивость к листовым болезням. Материалы Всероссийского Съезда по защите растений. – СПб, 2005. – С.457-460
- **Здрожевская С.Д.** Действие и последствие фунгицидов против корневой гнили яровой пшеницы в Кустанайской области // Бюлл. Всесоюзн. НИИ защиты растений. – Л., 1983. – С.56-58.
- **Еськов А.И., Шашков В.П., Койшыбаев М. и др.** Система защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстане (рекомендации). – Шортанды: КазНИИЗХ, 1995. – 104 с.
- **Ермекова Б.Д.** Почвенные грибы и обыкновенная корневая гниль колосовых зерновых. – Алма-Ата: «Наука», 1988. – 141 с.
- **Илюхина М.К.** Источники инфекции бактериозов яровой пшеницы и методы ее определения. – Состояние и перспективы исследований по разработке эффективных мер борьбы с бактериальными болезнями растений. – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – С.48-49.
- **Израилский В.П.** Бактериальные болезни растений. – М.: «Колос», 1979. – С.3-44.
- Информационные технологии и математическое моделирование. Материалы секции Всероссийского Съезда по защите растений // Защита и карантин растений. 1996. №11. – С.18-19.
- Инфекционные фоны в фитопатологии (под ред. Ю.Н. Фадеева). – М.: «Колос», 1979. 206 с.
- **Ишпайкина Е.И.** Некоторые итоги работ по дифференцированному применению противоголовневых препаратов. – Труды Казахского НИИ защиты растений. – Алма-Ата, 1962. – С.613-624.
- **Ишпайкина Е.И., Пушкарева В.М., Джиембаев Ж.Т.** Твердая головня пшеницы в Казахстане. – Труды Казахского НИИ защиты растений. Т.ХI. – Алма-Ата: «Кайнар», 1972. – С.282-304.
- **Ишпайкина Е.И., Пушкарева В.М., Джиембаев Ж.Т.** Пыльная головня пшеницы. – Труды Казахского НИИ защиты растений. Т.ХI. – Алма-Ата: «Кайнар», 1972. – С.255-270.

- **Казенас Л.Д.** Районы распространения самых опасных болезней сельскохозяйственных культур в Казахстане. – Труды Казахского НИИ защиты растений. – Т.10. – Алма-Ата: «Кайнар», 1969. – С.251-256.
- **Казенас Л.Д.** Болезни сельскохозяйственных растений Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1974. – 366 с.
- **Каскарбаев Ж.А.** Современные проблемы почвозащитного земледелия в засушливой степи Северного Казахстана. – Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах. – Астана-Шортанды, 2006. – С.67-77
- **Каскарбаев Ж.А.** Диверсификация растениеводства – как одно из направлений развития идеи А.И. Бараева в почвозащитном земледелии. – Ресурсосбережение и диверсификация, как новый этап развитие идеи А.И. Бараева в почвозащитном земледелии. – Астана-Шортанды, 2008. – С.163-168.
- **Каскарбаев Ж.А.** История становления и развития научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И. Бараева. – Земледелие и селекция сельскохозяйственных культур. – Астана-Шортанды, 2016. – Т.1. – С.3-11.
- **Карамчук З.П., Муранец А.П., Лампицкий В.П.** Особенности развития корневой гнили на яровой мягкой пшенице // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1987. №3. – С.33-35.
- **Канивец И.И., Карамчук З.П., Фомин В.А.** К воздействию соломы на микробиологическую активность темно-каштановой почвы // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1973. №7. – С.128-131.
- **Карамчук З.П.** Триходермин – биопрепарат в борьбе с корневой гнилью пшеницы // Вестник с.х. науки Казахстана, 1992. – №5. – С.48-50.
- **Карташевич В.Н., Самерсов В.Ф., Трепашков Л.И.** Создание новой информационной технологии в защите растений // Вестник сельскохозяйственной науки, 1990. №9. – С.116-119.

- **Каширкин А.Д., Санин С.С., Рудакова Н.М.** Уравнения для прогноза первичного заражения посевов пшеницы стеблевой ржавчиной по показанию спороулавливающих приборов // Микология и фитопатология. – Т. 26. Вып. 6, 1988. – С. 561-568.
- **Кемпбел К. Г.** Современная тенденция производства пшеницы в США // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству, 2003. №3. – С.61-72.
- **Киселева М.И., Коваленко Е.Д., Митрофанова О.П.** Скрининг сортов пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине // Защита и карантин растений. №11. – 2012. – С.23-25.
- **Коваленко Е.Д., Жемчужина А.И., Киселева М.И., Коломиец Т.М., Щербин А.М.** Стратегия селекции пшеницы на устойчивость к ржавчинным заболеваниям // Защита и карантин растений. – 2012. №9. – С.19-22.
- **Коваленко Е.Д., Киселева Т.М., Лапочкина И.Ф., Митрофанова О.Ф., Худокормова Ж.Н.** Создание генбанка и доноров устойчивости пшеницы к наиболее опасным болезням. – Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. – СПб, 2013. – С.404-409.
- **Коваль С.Ф., Шаманин В.П., Коваль А.С.** Стратегия и тактика отбора в селекции растений. – Омск, 2010. – 228 с.
- **Койшыбаев М.** Особенности развития корневой гнили зерновых культур на Юго-Востоке Казахстана // Вестник с.х. науки Казахстана. – 1981.– №11. – С.47-52.
- **Койшыбаев М., Ермекова Б. Д.,Зенкова Е.М.** Защита колосовых зерновых культур от обыкновенной корневой гнили на юго-востоке Казахстана (рекомендации). – Алма-Ата: Кайнар, 1984. – 22 с.
- **Койшыбаев М., Киреев А.К., Мукин Б. К.** Влияние приемов обработки почвы на развитие корневой гнили зерновых культур // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1986. №1. – С.36-40.
- **Койшыбаев М.** Эффективность триходермина в борьбе с корневой гнилью яровой пшеницы. – Пути совершенствования микробиологической борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений. – Оболенск, 1986.

- **Койшыбаев М., Турапин В.П. и др.** Защита зерновых культур от наиболее опасных болезней // Рекомендации ГосАгропрома СССР по внедрению достижений науки и практики в производство. – 1988. №4. – С.49-53.
- **Койшыбаев М., Исмаилова Э.Т.** Роль семян в передаче инфекции болезней пшеницы // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1989. №10. – С.40-45.
- **Койшыбаев М., Исмаилова Э.Т.** Особенности развития и вредоносность септориоза пшеницы в Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1991. №11. – С.31-38.
- **Койшыбаев М., Хасанов Б.А. и др.** Комплексная защита зерновых культур от болезней в Северном Казахстане // Новости науки Казахстана. – 1993. №4. – С.49-50.
- **Койшыбаев М., Абирова А.** Фитосанитарная роль предшественников в зерновых севооборотах // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1994. №5. – С.19-32.
- **Койшыбаев М., Дубина Н.Е.** Эффективность блока защиты растений в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1995. №7. – С.19-20.
- **Койшыбаев М., Гудов Г.Г., Сон Л.К.** Эффективность блока защиты растений в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1995. №8. – С.47-60.
- **Койшыбаев М.** Еще раз о протравливании семян // Защита и карантин растений. – 1996. №9. – С.10-12.
- **Койшыбаев М., Шугуров И.М., Пономарева Л.А.** Эффективность фунгицидов на зерновых культурах в Северном Казахстане // Защита и карантин растений. – 1996. №6. – С.19-20.
- **Койшыбаев М., Корчагин А.А.** Интегрированная защита зерновых культур от вредителей и болезней в Восточном Казахстане // Новости науки Казахстана. – 1997. №2. – С.49-51
- **Койшыбаев М.** Динамика болезней зерновых культур с листовостебельной инфекцией в различных агроландшафтных зонах. – Стратегия земледелия и растениеводства на рубеже XXI века. – Алматы, 1999. – С.108-110.

