

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Тюменский государственный университет»

На правах рукописи

Земцова Елена Сергеевна

ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
(*TRITICUM AESTIVUM* L.) ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ В
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
Боме Нина Анатольевна
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Тюмень – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ ВОПРОСОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	11
1.1. Производство пшеницы в Тюменской области.....	11
1.2. Агроклиматические условия Тюменской области и их влияние на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы.....	16
1.3. Роль сорта в повышении продуктивности и качества зерна яровой пшеницы.....	27
1.4. Болезни пшеницы. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в Тюменской области. Сортная устойчивость к болезням.....	33
1.5. Фитопатологические исследования семян пшеницы на заражённость болезнями.....	53
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ПОЧВЕННО- КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	58
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	72
3.1. Анализ структуры урожая и качества зерна яровой пшеницы в условиях таёжной агроэкологической зоны Тюменской области.....	72
3.2. Иммунологическая оценка генотипов яровой мягкой пшеницы на естественном (листочечковые болезни) и искусственном (фузариоз колоса) инфекционных фонах	87
3.3. Анализ микрофлоры семян пшеницы, выращенной в разных агроэкологических зонах Тюменской области.....	107
3.4. Сравнительная характеристика сортов яровой пшеницы по комплексу признаков устойчивости к болезням, продуктивности и качества зерна.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	119
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	122

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ А Иллюстративный материал и таблицы к главам 1 и 2.....	156
ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты статистического анализа экспериментальных данных.....	165
ПРИЛОЖЕНИЕ С Справки о внедрении результатов исследования.....	186

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Яровая пшеница – основная продовольственная культура в Тюменской области [50]. Её посевная площадь составляет около 400 тыс. га (44 % от всех посевов, или 62 % от посевов зерновых культур), среднемноголетняя урожайность находится на уровне 20 ц/га [23]. 60–70 % зернового клина занято сортами местной селекции [163]. Посевы располагаются в четырёх почвенно-климатических зонах: тайги, подтайги, северной и южной лесостепи низменности. Лимитирующими факторами возделывания пшеницы в регионе являются дефицит влаги в раннелетний период, избыточное увлажнение и недостаток тепла во второй половине вегетационного периода, ранние августовские заморозки, повреждающие недозревшее зерно в колосе [159]. Характерно широкое варьирование метеорологических показателей по годам – разница температуры воздуха между вегетационными периодами с пониженным и повышенным температурным режимом составляет 4–5 °С, по количеству осадков влажные и засушливые годы отличаются в 2–5 раз. В соответствие с мировыми тенденциями отмечается потепление климата в регионе [136]. Экстремальные погодные условия земледельческих зон Тюменской области оказывают большое влияние на вариабельность урожайности и качества зерна по годам [67]. Средняя областная урожайность яровой мягкой пшеницы варьирует по годам от 16 до 27 ц/га (2000–2024 гг.) [23]. В стабилизации урожайности важная роль отводится созданию и возделыванию сортов, хорошо адаптированных к конкретным условиям почвенно-климатических зон, сочетающих высокую продуктивность с экологической устойчивостью [15, 88, 136, 177, 197, 223].

Во влажных и тёплых условиях часто возникают эпифитотии основных патогенов, приводящие к потерям урожая. Самыми распространёнными болезнями на посевах зерновых культур Тюменской области являются бурая ржавчина, септориоз, гельминтоспориоз, мучнистая роса, корневые гнили [68, 141–145, 190, 204]. Широкое распространение получил фузариоз колоса, вредоносность которого проявляется не только в уменьшении урожая, но и в контаминации зерна

токсичными метаболитами патогена. Известны случаи выявления опасных концентраций фузариотоксинов в партиях продовольственного зерна из Тюменской области [129]. По данным сотрудников ВИЗР грибы р. *Fusarium* выявлялись во всех образцах зерна из Тюменской области (2017–2018 гг.), диапазон заражённости составлял 10–30 %, в образцах пшеницы доминировали виды *F. sporotrichioides* и *F. avenaceum* [162]. Наиболее экологичным и эффективным приёмом защиты растений является создание и возделывание устойчивых к болезням сортов. Характеристика генетического разнообразия зерновых культур по устойчивости к фузариозу – чрезвычайно востребованная селекционерами и мировым научным сообществом информация. Оценка устойчивости сортов к фузариозу колоса проводится на основании различных параметров: распространённость болезни, развитие симптомов на колосе, содержание фузариозных зёрен (макроскопический метод), заражённость зерна (микологический анализ), содержание ДНК грибов, количество микотоксинов в зерне, снижение продуктивности инокулированных растений по отношению к контролю. Иммунологическая оценка селекционного материала в условиях естественного развития болезни имеет важное значение, особенно в эпифитотийные годы, но контроль в условиях искусственного инфекционного фона является базисным [126]. Испытания при искусственном заражении растений позволяют выявить генотипы с потенциальной и стабильной устойчивостью и ускорить получение новых устойчивых сортов.

Степень разработанности темы исследования. Теоретической и методологической базой при написании данной работы послужили труды отечественных и зарубежных исследователей, посвящённые особенностям формирования урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в почвенно-климатических условиях Тюменской области (Логинов Ю. П., Новохатин В. В., Боме Н. А., Иваненко А. С., Сапега В. А., Казак А. А., Белкина Р. И. и др.), современным проблемам фитосанитарного состояния агроценозов яровой пшеницы (Санин С. С., Чулкина В. А., Ганнибал Ф. Б., Гагкаева Т. Ю., Торопова Е. Ю., Левитин М. М., Тоболова Г. В. и др.), созданию искусственных инфекционных

фонов и оценки фузариозоустойчивости пшеницы (Билай В. И., Аблова И. Б., Гагкаева Т. Ю., Miralles D., Mesterházy Á., Schroeder H. W. и др.).

Цель исследования – оценка сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по устойчивости к фузариозу колоса и листовостебельным болезням во взаимосвязи с продуктивностью в агроклиматических условиях Тюменской области.