- **Койшыбаев М., Пономарева Л.А., Кочоров А.С.** Эффективность витавакса 200 FF на зерновых культурах в Казахстане // Защита растений в Казахстане. – 1999. №1. – С.8-11.
- **Койшыбаев М.** Особенности развития видов ржавчины и септориоза на пшенице // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2000. №11. – С.14-15.
- **Койшыбаев М., Кочоров А.С., Курманов М.Д.** Динамика, вредоносность и прогноз болезней пшеницы с листо-стеблевой инфекцией в Восточном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2000. №10. – С.32-36.
- **Койшыбаев М.** Сезонная и многолетняя динамика бурой ржавчины в Северном Казахстане. – Итоги и перспектива селекции яровой пшеницы на устойчивость к абиотическим и биотическим факторам внешней среды. – Шортанды. 2001. – С.75-84.
- **Койшыбаев М.** Болезни зерновых культур. – Алматы: «Бастау», 2002. – 367 с.
- **Койшыбаев М., Моргунов А.И., Яхиауи А., Рсалиев Ш.С., Есимбекова М., Жунусова М. К.** Фитопатологическая оценка озимой пшеницы. Эволюция научных технологий в растениеводстве. – Краснодар, 2004. – С.363-371.
- **Койшыбаев М., Яхиауи А., Оспанбаев Ж.** Желтая ржавчина зерновых культур в Центральной Азии // Защита и карантин растений. – 2005 №10. – С.13-15.
- **Койшыбаев М.** Руководство по протравливанию семян зерновых культур. – Алматы: «Bayer CropScience», 2006. – 29 с.
- **Койшыбаев М.** Защита зерновых культур от болезней с воздушно-капельной инфекцией. – Алматы: «Syngenta», 2006. – 29 с.
- **Койшыбаев М.** Чтобы протравливание было рентабельным // Защита и карантин растений. – 2007. №4. – С.29-30.
- **Койшыбаев М.** Зависимость динамики развития бурой ржавчины на яровой пшенице в Казахстане от частных и суммарных индексов погоды // Микология и фитопатология. – 2007. Т.41. Вып. 4. – С.347-356.

- **Койшыбаев М., Пономарева Л.А.** Особенности распространения и динамика развития септориоза и желтой пятнистости на пшенице в Казахстане. – Достижения и проблемы защиты и карантина растений в Казахстане. – Алматы, 2008. – С.55-61.
- **Койшыбаев М., Болтаева Л.А.** Распространение, динамика развития септориоза пшеницы в Казахстане и биологические особенности его возбудителей // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2009. – С.9-12.
- **Койшыбаев М.** Зависимость динамики развития бурой ржавчины на яровой пшенице в Казахстане от частных и суммарных индексов погоды // Микология и фитопатология. – 2007. Т.41, Вып. 4. – С.346-355.
- **Койшыбаев М., Пономарева Л.А.** Вредоносность болезней яровой пшеницы с воздушно-капельной инфекцией в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2008. №8. – С.15-19.
- **Койшыбаев М.** Риск распространения бурой, стеблевой и желтой ржавчины на зерновых культурах. – Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Алматы, 2010. С.206-208.
- **Койшыбаев М. Жанарбекова А. А., Зеленский Ю. И., Бердагулов М. А., Чудинов В. А.** Наследование морфологических и хозяйственно ценных признаков яровой пшеницы при гибридизации местных сортов с мексиканскими образцами // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2011. №2. С.
- **Койшыбаев М. Жанарбекова А. А., Зеленский Ю. И.** Наследование признака устойчивости к бурой ржавчине у гибридов яровой мягкой пшеницы Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. // 2011. №3. – С.12-18.
- **Койшыбаев М.** Особенности распространения особо опасных болезней пшеницы в Казахстане, устойчивость сортов и внутривидовое разнообразие патогенов. – Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: Теория и практика. – Большие Вязьмы, 2012. – С.118-126.

- **Койшыбаев М.** Защита зерновых культур от особо опасных болезней (рекомендации). – Алматы, 2012 – 33 С.
- **Койшыбаев М., Жанарбекова А.Б., Моргунов А.И., Зеленский Ю.И., Чудинов В.А.** Скрининг генофонда яровой пшеницы на устойчивость к особо опасным болезням на севере Казахстана. – Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней. Теория и практика. – Большие Вязьмы, 2012. – С.221-229.
- **Койшыбаев М., Жанарбекова А.Б.** Источники и доноры устойчивости яровой пшеницы к видам ржавчины и септориоза. – Генофонд и селекция растений. – Новосибирск, 2013. – С.267-274.
- **Койшыбаев М.** Интегрированная защита зерновых культур от основных болезней в Казахстане (прошлое, настоящее, будущее). – Защита растений и экологическая устойчивость агробиотеносов. – Алматы, 2014. – С.149-156
- **Койшыбаев М., Шаманин В. П., Моргунов А.И.** Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням (Методические указания) – FAO/SEC. – Анкара, 2014. – 62 с.
- **Койшыбаев М.** Мониторинг и прогноз развития особо опасных болезней в Казахстане. Материалы третьего Всероссийского Съезда по защите растений. – СПб, 2014. – С.242-245
- **Койшыбаев М.** Ржавчина пшеницы – угроза для продовольственной безопасности населения планеты // Защита и карантин растений, 2016. – С.50-52.
- **Койшыбаев М., Чудинов В.А., Гаас О.С.** Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням с воздушно-капельной инфекцией. Глобальные изменения климата и биоразнообразия. – Алматы, 2015. – С.262-263.
- **Койшыбаев М.** Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к биотическим стрессам: состояние и перспектива. – Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе. – Астана-Шортанды, 2016. – С.160-168.
- **Коршунова А.Ф., Тупеневич С.М. и др.** Корневые гнили яровой пшеницы. – Л.: «Колос», 1974. – 64 с.