Задачи исследования:

1. Изучить изменчивость элементов структуры урожая яровой мягкой пшеницы в зависимости от генотипа и метеорологических факторов таёжной агроклиматической зоны Тюменской области.

2. Оценить сорта яровой пшеницы по степени поражения растений листовыми болезнями (бурая ржавчина, мучнистая роса, пятнистости листьев) в естественных полевых условиях.

3. Исследовать устойчивость сортов яровой пшеницы к фузариозу колоса на искусственном инфекционном фоне. Выявить взаимосвязи фузариовосприимчивости с морфологическими признаками, показателями качества зерна и продолжительностью вегетационного периода.

4. Провести анализ микрофлоры семян пшеницы, выращенной в разных агроклиматических условиях Тюменской области, определить зональные и сортовые различия по заражённости болезнями.

5. По результатам иммунологической оценки выявить сорта, сочетающие устойчивость к болезням с высокой продуктивностью и качеством зерна.

Научная новизна работы. Впервые проведено испытание районированных и перспективных в Тюменской области сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к фузариозу колоса в условиях искусственного инфекционного фона; выявлена тесная прямая связь фузариовосприимчивости с продолжительностью вегетационного периода. Получены качественно новые данные по устойчивости изученного материала к листовостебельным болезням при естественном заражении. Представлены новые сведения об особенностях формирования патогенной микрофлоры семян пшеницы в разных агроэкологических зонах Тюменской области (на примере государственных сортоиспытательных участков).

Теоретическая значимость. Исследование вносит вклад в совершенствование теоретических основ и методов иммунологической оценки генотипов *Triticum aestivum* L. Показана эффективность искусственного заражения растений для отбора устойчивых к фузариозу сортов. Выявлены взаимосвязи между хозяйственно ценными признаками пшеницы и её устойчивостью к фузариозу колоса. Изучены закономерности формирования признаков продуктивности яровой мягкой пшеницы в различных условиях выращивания. Установлены различия по составу патогенной микобиоты семенного материала разных репродукций с шести государственных сортоиспытательных участков Тюменской области.

Практическая значимость. Представленные экспериментальные данные по изученным сортам яровой мягкой пшеницы используются в селекционном процессе при обосновании подбора исходных форм для создания адаптированных к местным условиям генотипов в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северного Зауралья ТюмНЦ СО РАН (г. Тюмень) и ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева» (Казахстан). Моноспоровые изоляты микромицетов р. *Fusarium*, выявленных в агроэкосистемах Тюменской области, дополнили коллекцию чистых культур фитопатогенных грибов на базе лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР, являющуюся частью Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей. На основе результатов диссертационной работы и оригинальных авторских фотографий (более 250 шт.) опубликовано учебное пособие «Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области», научно-методические материалы которого используются в учебном процессе Тюменского государственного университета, служат руководством при диагностике болезней зерновых культур, оценке их вредоносности и организации защитных мероприятий в крестьянско-фермерском хозяйстве Армизонского района Тюменской области (ИП Глава К(Ф)Х Прокопьев А. А.). Разработка по атласу представлена на заседании Научно-технического совета ТюмГУ и рекомендована Сибирскому отделению РАН для подготовки ежегодного доклада РАН Президенту РФ и в Правительство РФ за 2023 год. Авторы награждены Дипломом лауреата и Литерой регионального

конкурса «Книга года – 2024» (организаторы конкурса – Департамент культуры Тюменской области, содружество библиотек Тюменской области и Тюменская областная научная библиотека им. Д. И. Менделеева).

Методология и методы исследований. Основаны на комплексном подходе и общепризнанных методиках. В исследовании применялись аналитические, экспериментальные (лабораторные и полевые опыты), статистические (математическая обработка полученных данных) методы. В полном объёме методология и методы исследования отражены в главе 2 «Материалы и методы исследования. Почвенно-климатические условия».

Положения, выносимые на защиту.

1. Вариативность признаков продуктивности у сортов яровой мягкой пшеницы по реакции на абиотические факторы окружающей среды в таёжной агроклиматической зоне Тюменской области.

2. Сортовые различия *Triticum aestivum* L. по восприимчивости к фузариозу колоса и листовостебельным болезням.

3. Состав и структура патогенного комплекса микрофлоры семян яровой мягкой пшеницы в разных агроклиматических зонах Тюменской области (подтайга, северная лесостепь и южная лесостепь).

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов, представленных в диссертации, обеспечивается комплексным подходом, основанным на обширных и длительных исследованиях и строгом контроле качества выполняемой работы. Выводы и рекомендации опираются на большой объём эмпирической базы. Анализы проведены по аттестованным методикам на сертифицированном оборудовании. Статистический анализ данных выполнен с помощью компьютерных программ (Statistica StatSoft, Microsoft Excel); каждый метод математической обработки выбран с учётом специфики обрабатываемых данных и поставленных исследовательских задач. Результаты статистической обработки демонстрируют высокую степень достоверности выводов.

Апробация результатов. Материалы диссертации обсуждались на заседаниях кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Тюменского

государственного университета в период обучения в аспирантуре; апробированы на XII Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Тобольск научный – 2015» (Тобольск, 12–13 ноября 2015 г.), Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС» (Москва; Сколково, 9–12 августа 2016 г.), IV Всероссийской научно-практической дистанционной конференции с международным участием «Роль молодых учёных в инновационном развитии сельского хозяйства» (Москва, 10–31 мая 2017 г.), Четвёртом Съезде Микологов России (Москва, 12–14 апреля 2017 г.), XIV Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Тобольск научный – 2017» (Тобольск, 16–17 ноября 2017 г.), Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Селекция и технологии производства экологически безопасной продукции растениеводства в условиях меняющегося климата» (Тюмень, 12 апреля 2022 г.), VII Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Симферополь, 5–9 октября 2022 г.), III Международной научно-практической конференции «Рядом с Н. И. Вавиловым – научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны» (Москва, 17–20 июня 2024 г.), Международной научно-практической конференции «Status and development prospects of fundamental and applied microbiology: the viewpoint of young scientists» (Ташкент, 25–26 сентября 2024 г.), II (XVII) Всероссийской научно-практической конференции «Природное и историко-культурное наследие Сибири: прошлое, настоящее, будущее» (Тобольск, 23–26 октября 2024 г.).

Публикации по результатам исследований. Основные положения диссертации опубликованы в 15 научных работ автора (2015–2024 гг.), в том числе 7 – в изданиях, включённых в Перечень рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций (Аграрная наука, Пермский аграрный вестник, Вестник Казанского государственного аграрного университета, Труды Кубанского государственного

аграрного университета, Плодоводство и ягодоводство России, Современные проблемы науки и образования).

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы (содержит 295 источников, из них 67 – англоязычных), включает 46 рисунков, 22 таблицы, 3 приложения, изложена на 192 страницах.

Личный вклад соискателя. Автором лично проведены обзор литературы по теме исследования, полевые и лабораторные опыты, включая создание полевого инфекционного питомника, оценку болезнеустойчивости генотипов пшеницы и скрининг по 20 количественным признакам, выделение чистых культур фитопатогенов, физико-химический анализ почвы экспериментального участка, анализ микрофлоры семян пшеницы с ГСУ Тюменской области. Автором самостоятельно осуществлена фотосъёмка симптомов и возбудителей болезней, статистическая обработка данных, анализ и обобщение полученных результатов, подготовлен текст диссертации и научные статьи. Долевое участие автора составляет 90 %.

В диссертации в соавторстве с Боме Н. А. разработана программа исследования и алгоритмы проведения опытов, поставлены цель и задачи исследования, дана интерпретация результатов и сформулированы выводы; в соавторстве с Колоколовой Н. Н. проведена видовая идентификация гриба *Fusarium avenaceum* и выделена чистая культура фитопатогена; в соавторстве с Новохатиным В. В. описаны особенности роста и развития генотипов яровой мягкой пшеницы.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.с.-х.н., профессору Н. А. Боме, заслуженному агроному РФ, к.с.-х.н. В. В. Новохатину, сотрудникам государственных сортоиспытательных участков Тюменской области.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ ВОПРОСОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Производство пшеницы в Тюменской области

Главным продуктом питания во всех регионах являются зерновые культуры, их доля в калорийности рациона варьирует от 25 (в Океании) до 50 % (в Азии) [251]. Пшеница обеспечивает 20 % всех потребляемых в мире калорий. Площадь посевов пшеницы самая большая среди всех сельскохозяйственных культур. Крупнейшие производители пшеницы – Китай, Индия, Россия, США; мировые лидеры по урожайности пшеницы – Германия, Франция, Египет, Китай [251]. Во многих странах имеет место несоответствие между потреблением и производством зерновых. По объёмам экспорта зерна пшеницы лидирующие позиции занимает Российская Федерация (рис. А.1–А.4 приложения А). География стран-импортёров российского зерна охватывает более 130 государств [152].

На территории Российской Федерации выращивают озимую и яровую пшеницу. Озимая пшеница возделывается в регионах с более тёплыми зимами, по урожайности и посевной площади она превосходит яровую (рис. 1.1, 1.2).

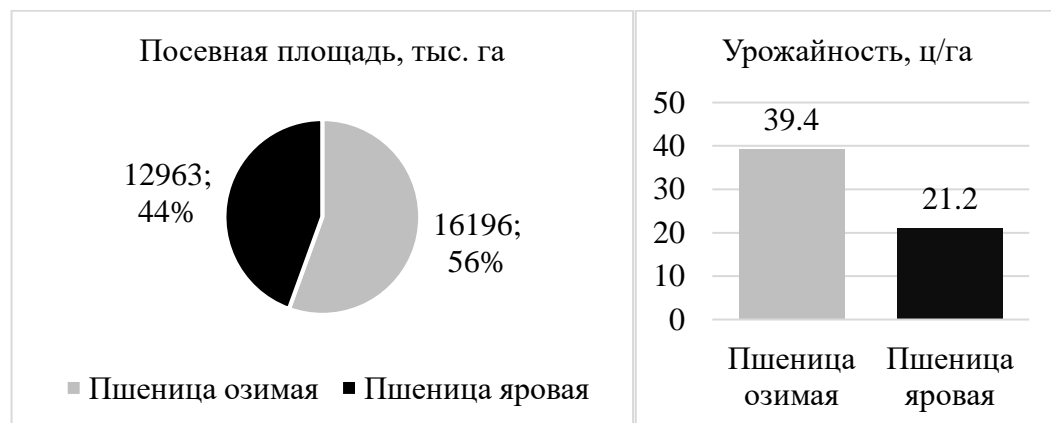


Рисунок 1.1 – Посевная площадь и урожайность пшеницы в Российской Федерации (среднее 2021–2022 гг.) (разработан автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики)