- **Котова В.В.** Корневая гниль яровой пшеницы и направления борьбы с ней. – Труды Всесоюз. НИИ защиты растений. – Л., 1977. – С.62-68.
- **Королева И. Б., Чумаевская М. А., Матвеева Е. В.** Бактериальные болезни злаковых культур. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1983. – 54 с.
- **Коломникова В.И., Прутко М.М., Новикова А.Г.** Антагонизм *Trichoderma lignorum* (Tode.) Harz. к грибам рода *Fusarium* и *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemr. // Науч.-техн. бюлл. Вып. 42. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – С.26-29.
- **Колесников Л.Е., Власова Э.А.** Динамика развития бурой ржавчины на линиях Thatcher. // Микология и фитопатология. Т.37. – Вып.1. – С.87-92.
- **Колесников Л.Е., Власова Э.А., Виноградов А.А.** Моделирование развитие ржавчины на различных по устойчивости образцах пшеницы. Материалы второго Всероссийского Съезда по защите растений. – СПб, 2005. – С.457-460.
- **Коломникова В.** Биологическая борьба с обыкновенной корневой гнилью пшеницы. – Биологические методы борьбы с вредными организмами. – Новосибирск, 1980. – С.26-31.
- **Коробова Л. Н.** Роль агротехники и протравливания семян в стабилизации фитосанитарного состояния яровой пшеницы по грибным болезням. – Энерго и ресурсосбережение в земледелии аридных территорий. – Барнаул, 2000. – С.106-111.
- **Корнюхин Д.А.** Географические закономерности проявления устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к возбудителям листовых пятнистостей. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке. – СПб, 2007. – С.298-299.
- **Корченюк Е.А., Мешкова Л.В.** Идентификация генов, контролирующих устойчивость к бурой ржавчине у перспективных линий яровой пшеницы. Фитосанитарная безопасность агроэкосистем. –Новосибирск, 2010. – С.127-130.
- **Кошеляева И.П.** Карликовая головня озимой пшеницы в условиях юга Кыргызстана и меры борьбы с нею. Автореф. канд. дисс. – Алма-Ата, 1992. – 19 с.

- **Кремнева О. Ю.** Развитие желтой пятнистости листьев пшеницы и расовый состав возбудителя изолятов *Phyrenopora tritici – repentis* в Северо-Кавказском регионе. – Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: Теория и практика. – Большие Вязьмы, 2012. – С.394-397.
- **Краева Г.А.** Корневые гнили яровой пшеницы в засушливых районах освоения целинных и залежных земель и агробиологическое обоснование мероприятий в борьбе с ними. – Автореф. канд. дисс. – Л., 1960. – 22 с.
- **Кривченко В.И., Мягкова В.В., Щелко Л.Г. и др.** Изучение устойчивости зерновых культур к возбудителю головневых заболеваний. – Л.: ВИЗР, 1985. – 59 с.
- **Кремнева О.Ю., Волкова Г.В.** Структура популяции на Северном Кавказе. По морфолого-культуральным признакам // Микология и фитопатология. – Т.41. вып. 4. 2007. – С.356-361.
- **Крупнов В.А., Воронина С.А., Сибикеев С.Н., Крупнова О.В. Пискунова Г.В.** Эффекты локусов у яровой мягкой пшеницы в Поволжье. – Эволюция научных технологий в растениеводстве. – Краснодар, 2004. – С.345-352.
- **Кузьмина Г.Н.** Патогенность возбудителей «черного зародыша» и устойчивость к нему яровой пшеницы // Науч.-техн. бюлл. Вып. 27. – Новосибирск, 1977. – С.20-23.
- **Крицкая В.И.** Влияние обработки почвы на уровень зараженности ее конидиями *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. и развитие обыкновенной гнили яровой пшеницы // Науч.-техн. бюлл. – Вып. 27. – Новосибирск, 1977. – С.33-35
- **Кургина А.Л.** Роль фосфорных удобрений в снижении пораженности яровой пшеницы корневой гнилью. – Материалы III республик. науч.-производ. конференции по защите растений в Казахстане. – Алма-Ата, – 1974.
- **Кургина А.Л.** Эффективность системы мероприятий по защите пшеницы от корневой гнили в Кокчетавской области. – Защита зерновых культур и вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстана. – Алма-Ата: ВО ВАСХНИЛ, 1983. – С.106-112.

- **Кургина А.Л.** Роль инфекционной нагрузки гриба гельминтоспориума в развитии корневой гнили пшеницы на фоне различной влагообеспеченности. – Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстане. – Алма-Ата: ВО ВАСХНИЛ, 1983. – С.112-116.
- **Кузнецова Т.Т., Кривошекова Т.Г.** Роль микрофлоры в регулировании популяции *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. в севообороте и при бессменном возделывании пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири. – Интегрированная защита растений от болезней и вредителей в Сибири. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ. 1985. – С.38-43.
- **Кузнецова Т.Т., Чулкина В.А. и др.** Роль минеральных удобрений в ограничении обыкновенной (корневой) гнили яровой пшеницы в лесостепи Зауралья. – Эпифитотилигия инфекционных болезней растений // Науч.-техн. бюлл. – Вып. 42. – Новосибирск, 1984. – С.8-16.
- **Федоринчик Н.С.** *Trichoderma lignorum* Horz. в биологической борьбе с возбудителями болезней растений // Микология и фитопатология. 1971. – Т.5. Вып.6. – С.499-505.
- **Лазарев А.М.** Перечень основных вредоносных бактериозов важнейших сельскохозяйственных культур на территории Российской Федерации. – СПб, 1993. – 50 с.
- **Ламберт Э., Клиффорд Б., Драйзаитл А, Джонсон Р., Уэллингс К.** Системы обозначения патотипов растительных патогенов. // Микология и фитопатология. – Т.27. Вып. 5. – С.63-68.
- **Ладонин В.Ф.** Комплексная химизация земледелия: состояние, проблемы и перспективы // Химизация сельского хозяйства. 1991.№10. – С.8-10.
- **Лебедев В.Б., Юсупов Д.А., Силаев А.И., Мызникова Н.И.** Фунгициды против бурой ржавчины и мучнистой росы пшеницы // Защита и карантин растений. – 1996, №6. – С.22-23.
- **Левченко Ю.Г., Аблова И.В., Грицай Т.И., Бойко А.П.** Скрининг образцов пшеницы мирового генофонда на устойчивость к твердой головне (*Tilletia caries* T. Levis) Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: Теория и практика. – 2012. – С.315-325.

- **Левитин М.М.** Защита растений от болезней при глобальном потеплении // Защита и карантин растений. – 2012. С.16-17.
- **Макаров А.А., Коваленко Е.Д., Соломатин Д.А., Маторина Н.М.** Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням. – Типы устойчивости растений к болезням. – СПб, 2003. – С17-25.
- **Малютина Р.М.** Роль дикорастущих злаков – как резерваторов и передатчиков инфекции ржавчины на пшеницу. – Сборник работ по микологии и альгологии. – Фрунзе, 1963.
- **Малько А.М., Говоров Д.Н., Живых А.В., Новоселов Е.С.** ГИС технологии на службе фитомониторинга // Защита и карантин растений. – 2012. №11. С.3-6.
- **Маркелова Т.С., Иванова О.В, Нарышкина Е.А., Баукенова Э.А.** Биологические особенности бурой ржавчины пшеницы в Нижнем Поволжье и структура её популяции. «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке». –СПб, 2013. – С.127-129.
- **Маркелова Т.С., Нарышкина Е.А.** Скрининг мировой коллекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. – СПб, 2013. – С.422-423.
- **Мауиев А.А.** Устойчивость сортов, видов пшеницы к мучнистой росе и расовый состав возбудителя в условиях Алма-Атинской области. Автореф. канд. дисс. – Ташкент, 1981. – 17 с.
- **Мединец О.Э.** Экологические предпосылки эпифитотии бурой ржавчины пшеницы // Защита и карантин растений. – 2014, №7. – С.12-15.
- Методические указания по составлению прогнозов желтой ржавчины и защите посевов озимой пшеницы. – М.: «Колос», 1981. – 29 с.
- Методические указания по составлению прогнозов стеблевой ржавчины пшеницы. – М.: «Колос», 1982. – 40 с.
- Методы оценки селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. (Под редакцией Г.В. Пыжиковой) – М. ВАСХНИЛ, 1989. – 42 с.
- Микроорганизмы возбудителей – болезней растений (под редакцией В.И. Билай). – Киев: «Наукова думка», 1988. – 550 с.