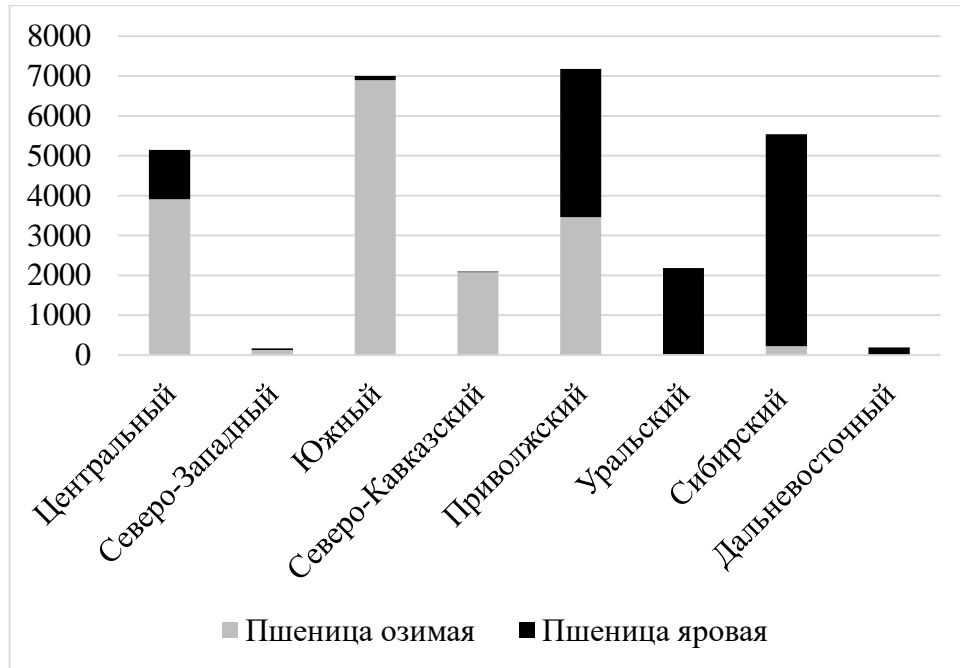


Рисунок 1.2 – Посевные площади (тыс. га) озимой и яровой пшеницы в федеральных округах РФ в 2021 г. (разработан автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики)

Россельхозцентр обнародовал Топ–10 сортов пшеницы яровой и пшеницы озимой по объёмам высева в 2021–2022 гг. (рис. 1.3) [91].

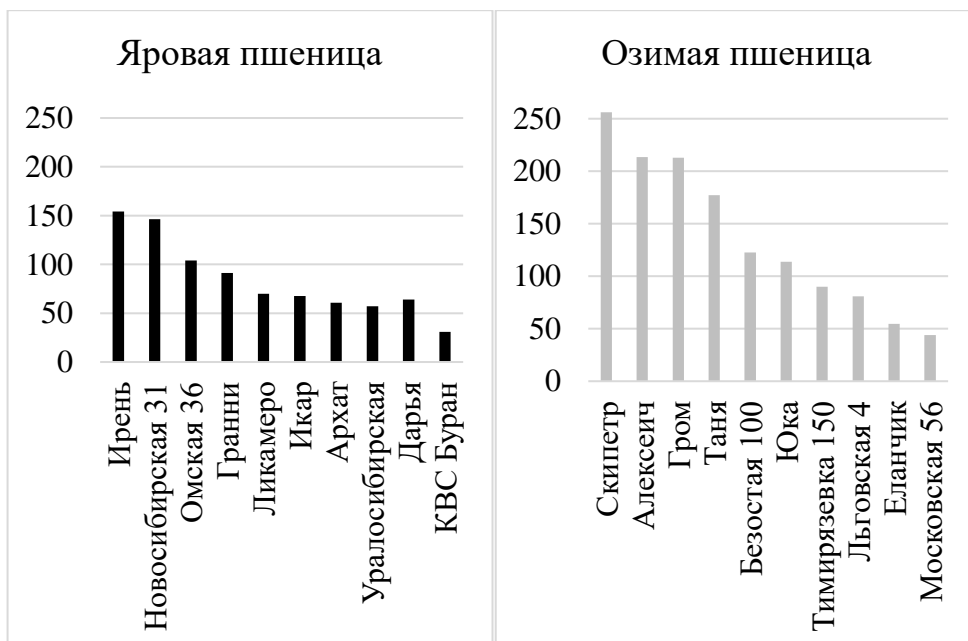


Рисунок 1.3 – Рейтинг 10 сортов лидеров пшеницы по объёмам высева (тыс. т) в РФ в 2021–2022 гг. (разработан автором на основе данных Россельхозцентра)

Тюменская область является зернопроизводящим регионом России. Посевы располагаются в сравнительно небольшой южной части области, составляющей всего 11 % от всей её территории (остальную площадь занимают автономные округа – ЯНАО и ХМАО). На зерновые и зернобобовые культуры приходится более 70 % от всей посевной площади (0,7 млн. га) (табл. 1.1). Ведущей сельскохозяйственной культурой является яровая мягкая пшеница, занимающая 44 % от всей посевной площади (0,4 млн. га); значительно меньшие площади отведены под яровой ячмень – 11 %, овёс – 9 %, озимые рожь, пшеницу и тритикале – менее 5 % [23].

Таблица 1.1 – Посевные площади в Тюменской области, тыс. га [23]

Год	2023 г.	2024 г.
Вся посевная площадь	1038,6	990,5
Зерновые и зернобобовые культуры, в том числе:	733,0	696,3
пшеница яровая	458,0	434,4
ячмень яровой	118,0	100,0
овёс	90,2	81,6
пшеница озимая	2,9	0,9
рожь	1,1	1,0

По сравнению с 1960-ми годами посевные площади пшеницы и ржи существенно сократились, а ячменя – выросли (рис. 1.4). В два с лишним раза увеличилась урожайность зерновых культур – если в 1960-х гг. она составляла в среднем 8,9 ц/га [12], то с начала 2000-х гг. находится на уровне 20 ц/га (что соответствует среднероссийским показателям) [23]. Решающую роль в этом сыграло внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов и улучшение агротехнологий.

Большая часть посевной площади яровой пшеницы (60–70 %) занята сортами местной селекции, наиболее адаптированных к местным условиям [163]. На 2024 г. по области районировано 19 сортов инорайонной и местной селекции – Лютесценс 70 (1993), Чернява 13 (2000), Икар (2001), Новосибирская 15 (2003), АВИАДа (2004), Ирень (2006), Омская 36 (2008), Рикс (2011), Новосибирская 31 (2012), Тюменская 25 (2012), Тюменская 29 (2013), Екатерина (2015), Мелодия

(2015), Тюменская юбилейная (2018), Гренада (2020), КВС Аквилон (2020), Ворожея (2022), Нива 55 (2022), Ишимская 12 (2023) [51].

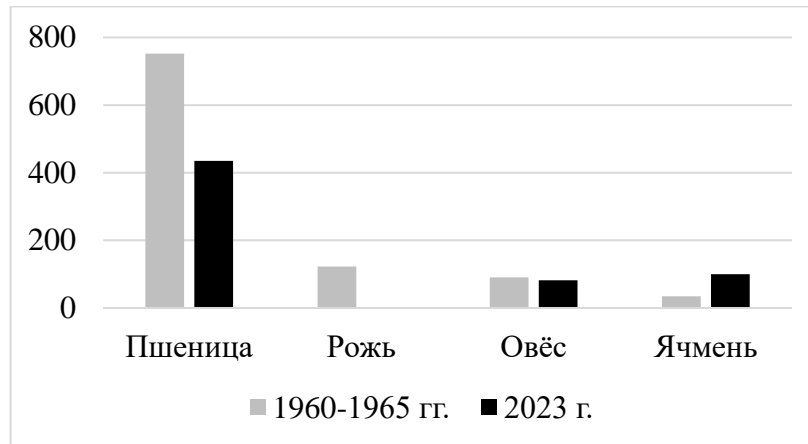


Рисунок 1.4 – Посевные площади (тыс. га) зерновых культур в Тюменской области в 1960-х гг. и в современное время (разработан автором на основе данных источников: [12, 23])

Яровая твёрдая пшеница высевалась на ограниченной площади в 19–20 вв., однако с течением времени она была вытеснена более урожайной и менее прихотливой мягкой. В последние десятилетия продолжается Государственное сортоиспытание твёрдой пшеницы, на сегодняшний день только 1 сорт включён в Госреестр и рекомендован для области – АТП Прима (2023) [51].

На сортоучастках Тюменской области испытано более тысячи сортов озимой пшеницы, из них 4 сорта включены в реестр селекционных достижений – Новосибирская 3 (2015), Скипетр (2016), Изаура (2022), Прииртышская (2023), однако они не полностью адаптированы к природно-климатическим условиям области, часто посевы погибают. До настоящего времени не создано ни одного сорта озимой пшеницы, который бы надёжно перезимовывал и обеспечивал стабильное производство зерна [118]. Тем не менее, по мнению ряда исследователей, необходимо значительно расширить посевы рано созревающих урожайных озимых культур, в том числе пшеницы [146].

На первых русских пашнях бывшего Тобольского земледельческого района посевов пшеницы не было. Поступление зерна пшеницы в государственные амбары впервые зарегистрировано в 1624 г. [22]. Долгое время на полях возделывались завезённые европейские сорта, прошедшие длительный отбор в местных сибирских условиях. В Тобольской губернии Н. Л. Скалозубов в конце 19 – начале 20 вв. собрал около 500 образцов местной пшеницы, изучил их ботанический состав и дал им всестороннюю оценку. Он отмечал, что по богатству белков сибирская пшеница лучше многих европейских. Кроме того, Н. Л. Скалозубов установил, что до конца 19 в. в Зауралье преобладала разновидность пшеницы ферругинеум, а после голодного 1901 г. быстро начала распространяться более урожайная, хотя и более позднеспелая безостая красноколоска-мильтурум [14]. В 1913 г. яровая пшеница на территории Тюменской области занимала 123 тыс. га (что составляло 32 % посевной площади зерновых культур), в 1965 г. – уже 772 тыс. га (70 %). Росла и урожайность яровой пшеницы. За период 1960–1965 гг. она составляла в среднем 8,1 ц/га, в 1970–1975 гг. – 13,9 ц/га, в 1975–1980 гг. – 14,9 ц/га [14].

До 1980-х г. Тюменская область производила мало продовольственного зерна пшеницы (50–100 тыс. тонн, или 25–50 % от потребного количества). Зерно ежегодно закупалось в других регионах России и зарубежных странах. В 1974 г. Ю. П. Логиновым начата селекция яровой мягкой пшеницы в Тюменском СХИ. К 1980 г. были созданы новые сорта, среди которых наиболее ценным и хорошо приспособленным к условиям Северного Зауралья оказался сорт Тюменская 80. Это первый сорт зерновых культур местной селекции, районированный в Тюменской области. С 1985 г. его ежегодно высевали на площади 70–80 тыс. га. Максимальная урожайность зерна составила 64 ц/га (получена на Ишимском ГСУ) [120]. С 1990-х годов селекцию зерновых культур возглавил В. В. Новохатин в НИИСХ Северного Зауралья. В Госреестре селекционных достижений РФ последовательно были зарегистрированы следующие сорта яровой мягкой пшеницы, авторами которых являются ведущие селекционеры НИИСХ Северного Зауралья: Тюменская 80 (1985), Тюменская ранняя (1987), Казахстанская 10 (1990), Лютесценс 70 (1993), Ильинская (1997), СКЭНТ-1 (1998), Златозара (1999),

Чернява 13 (2000), Икар (2001), СКЭНТ-3 (2003), АВИАДа (2004), Тюменская 25 (2012), Тюменская 29 (2013), Тюменская юбилейная (2018). За последние 80 лет урожайность пшеницы увеличилась с 5 до 20 ц/га. При этом вклад сорта в увеличение урожайности составляет 40–50 %, остальная часть приходится на улучшение технологии, семеноводства и пр. По производству зерна пшеницы область перешла из числа потребителей в число поставщиков его в другие регионы [115]. За время возделывания яровой мягкой пшеницы рекордная средняя областная урожайность получена в 2022 г. – 26,6 ц/га (рис. 1.5). В перспективе перед селекционерами и растениеводами стоит сложная задача – довести её до 30 ц/га [120].