- **Минкевич И.И., Захарова Т. И.** Использование качественных характеристик погоды для долгосрочного прогноза бурой ржавчины озимой пшеницы // Микология и фитопатология. 1987. Т.21. Вып. 1. – С.56-58.
- **Минкевич И.И., Филиппова Т.Н.** Биоэкологический долгосрочный прогноз пыльной головки в Западной Сибири. // Микология и фитопатология. – 1976. – Т.13. Вып. 3. – С.202-206.
- **Митрофанова О.П.** Изучение, сохранение и использование генетических ресурсов растений. – Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Т.164. – СПб, 2007. – С.63-77.
- **Михайлина Н.И.** О распространении «черного зародыша» семян яровой пшеницы и его возбудителя в Саратовской области // Сборник науч.-техн. информации. – Вып.7. – Саратов, 1973. – С.39-42.
- **Михайлина Н.И.** Влияние различных звеньев севооборотов на зараженность почвы и развитие корневой гнили яровой пшеницы. – Пути интенсификации использования земель в Поволжье. – Саратов, 1981. – С.71-77.
- **Михайлова Л.А.** Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине Типы устойчивости растений к болезням. – СПб, 2003. С.45-61.
- **Михайлова Л.А., Коваленко Н.М., Гоголева С.Г.** Особенности взаимоотношений патогенов и растение-хозяина в патосистемах *Pyrenophora tritici – repentis – Triticum Cochlibolus sativus – Triticum*. Фитосанитарное оздоровление экосистем. – СПб, 2005. – С.515-518.
- **Михайлова Л.А., Афанасенко О.С.** Применение отсеченных листьев в исследованиях устойчивости злаков к болезням // Микология и фитопатология. – Т.39. Вып. 6. – 2005. – С.100-107.
- **Милащенко Н.З., Добровольский Г.В., Орлов Д.С. и др.** Агроэкологический мониторинг в интенсивном земледелии // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1988. №7. – С.9-17.
- **Минкевич И.И., Филиппова Т.Н.** Биоэкологический долгосрочный прогноз пыльной головки яровой пшеницы в Западной Сибири // Микология и фитопатология.– Т.13. Вып. 3., 1976. – С.202-206.

- **Минкевич И.И., Захарова Т.И.** Использование качественных характеристик для долгосрочного сезонного прогноза бурой ржавчины озимой пшеницы // Микология и фитопатология. – 1987. Т. 21. Вып. 1. – С.56-58.
- **Мостовой В.А.** Развитие возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы (*P. graminis Pers.f.sp. tritici* Erikss.et Henn.) в Средней Азии. – Автореф. канд. дисс. – М., 1975. – 21 с.
- **Мостовой В.А., Бережнова Г.И.** Уредоспоры возбудителей ржавчины злаковых в атмосферных осадках // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1985, №11. – С.43-45.
- **Мостовой В.А., Хитрова А.П.** и др. Содержание спор возбудителя бурой ржавчины в облачных системах и атмосферных осадках // Микология и фитопатология. – Т.22. Вып. I., 1988. – С.75-77.
- **Мохова Л.М., Беспалова Л.А., Аблова И.Б., Бойко А.П.** Разработка и обоснование модели устойчивого к септориозу сорта озимой пшеницы. – Агротехнический метод защиты растений. – Красноярск, 2011. – С.370-375.
- **Муталиева К.Ш., Илюхин Г.П.** Карликовая головня озимой пшеницы и меры борьбы с ней // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1973. №4. – С.26-28.
- **Муромцев Г.С., Черняева И.И.** Использование микробиологических факторов для защиты растений от корневых инфекций // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1988. №7. – С.29-34.
- **Назарова Л.Н., Корнеева П.Г., Жохова Т.П., Санин С.С.** Эпидемиологическая ситуация по септориозу на пшенице // Защита и карантин растений. – 2010, №10. – С.18-19.
- **Наумова Н.А.** Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – Л.: «Колос», 1970. 207 с.
- **Немченко В.В., Рыбина Л.Д., Кунгурцева Л.Д и др.** Современные методы и средства защиты растений, технологии их применение. – Научное наследие Т.С. Мальцева в развитии современных ресурсосберегающих технологии. – Курган, 2005. – С.172-220.

- **Немченко В.В.** Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях. – Картамыш, 2011. – 524 с.
- **Нестеров В.С., Нагонейка В.А.** Математические методы в защите растений // Защита растений. 1989. №5. – С.16-17.
- **Новожилов К.В., Буров В.Н., Долженко В.И. и др.** Химический метод в фитосанитарном оздоровлении растениеводства. – Фитосанитарное оздоровление экосистем. Материалы второго Всероссийского Съезда по защите растений. – Т. 2.– Спб. 2005. – С.245-247.
- **Нурмуратов Т.Н., Евдокимов Н.Я., Койшыбаев М. и др.** Система защиты зерновых культур от вредителей болезней и сорняков в Северном Казахстане (рекомендации). – Алма-Ата, 1984. – 36 с.
- **Одинцова И.Г., Шеломова Л.Ф., Аманов А.А., Пеуша Х.О.** Связь между популяциями возбудителя бурой ржавчины пшеницы на территории СССР и ее значение для селекции // Защита растений. – 1989. №3. – С.13-18.
- **Одинцова И.Г., Смирнова Л.А. и др.** Идентификация генов устойчивости пшеницы к ржавчинным заболеваниям (Методические указания). – Л.: ВИР, 1986. – 32 с.
- **Орынбаев С.** «Черный зародыш» пшеницы в Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1968. №11. – С.93-9.
- **Плахотник В.В.** Возможность перезимовки уредоспор линейной ржавчины пшеницы в северных областях Казахской ССР. – Ржавчина хлебных злаков. – М.: «Колос», 1975. – С.107-110.
- **Плахотник В.В.** Влияние основной обработки почвы на развитие корневой гнили яровой пшеницы. // Науч-техн. бюлл. –Новосибирск, 1974. – С.56-61.
- **Плахотник В.В.** Биологические особенности эцидиальной стадии стеблевой ржавчины на барбарисе. – Селекция, семеноводство и агротехника полевых культур. – Целиноград: ВНИИЗХ, 1974.
- **Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В.** Иммуногенетические особенности действия гена устойчивости пшеницы к бурой ржавчине. Фенотипическое проявление // Микология и фитопатология. – Т.47. Вып., 1. 2013. – С.56-59.