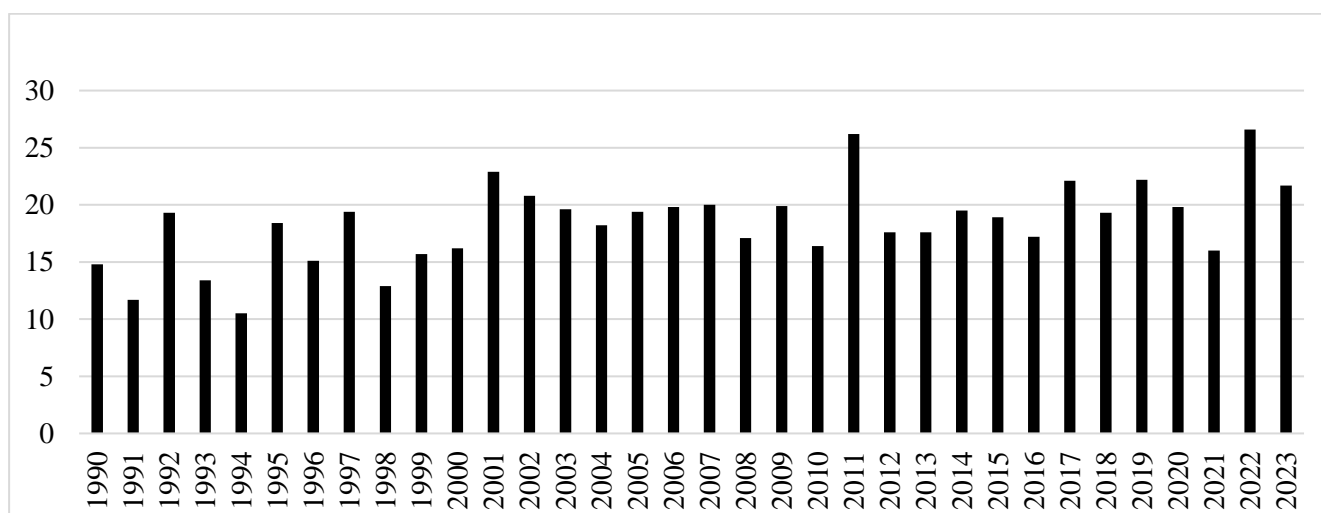


Рисунок 1.5 – Многолетняя динамика показателей урожайности (ц/га) яровой мягкой пшеницы в Тюменской области (разработан автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области)

1.2. Агроклиматические условия Тюменской области и их влияние на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы

В агроэкологическом отношении южная часть Тюменской области разделена на 4 зоны [183, 186]: I зона – таёжная (районы Уватский, Тобольский, Вагайский); II зона – подтаёжная (районы Нижнетавдинский, Ярковский, Юргинский, Аромашевский, Сорокинский, Викуловский); III зона – северная лесостепь (районы

Тюменский, Исетский, Ялуторовский, Заводоуковский, Упоровский, Омутинский, Гольшмановский, Ишимский, Абатский); IV зона – южная лесостепь (районы Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский) (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Агроэкологические зоны Тюменской области (разработан автором)

Примечание: АБ – Абатский, АРМ – Армизонский, АР – Аромашевский, БЕР – Бердюжский, ВАГ – Вагайский, ВИК – Викуловский, ГОЛ – Гольшмановский, ЗАВ – Заводоуковский, ИС – Исетский, ИШ – Ишимский, КАЗ – Казанский, НИЖ – Нижнетавдинский, ОМ – Омутинский, СЛ – Сладковский, СОР – Сорокинский, ТОБ – Тобольский, ТЮМ – Тюменский, УВ – Уватский, УП – Упоровский, ЮР – Юргинский, ЯЛ – Ялуторовский, ЯР – Ярковский районы

Почвенный покров Тюменской области представлен большим разнообразием типов и подтипов природных почв, а также почв, в разной степени изменённых и преобразованных человеком (рис. А.5 приложения А).

Территория первых двух агроэкологических зон (таёжная и подтаёжная) характеризуется очень большой заболоченностью междуречий, обусловленной

равнинностью их рельефа. Вовлечение в сельскохозяйственный оборот междуречий возможно на основе осушительных мелиораций [201].

В таёжной зоне почвенный покров образуют подзолистые, подзолисто-глеевые и болотные почвы. По всему профилю они имеют кислую реакцию (максимальную – в подзолистом слое) и рассматриваются как низкопродуктивные. Основным фактором, негативно влияющим на плодородие, является переувлажнение, обусловленное климатическими (положительным балансом влаги) и геоморфологическими (равнинной поверхностью и близким залеганием водоупорных пород) особенностями местности. Например, на территории Тобольского района переувлажнённые земли занимают 53,7 %, Вагайского района – 82,5 % [56, 160] (рис. А.6 приложения А).

В подтаёжной зоне переувлажнёнными почвами занято от 15,0 (Аромашевский район) до 57,8 % (Нижнетавдинский район) территории. В основном это серые лесные и светло-серые лесные почвы, которым свойственна расплывённость структуры и лёгкая затопляемость почвы после дождя. На пониженных элементах рельефа пойм и низких надпойменных террасах, где повышенное и грунтовое увлажнение приводит к заболачиванию земель, формируются луговые и лугово-болотные почвы. Они распространены в Аромашевском (15,8 % от общей площади), Нижнетавдинском (10,2 %), Ярковском (8,8 %), Викуловском (7,5 %) районах. Благоприятные водно-физические свойства этих почв и высокое потенциальное плодородие определяют их преимущественное использование под сенокосы и пастбища [56].

В почвенном покрове лесостепи преобладают почвы гидроморфного и засоленного рядов. Они представлены лугово-чернозёмными и болотными почвами в комплексе с солонцами и солончаками. Зональными автоморфными почвами являются чернозёмы и серые лесные. Из-за особенностей дренирования и условий обводнения они имеют гораздо меньшее распространение, чем другие. Переувлажнённые почвы наиболее характерны для Бердюжского (47 %), Абатского (43,2 %), Ишимского (33,3 %), Омутинского (32,3 %) и Упоровского (29,6 %) районов. Повсеместное распространение в лесостепной зоне получили

солонцеватые и солонцовые комплексы, наибольшие площади они занимают в зоне южной лесостепи (Армизонский, Бердюжский, Казанский и Сладковский районы) [160] (рис. А.7 приложения А).