- **Попов Ю.В.** Корневая гниль яровой пшеницы в Кустанайской области // Микология и фитопатология. – 1982, Т.16. Вып. 3. – С.263-266.
- **Порсев И.Н., Торопова Е.Ю.** Агроприемы, оптимизирующие фитосанитарное состояние яровой пшеницы // Защита и карантин растений. – 2012, №8. – С.23-24.
- **Постникова Е.Н.** Желтая пятнистость листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis*) в Узбекистане // Автореф. канд. дисс. – Ташкент, 1999. – 19 с.
- **Полывяный А.М., Немцов В.А., Чумаков А.Е.** Влияние способов обработки почвы на вредоносность темно-бурой пятнистости ячменя и корневой гнили пшеницы. – Экологические аспекты вредоносности болезней зерновых культур. – Л.: ВИЗР, 1987. – С.17-21.
- **Приходько Л.Ф.** Пораженность василистника возбудителем бурой ржавчины пшеницы // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1981, №9. – С.37-39.
- **Пыжикова Г.В.** О некоторых особенностях развития основных возбудителей септориоза пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – С.69-71.
- **Пыжикова Г.В., Санина А.А.** Септориоз зерновых культур // Защита растений. – 1987, №3. – С.15-17.
- **Пушкарева В.М.** Системные препараты в борьбе с пыльной головней пшеницы и видами головки ячменя. – Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстане. – Алма-Ата: ВО ВАСХНИЛ, 1982. – С.116-125.
- **Рассел Г.Э.** Селекция растений на устойчивость к вредителям и болезням. – М.: «Колос», 1982. – 421 с.
- **Раджарам С.** Актуальная традиционная селекция // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – 2003, №3. – С.7-13.
- **Рсалиев С.Ш.** Иммунологические основы дифференциации и использования возбудителей ржавчины пшеницы в селекции. Автореф. докт. дисс. – Алматы, 2010. – 44 с.

- **Рсалиев А.С., Рсалиев Ш.С., Кохметова А.М.** Изучение сортов-ловушек расы стеблевой ржавчины в Казахстане. – Достижения и перспективы земледелия, селекции и биологии сельскохозяйственных культур. – Алмалыбак, 2010. – С.218-222.
- **Саблина Ю.Р., Колесникова Л.Е., Власова, Э.А., Фунгаикова Е.Ю.** Развитие возбудителя бурой ржавчины пшеницы на изогенных линиях сорта *Thatcher*. Материалы второго Всероссийского Съезда по защите растений. – СПб, 2005. – С.457-460.
- **Санин С.С., Пыжикова Г.В. и др.** Компьютерные системы управления защиты пшеницы от бурой ржавчины и септориоза. – Экологические (эпифитотиологические) основы защиты растений от болезней. – Новосибирск, 1990. – С.4-7.
- **Санин С.С.** Проблемы фитопатологии и направления исследований в XXI веке. – Материалы второго Всероссийского Съезда по защите растений. – СПб. 2005. – С.457-460.
- **Санин С.С.** Защита пшеницы от бурой ржавчины. – М, 2007. – 24 с.
- **Санин С.С. и др.** Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991-2008) Аналитический обзор // Защита и карантин растений. – 2010, №2. – С.70-87.
- **Санин С.С., Жохова Т. П.** Влияние болезней и средств защиты растений на качество зерна пшеницы // Защита и карантин растений. – 2012, №11. – С.16-20.
- **Санин С.С.** Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. – 2013, №12. – С.3-9.
- **Семенова Г.Н., Широков А. И., Чмут Л. Я.** Изучение сортообразцов яровой пшеницы мировой коллекции на устойчивость к мучнистой росе. – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1985. – С.17-22.
- **Слободчиков А.А.** Оценка пораженности болезнями среднеспелых сортов яровой пшеницы сибирской селекции. – Агротехнический метод защиты растений. – Краснодар, 2011. – С.116-120.
- **Смурова С.Г.** Новые источники и доноры устойчивости пшеницы к *Cochliobolus sativus* Drechs. et Dast. Автореф. канд. дисс. – СПб, 2008. – 23 с.

- **Смирнова И.Э., Саубенова М.Г., Койшыбаев М. и другие.** Способ биологической защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенных грибов. Авторское свидетельство. Бюлл. №12. – 2006. – 5 с.
- **Снэйп Дж., Фиш Л., Лидер Д., Бредбери А.** Вклад генетики и геномики в улучшении качества пшеницы // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – Алматы, 2003, №3. – С.42-44.
- **Сочалова Л.П., Лихенко И.Е.** Генетическая устойчивость сортов яровой пшеницы к облигатно-аэрогенным заболеваниям в условиях лесостепи Приобья. – Новосибирск, 2011. – 27 с.
- **Степанов К.** Разработка параметров сезонного прогноза бурой ржавчины пшеницы по метеопатологическому принципу на ЭВМ: «Наири». – Научные труды ВАСХНИЛ, 1975. – С.45-51.
- **Стрижекозин Ю.А., Пыжикова Г.В.** Математические модели развития и вредоносности септориоза и бурой ржавчины пшеницы // Доклады РАСХН. 2001. №4. – С.16-19.
- **Стрижекозин Ю.А., Санин С.С.** Модельные оценки вредоносности болезней зерновых культур // Защита и карантин растений. – 2003, №4. – С.48-49.
- **Судникова В.П., Плахотник В.В., Артемьева С.В.** Распространение видов возбудителей септориоза на зерновых культурах в ЦЧЗ. Фитосанитарное оздоровление экосистемам. – СПб, 2005. – С.107-109.
- **Тепляков Б.И.** Изменение вредоносности обыкновенной гнили под воздействием фосфорного удобрения при различной зараженности почвы *Helminthosporium sativum* P. K. et B. // Науч.-техн. бюлл. СибНИИХИМ. Вып. 19. – Новосибирск, 1977. – С.22-31.
- **Торопова Е.Ю.** Влияние низкой влагообеспеченности растений на эффективность протравливания семян яровой пшеницы от корневых гнилей. – Энерго и ресурсосбережение в земледелии аридных территорий. – Барнаул, 2000. – С.196-201.
- **Торопова Е. Ю., Чулкина В. А., Стецов Г. Я., Павлова О. И.** Эпифитотииологические основы эффективного применения фунгицидов в Сибири // Защита и карантин растений, 2009. №4. С.20-23.

- **Турапин В.П.** Резерваторы стеблевой ржавчины пшеницы в Северо-Казахстанской области. – Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков. – Алма-Ата: «Кайнар», 1973. – С.172-176.
- **Турапин В.П.** Системные фунгициды против стеблевой ржавчины пшеницы на севере Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1976, №1. – С.35-38.
- **Турапин В.П.** Стеблевая ржавчина пшеницы в Казахстане и особенности мер борьбы с ней. – Алма-Ата: КазНИНТИ, 1986. – 20 с.
- **Турапин В.П., Койшыбаев М., Юсупова Г.М.** Эффективность фунгицидов в борьбе с наиболее опасными болезнями пшеницы в Северном Казахстане. – Защита сельскохозяйственных культур при интенсивных технологиях. – Алма-Ата, 1988. – С.25-37.
- **Турапин В.П., Мостовой В.А.** Ржавчинные болезни зерновых культур в республике Казахстан и борьба с ними. – Алматы, 1995. – 141 с.
- **Турсумбаев А.** Биологические особенности возбудителя мучнистой росы пшеницы на юго-востоке Казахстана // Микология и фитопатология. – 1973, Т.7. Вып.1. – С.46-48.
- **Тупеневич С.М.** Корневая гниль и побурение у пшеницы под влиянием *Helminthosporium sativum* P. K. et B. – Сборник трудов Всесоюз. – НИИ защиты растений. Вып.1. М., Л., 1948.
- **Тупеневич С.М., Чумаков А. Е., Кононова Г. А.** Значение фитосанитарии в защите растений от болезней. Труды Всесоюз. НИИ защиты растений. – Л., 1981. – С.12-17.
- **Тютерев С.Л.** Индуцированная устойчивость растений к болезням и перспективы его использования. Фитосанитарное оздоровление экосистем. Материалы второго Всероссийского Съезда по защите растений. – Спб., 2005. Том 1. – С.565-567.
- **Уразалиев Р. А.** Производство пшеницы в странах ЦАР // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – Алматы, 2003. №3. – С.19-26.
- **Уразалиев Р. А., Кохметова А. М., Абсаттарова А. С.** Состояние и перспективы селекции пшеницы в Казахстане. Развитие

ключевых направлений сельскохозяйственной науки в Казахстане: селекция, биотехнология, генетические ресурсы. – Алматы, 2004. – С.17-23.

- **Уразалиев Р.А., Есимбекова М.А.** Этапы развития селекции озимой пшеницы в Казахстане. Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе. 2-том. – Астана – Шортанды, 2016. – С.61-67.
- **Фадеев Ю.Н.** (под редакцией) Инфекционные фоны в фитопатологии. – М.: «Колос», 1979. – 206 с.
- **Фадеев Ю.Н., Бенкен А.А., Койшыбаев М. и др.** – Защита зерновых культур от корневых гнилей (Рекомендации). – М.: «Агропромиздат», 1986. – 36 с.
- **Хасанов Б.А.** Виды родов *Bipolaris* Shoemaker и *Exserohilum* Leonard et Suggs на злаках и в воздухе в Средней Азии и Казахстане // Микология и фитопатология. – Т.21, Вып. 3. – 1987. – С.215-219.
- **Хасанов Б.А.** Желтая пятнистость листьев злаков, вызываемая *Pyrenophora tritici-repentis* (Died). Drechs. // Микология и фитопатология. – Т.22. Вып. 1.– 1988. – С.78-82.
- **Хасанов Б.А., Мостовой В.А., Выприцкая А.А.** Болезни яровой пшеницы в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1990, №11. – С.37-42.
- **Хасанов Б.А.** Определитель грибов-возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera* и *Exserohilum*. – Ташкент: ФАН, 1992. – 242 с.
- **Хацкевич Л.К., Бенкен А.А.** Роль агроэкологических факторов в ограничении почвенной инфекции обыкновенной корневой гнили пшеницы. – Экологические аспекты вредоносности болезней зерновых культур. – Л., 1987. – С.27-33.
- **Хохлачева В.Е., Моргунов А.И. и др.** Желтая ржавчина пшеницы в Узбекистане и меры борьбы // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – 2000, №1. – С.46-49.
- **Ульянищев В.А.** Определитель головневых грибов СССР. Л.: «Наука», 1968. – 181 с.

- **Худокормова Ж.Н., Беспалова Л.А.** Устойчивость сортов пшеницы к бурой ржавчине в связи с ареалом их распространение. – Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. – Краснодар, 2011. – С.381-386.
- **Чекмарев В.В.** Краткосрочный прогноз развития ржавчинных заболеваний зерновых культур // Защита и карантин растений. – 2014, №7. – С.26-28.
- **Чулкина В.А., Неклюдов А.Ф и др.** Факторы, влияющие на уровень численности конидий *Helminthosporium sativum* P. K. et B. в почве и развитие обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы в севообороте // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1975, №6. – С.69-74.
- **Чулкина В.А., Крицкая В.И.** Развитие обыкновенной гнили яровой пшеницы и ячменя в зависимости от плотности почвы на черноземах Западной Сибири // Науч.-техн. бюлл. СибНИИХИМ. – Вып.19. – Новосибирск, 1977. – С.31-35.
- **Чулкина В. А.** Интегрированная защита яровой пшеницы и ячменя от обыкновенной гнили в Западной Сибири // Науч.-техн.бюлл. СибНИИХИМ. – Вып.19. – Новосибирск, 1977. – С.3-13.
- **Чулкина В.А., Ашмарина Л.Ф., Коломникова В.И. и др.** Защита зерновых культур от инфекционных заболеваний. – Новосибирск, 1981. – 118 с.
- **Чулкина В.А., Павлова О.И.** Обоснование порога вредоносности обыкновенной (корневой) гнили яровой пшеницы на разных типах почв Западной Сибири. – Эпифитотиология инфекционных болезней растений. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1987. – С.3-9.
- **Чулкина В.А.** Современная эпифитотиология: эволюционно-экологические и практические аспекты. – Экологические (эпифитотологические) основы защиты растений от болезней. – Новосибирск, 1990. – С.5-6.
- **Чулкина В.А., Торопова Е.Ю.** Стрессовое действие засухи на яровую пшеницу при разной заселенности почв возбудителем корневых гнилей – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. – Энерго и ресурсосбережение в земледелии аридных территорий. – Барнаул, 2000. – С.225-230.

- **Чумаков А.Е. и др.** Основные методы фитопатологических исследований. – М.: «Колос», 1974. – 189 с.
- **Чумаков А. Е.** Перспективы долгосрочного прогноза грибных болезней растений // Микология и фитопатология. – 1976, Т.10. Вып.5. – С.402-406.
- **Чуприна В.П., Соколов М.С., Анпилогова Л.К. и др.** Защита посевов пшеницы от желтой ржавчины с учетом эпифитотиологических и биотрофных особенностей *Puccinia striiformis* // Агрохимия. – 1999. №7. С.81-95.
- **Чумаевская М.А., Городилова Л.М.** Бактериальные болезни сельскохозяйственных растений в Целиноградской области. – Селекция и растениеводство. – Шортанды: ВНИИЗХ, 1974. – С.86-93.
- **Шаманин В.П., Моргунов А.И., Манес Я., Зеленский Ю.И. и другие.** Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы, устойчивого к местной популяции и вирулентной расе стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана. – «Достижения и перспективы земледелия, селекции и биологии сельскохозяйственных культур». – Алмалыбак, 2010. – С.317-319.
- **Шаварина З.А.** Желтая ржавчина пшеницы (*Puccinia striiformis* West.) в республиках Средней Азии и Южном Казахстане. – Автореф. канд. дисс. – Ташкент, 1978. – 23 с.
- **Школьник М. Я.** Микроэлементы и изучение сущности жизненных процессов. – Труды Алтайского сельскохозяйственного института. – 1966. – вып. 9.
- **Шпаар Д.** Устойчивость растений // Защита растений.– 1994, №6. – С.10-11.
- **Шпаар Д.** Программа минимизации использования химических средств защиты растений. // Защита и карантин растений. – 2005, №5. – С.15-16.
- **Шуровенков О.Ю., Попов Ю. В., Попова О. В., Рукин В. Ф.** Защита зерновых культур на основе фитосанитарной оценки // Защита и карантин растений. – 1998, №10. – С.13-15.