Наибольшая площадь пахотных угодий наблюдается в зоне северной лесостепи, наиболее благоприятной для выращивания сельскохозяйственных культур (максимальная – в Ишимском районе) (рис. А.8 приложения А). Большая часть земель таёжной зоны (Уватский, Тобольский, Вагайский районы) непригодны для рентабельного производства. Они низкого качества, удалённые, переувлажнённые или заросшие лесом.

Анализ почвенного покрова области показывает, что площадь благоприятных почв для возделывания сельскохозяйственных зерновых культур составляет 1,2 млн. га (в том числе пшеницы – 0,8 млн. га). Лучшие земли на выщелоченных чернозёмных почвах в Заводоуковском, Упоровском, Исетском и Казанском районах, где потенциальная урожайность яровой пшеницы – 40–50 ц/га, а в системе Госкомиссии – 60–74 ц/га [136].

Климат области типично континентальный – холодная зима, тёплое непродолжительное лето, короткая весна, затянувшаяся осень, небольшой безморозный период. Характерны резкие колебания температуры в течение года, месяца и даже суток, а также неравномерное количество осадков по годам и в течение года.

По количеству ясных дней и числу часов солнечного сияния (2666 часов) Тюменская область превосходит районы Европейской части. Летом длина солнечного дня составляет 15–18 часов, что положительно сказывается на развитии растений [136].

В таёжной зоне – самые прохладные и влажные условия вегетационного периода, в южной лесостепи – наиболее тёплые и сухие (рис. 1.7). Продолжительность периода с температурой выше 10 °С в таёжной зоне в среднем составляет 115 дней, в зоне южной лесостепи – 130 дней.

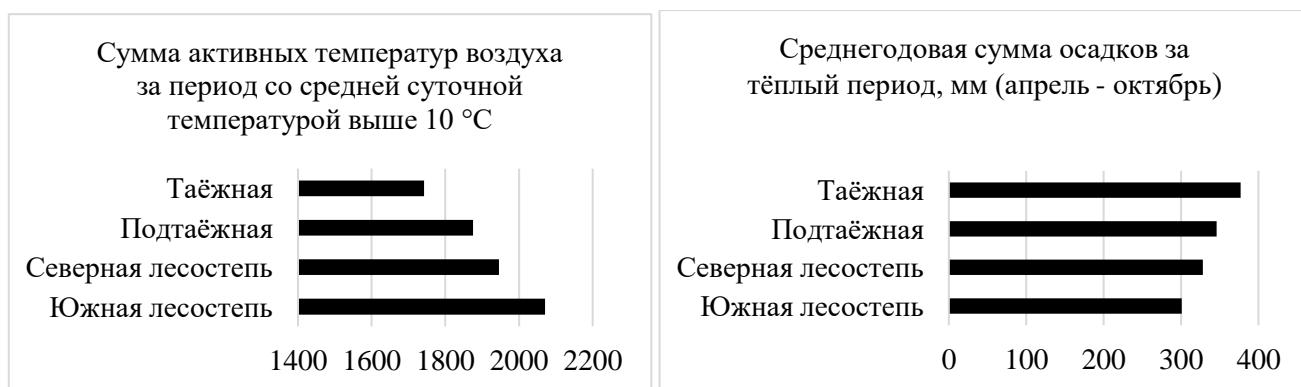


Рисунок 1.7 – Среднемноголетние агроклиматические показатели по зонам Тюменской области (разработан автором на основе данных источника: [183])

За период май-август среднесуточная температура воздуха колеблется по агроэкологическим зонам от 15,1 (тайга) до 16,3 °С (южная лесостепь) (среднее 1976–2005 гг.). Количество осадков за этот период варьирует от 221 мм (южная лесостепь) до 252 мм (тайга). Во всех почвенно-климатических зонах отмечается тенденция в снижении температуры воздуха и суммы осадков в чётные годы и повышении – в нечётные [179].

Анализ климатических данных Тюменской ГМС за период с 1901 по 2014 гг. [136] указывает на нестабильность климата в регионе – разница температуры воздуха во время вегетации прохладных лет и с повышенным температурным режимом составляет 4–5 °С, по количеству осадков влажные и засушливые годы отличаются в 2–5 раз. Проведённый нами анализ многолетней динамики метеорологических данных в летний период в Тюменской области за последнее десятилетие (2015–2024 гг.) также показывает их значительную вариабельность по годам (рис. 1.8).

В соответствии с мировыми тенденциями отмечено потепление климата в регионе – среднегодовая температура повысилась за последнее столетие с 1,2 до 2,8 °С [136]. Учитывая данный факт, возможно в будущем увеличится площадь посева среднеспелых и среднепоздних сортов. Если в течение прошлого века среднеспелые и позднепелые сорта яровой мягкой пшеницы часто давали

морозобойное щуплое зерно, то в последние десятилетия такое явление отмечается редко [95].