- **Эльчибаев А.А.** Возобновление бурой ржавчины на пшенице в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1972, №11. – С.108-110.
- **Эльчибаев А.А.** Особенности проявления бурой ржавчины пшеницы в Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1975, №5. – С.117-119.
- **Absattarova A., Baboyev S. Bulatova K., Karabayev M., Koishibaev M., Kochmetova A.** et all. Improvement of Yellow rust Resistance in Kazakhstan Uzbekistan trough subregional Cooperation. – Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops. – p.34-42.
- **Adhicary T.B. Goodvin S.B.** Molecular markers linked to genes for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat. USDA. Purdue University. – 2000. – 4 p.
- **Bacony J., Aponyi I, Fishe G.** Diseases caused by *Bipolaris sorokiniana* and *Drechslera tritici repentis* in Hungary. Helminthosporium blights of wheat: Spot blotch and Tan spot. CIMMYT/ ICARDA. Mexico. –1998. – P. 80-85.
- **Bunsal U.** Capturing new genetic variation for rust resistance among the Watkins collection of pre Green Revolution wheats: Discovery to deployment and cloning BGRI Technical Workshop. – Sydney 2015. www.mglobalrust.org.
- **Goodvin S.B. and Cabaletto J.R.** Molecular analysis of a DNA fingerprint probe *Mycosphaerella graminicola*. – *Septoria* and *Stagonospora* diseases of cereals. A compilation of global Research CIMMYT. – Mexico, 1999. – P.23-26.
- **Dzhunusova M., Yachyaoui A., Morghounov A. and Egemberdieva I.** Breeding for resistance to rust diseases of Wheat in Kyrgyzstan Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proccedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust/ 2012/ P/355-359/
- **Duveiller E. and Dubin N.J.** Evaluation of Cropping Systems on the Development of Wheat Pathogens and Research for better Resistance to Foliar Blights: The non – specific foliar wheat pathogens. – P.71-83.

- **Duveiller E., Sharma R. C., Cukadar B, van Ginkel M.** Genetic analyses of field resistance to tan spot in spring wheat Field Grops Research. –2007. – P. 62-67
- **Fernandes M.R., DePauw R.M., Clarke J.M.** et all. Tan spot in Western Canada. *Helminthosporium* Blights of Wheat. Spot blotch and Tan Spot. CIMMYT/ USI. BADG Mexico. – 1998 – P.73-78.
- **Fsanc L.** Components of the Tan spot Disease Cycle. *Helminthosporium* leaf blights spot blotch and tan spot. CIMMYT. – Mexico 1998.– P.73-78.
- **Franco J. Dubeiller E. Crossa J. and Garcia I.** New approach for clustering breeding genotypes using production variables yield losses and double – digit diseases scale. *Helminthosporium* blights of Wheat: Spot blotch and Tan Spot. CIMMYT. Mexico. – 1998.– P.206-210.
- **Gilchrist L., Saavedra L., Fuentes-Davila G., Martines-Cano C.** Practical Guide to the identification of selection diseases of wheat and barley. – Mexico: CIMMYT, 1997. – 63 p.
- **Ginkel M and Rajaram S.** Breeding for resistance to spot blotch in wheat: Global perspective. *Helminthosporium* blights of Wheat: Spot blotch and Tan Spot. CIMMYT. – Mexico, 1998. – P.162-163.
- **Hodson D. and Howmoller M.** Global cereal rust surveillance and monitoring. // Fourth Regional Yellow Rust Conference for Central and West Asia and North Africa. – 2009. – P.5-6.
- **Hodson D.** A decade of stem rust surveillance: «How far have we come and where are we going» BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org.
- **Jochi L.M., Singh D.V. and Srivastava K.D.** Current Techniques in Wheat pathology New Delhi. – 1982. –116 p.
- **Khalykulov Z., Ziaev Z., Amanov A., Alikuliv S. and Sharma R. S.** Study of selected wheatenetic resources for Yellow rust resistance in Uzbekistan Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proccedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P. 326-329.

- **Kema G.H.J. and H. van Silfhout.** Genetic variation for virulence and resistance in the wheat *Mycosperella graminicola* pathosystem 111. Comparative seedling and adult plant experiments // *Phytopathology* 1997. Vol. 87. №3. – P. 266-270.
- **Kochmetova A., Chen X.M., Morghounov A., Yesymbekova M., Koyshibayev M., Zhunusova M.K. Rsaliev S. and Alshoras A.** Improvement of Yellow rust resistance of wheat under multi-locational trials in Central Asia. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P. 171-182.
- **Kochmetova A. and Rsaliev Sh.** Identification of wheat germplasm with effective yellow rust resistance genes. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.214-215.
- **Koishybayev M. and Kyрманov M.D.** Influence of weather condition to Yellow rust in Central Asia Third Regional Conference for Central West Asia and North Africa. – Tashkent, 2006. – P.19-20.
- **Koishybayev M.** Spread Peculiarities of Stripe rust in Kazakhstan and effective Yr genes for it breeding. 2nd International Wheat Stripe Rust Symposium Turkey. – Izmir, 2014.
- **Koishybayev M. and Yesimbekova M.A.** Yellow rust development features in south and south – east Kazakhstan yellow rust resistance of winter wheats carrying Yr genes. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.408-410.
- **Jochi L.M., Singh D.V. and Srivastava K.D.** Current techniques in wheat pathology. – New Delhi, 1982. – 110 p.
- **James Ch. L. and Brown K. M.** Sources of resistance to *Septoria tritici* blotch and implications for Wheat breeding. Global insights into to *Septoria* and *Stagonospora* diseases of Cereals. 2003. P. 131 – 140
- **Lamary L., Balance G. M., Cvolara N. P. and Kowatsch R.** In plant production and antibody neutralization of the Ptr necrosis toxin from *Phyrenophora tritici – repentis* // *Phytopathology*. Vol. 85 1995. P. 333-338.

- **Lamary L., Strelkov S.E., Yachyaoui, Koyshibayev M.** Virulence of *Phyrenophora tritici –repentis* in the countries of the Silk road // Canadian journal Plant Pathology. Vol. 27. 2005. – P.383-388.
- **Ledingham R.I. and Chinn S.H.** A flotation method for obtaining spores of *Helminthosporium sativum* from soil // Canad.. Journ. Botany. –1955, V.33. – №4.
- **Loughman R., Wilson R.E., Roake J.E., Platz G.J., Rees R.G. and Elisson F.W.** Crop management and breeding control of *Pyrenophora tritici –repentis* causing Yellow spot of wheat in Australia Helminthosporium blights of Wheat: Spot blotch and Tan Spot. CIM-MYT. – Mexico, 1998. – P.10-18.
- **Mamluk O. F. and van Slageren M. W.** Resistance to common bunt yellow rust leaf rust and *Septoria tritici* blotch in wild einkorn and wild emmer Wheat // Phytopath. medit. 1993. №32. – P.14-19.
- **McIntosh R.** BGRI 2015: «How far have we come?». BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org
- **Mgeladse L., Sichaulidse Z. and Krichia I.** Genetic structure of wheat stem rust. Proceedings of the Institute of Plant Immunity. V.2. 2009. – P.45-47.
- **Medini M., Hamsa S., Harrabi M. and Lamary L.** Virulence of *Mycosphaella graminicola* from Tunisia, Algeria and Canada. Global insights into the *Septoria* and *Stagonospora* diseases of Cereals. – 2003. – P.41-45.
- **Mayer M.** Quantification of atmospheric dispersion and identification of likely airborne transmission routes of emerging strains of wheat stem rust. BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org
- **Milus G.** Tree principles for more informative virulence surveys of cereal rusts. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org
- **Morghounov A., Rosseva L. and Koyshibayev M.** Leaf rust of spring Wheat in Northern Kazakhstan and Siberia incidence virulence and breeding for resistance // Australian journal of Agricultural Research. – T.58, 2007. – P. 847-853.

- **Nazary K., Wellings C.R. and Park R.** Characterization of resistance to wheat rusts in Central Asian and Caucasus wheat cultivars Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. – 2012. – P.214-215.
- **Natsarishvili K. and Sicharulidse Z.** Virulence structure of stripe rust of wheat/ Georgia Proceedings of the Institute of Plant Immunity. V.2. –2009. – P.30-43.
- **Newcombe M.** New variants in the Ug99 group found in Kenya in 2013 and 2014 BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org.
- **Ozorio L.A., Corsia I.A., Lopez F.F., Duveiler E.** Improving control of Tan spot caused by *Phyrenophora tritici repentis* in the Mixteca Alta of Oaxaca. Helminthosporium blights of Wheat: *Spot bloch* and *Tan spot*. – Mexico: CIMMYT-UCL, 1997. – P142-145
- **Park R.** Durable rust resistance: from gene, to paddock continent and beyond BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org.
- **Patpour M.** Detection of significant new races of the wheat stem rust pathogen in Africa and Europe. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org.
- **Postnikova E. N. and Khasanov B.A.** Tan spot in Central Asia. – Helminthosporium blights of Wheat: Spot bloch and Tan spot. Mexico: CIMMYT-UCL, 1997. – P.107-114.
- **Prescott J. M., Burnett P. A., Saari E. E. et al.** Wheat Diseases and Pests. – Mexico: CIMMYT, 1986. – 135 p.
- **Rahmatov M., Eshonova Z., Ibragimov A., Otumbekova M. et al.** Monitoring and evolution of Yellow rust for breeding resistant varieties of Wheat in Tajikistan. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops. – ICARDA/2012. – P318-325.
- **Rashmi Bansal, Sinhg D.V., Joshi L. M.** Effect of Karnal bunt on weight and viability of wheat seed // Indian journal Agricultural Science. Vol.54. 198. – P. 683-685.
- **Riaz A.** Phenotyping adult plant resistance to leaf rust in wheat under accelerated growth conditions BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org.

- **Rutkovsky J.** Implications of new technologies for durability. BGRI Technical Workshop. Sydney 2015. www.mglobalrust.org.
- **Saari E. E.** Leaf blight diseases and associational Soil borne Fungal pathogens of Wheat in South Southeast Asia. Helminthosporium Blights of Wheat. Spot blotch and Tan Spot. CIMMYT/ USI. BADG. Mexico 1998. – P.37-51.
- **Sicharulidse Z., Aptsiauri N. and Natsarishvili K.** Virulence of wheat leaf rust/ Proceedings of the Institute of Plant Immunity. V.2. 2009. – P. 34-38.
- **Singh R.** Breeding durable adult plant resistance to stem rust in spring wheat: Progress made in a decade since the launch of the Borlaug Global Rust Initiative. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org
- **Sharma R. C., Amanov A., Khalikulov Z., Martius C., Ziaev Z. and Alykulov S.** Wheat yellow rust in Uzbekistan in 2009 Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.262-267.
- **Shahin A.** Detection of Ug99 (TTKSK) race of stem rusts fungus in Egypt. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org
- **Sachauen A.L.** Biology of the Septoria Stagonospora pathogenes. An overview Septoria and Stagonospora diseases of Cereals. A Compiation of Global Research CIMMYT 1999. – P.19-22.
- **Sinhg D.V., Stivastava K.D. and Joshi L.M.** Occurrence and spread of Karnal bunt of Wheat in India // Indian Phytopathology. Vol 33, No2, 1980. – P. 249-254.
- **Strelkov S.E. and Lamary L.** Host-parasite interaction in tan spot (*Phyrenophora tritici-repentis*) of Wheat // Canadian J. plant pathology. 2003. Vol. 25. – P. 339-349.
- **Sorensen C.K.** Segregation for aggressiveness in sexual offspring of the yellow rust pathogen *Puccinia striiformis*. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org

- **Turakulov Kh.S. and Baboev S.K.** New approaches in traditional resistance breeding Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.313-318.
- **Volkova G.** Stripe yellow rust distribution harmfulness population structure in the north Caucasus region of Russia Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd, 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.221-222.
- **Walmsley T.** Australian wheat breeding Trends, Traps and rainbows. BGRI Technical Workshop. Sydney, 2015. www.mglobalrust.org
- **Yahyaoui A., Hacim M.S., Nazari K., Toraby M. and Wellings C. R.** Yellow (Stripe) rust (*Puccinia striiformis f. sp tritici*) in Central and Western Asia Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops. – P. 69-78.
- **Yahyaoui A., Ketata H., Torabi M., Morghounov A., Braun H., Mosaad M., Djumakanov B. and Koyshibayev M.** Cereal rust monitoring in Central and West Asia and North Africa current status and future challenges. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. – P.155-171.
- **Yahyaoui A., Abdalla O., Mosaad M., Saidov M., Morgounov A., Koyshibayev M., Djhunusova M. K., Torabi M., Cetin L. and Ketata H.** Occurrence of stripe rust and effectiveness of resistance genes in the Caucasus Western and Central Asia. P. 209-210.
- **Yahyaoui A. Ketata H., Torabi M., Abdalla O., Mosaad M., Morgounov A., Naimi M., Achmed M. A., Yajorka and Djumakanov B.** Identification of effective and durable resistance to yellow rust in spring and facultative winter wheats. Meeting the Challenge of Yellow Rust in Cereal Crops Proceedings of the 2nd 3rd and 4th Regional Conferences on Yellow Rust. 2012. P.253-262.
- **Yahyaoui A., Osman A. and Moussa M.** Identification of effective and durable resistance to yellow rust in spring and facultative winter Wheats. || Agromeridian. 2006 – P.5-9.

- **Zhang X. Haley S.D. and Jin Y.** Repeatability of tan spot resistance evaluation in wheat Helminthosporium Blights of Wheat. Spot blotch and Tan Spot. CIMMYT/ USI. BADG. Mexico, 1998. – P. 202-206.
- **Zilinsky F. G.** Common Diseases of Small Grain Cereals // CIMMYT Mexico. 1983 – 141 p.
- **Wilcovson R. D. and Saari E. E.** Bunt and Smut Diseases of wheat Concepts and methods of disease Management. Mexico: CIMMYT, 1996. – 66 p.

БОЛЕЗНИ ПШЕНИЦЫ

Мурат Койшыбаев

Технические редакторы:
Татьяна Семенова, Омурбек Мамбетов

Верстка и дизайн:
Тимур Мадibaев
(tim.madibaev@gmail.com)

Подписано в печать: 15.02.2018 г.

Формат: B5 (176x250)

Бумага: офсетная,

Гарнитура: «Myriad Pro».

Печать офсетная. Тираж 500 экз.

Заказ №025-2017





ISBN 978-92-5-130142-5



9 789251 301425

I8388RU/1/01.18