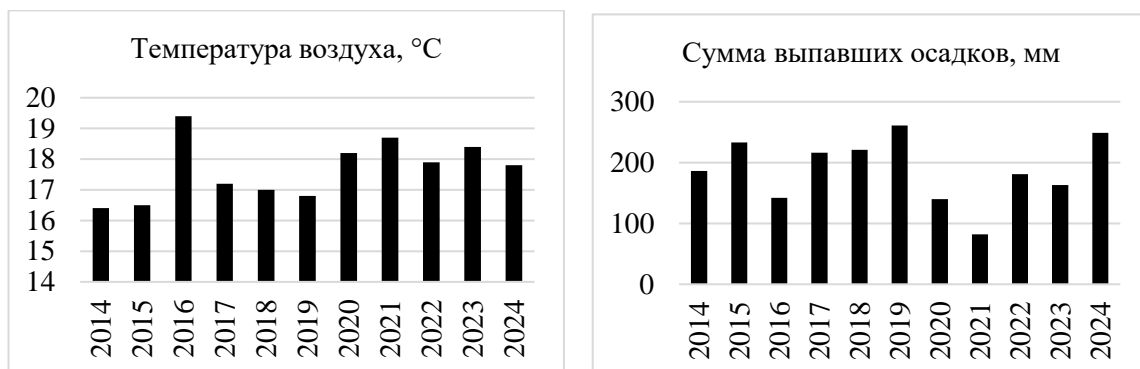


Рисунок 1.8 – Многолетняя динамика метеорологических показателей в летний период в Тюмени (разработан автором на основе данных источника: [9])

Возделываемые в Западной Сибири сорта пшеницы сильно различаются по длине вегетационного периода. Позднеспелые сорта имеют вегетационный период около 100 суток, в отдельные холодные и влажные годы затягивая его до 115–120 суток, тогда как самые скороспелые сорта вызревают за 75–80 суток [156]. В условиях Тюменской области раннеспелые и среднеспелые сорта яровой пшеницы хорошо обеспечены теплом. Позднеспелые сорта попадают (4 года из 10) под заморозки, поэтому не находят здесь распространения [136]. Отмечается значительная разница в продолжительности вегетационного периода между годами (до 25–27 суток). Например, в условиях северной лесостепи период вегетации среднеспелых сортов в разные годы варьирует от 77 до 106 дней (в среднем составляя 93–96 дней), среднепоздних сортов – от 82 до 110 дней (98–100 дней) [95].

Основными лимитирующими факторами возделывания яровой пшеницы в регионе являются: ограниченность периода вегетации, раннелетняя засуха (сибирский тип), обильные июльские осадки и часто повторяющаяся прохладная и увлажнённая погода в период налива и созревания зерна, нередко – августовские заморозки [155, 157, 163]. В связи с чем создаваемые сорта должны быть выносливыми и устойчивыми к абиотическим факторам среды.

Наиболее благоприятным проявлением факторов жизни растений характеризуется северная лесостепь. В подтаёжной зоне Тюменской области при наличии хорошей влагообеспеченности и освещённости недостаточно содержится в почвах элементов питания, отмечается кислая реакция почвенного раствора, недостаток суммы активных температур. В южной лесостепи достаточно тепла, однако низкая влагообеспеченность и наличие солонцовых почв затрудняет эффективное возделывание яровой пшеницы [120].

Большая часть сельскохозяйственных угодий Сибири характеризуется экстремальным климатом с жёстким гидротермическим режимом. Если агроклиматический потенциал России принять в среднем за 1, то в Западной Сибири он составит 0,56–0,58 [35].

К посеву зерновых культур в Тюменской области приступают при прогреве почвы до 10 °С на глубине 5 см, что отмечается на юге 11–15 мая, у северной границы сельскохозяйственной зоны – к 27 мая. Ранние посевы намного лучше обеспечены влагой в период до появления всходов, но потом им остро не хватает влаги в ответственный период кущения-колошения, когда на территории юга области устанавливается обычная для Западной Сибири засуха [120]. Из-за частого проявления майско-июньской засухи растения яровой пшеницы слабо кустятся, и урожай формируется в основном за счёт количества растений, сохранившихся к уборке, и продуктивности их колоса [14, 117, 209]. Продуктивная кустистость по многолетним наблюдениям невысокая – 1,0–1,2, редко 1,3–1,4 [95, 157]. По сельскохозяйственным зонам наблюдается различие в количестве продуктивных стеблей: на юге величина плотности несколько ниже, чем на севере [120].

Сорта с медленным развитием растений в начале вегетации лучше переносят весенне-летнюю засуху. У среднеранних сортов пшеницы первый период вегетации короче второго на 7–8 суток, следовательно, закладка колоса происходит в короткий период времени, в середине июня, когда в области стоит раннелетняя засуха. В результате, у сортов с отмеченным типом развития, как правило, в колосе формируется небольшое количество колосков и зёрен [120]. Осадки в июне на уровне нормы обеспечивают высокий урожай пшеницы в Сибири [228].

Одним из основным физиологических показателей, определяющих величину урожая, является площадь листьев, которая достигает максимума в фазу колошения. В условиях недостаточного увлажнения подавляются ростовые процессы и, как следствие, слабое развитие листовой поверхности ведёт к снижению продуктивности растений. Максимальное развитие листовой поверхности в засушливые годы считается косвенным показателем засухоустойчивости сорта. В исследованиях Ю. П. Логинова с соавт. (2012) среди среднеспелых сортов в засушливый год наибольшую площадь листьев имели сорта Казахстанская 10, Омская 36, СКЭНТ-3 [120].

Эффективность возделывания любого сорта пшеницы во многом зависит от устойчивости его к полеганию. Связь полегания с высотой стебля и другими анатомо-морфологическими параметрами констатируется во многих научных работах [3, 235, 249]. В условиях Северного Зауралья, согласно результатам государственного сортоиспытания, необходимо отдавать предпочтение среднестебельным сортам пшеницы высотой 90–100 см. Низкорослые сорта, как правило, обладают ограниченной экологической пластичностью и в годы засухи, значительно снижают урожайность [93]. Во влажные годы на плодородных почвах наблюдается сильное полегание пшеничных посевов. Высокослые сорта, обладающие длинными междоузлиями и рыхлыми стенками соломины, при первых же ливнях, часто наблюдающихся после колошения, полегают в первую очередь [120].

Во влажных и тёплых условиях в период вегетации часто возникают эпифитотии основных патогенов. Болезни пшеницы в отдельные годы уносят до 50 % урожая. Селекция на болезнеустойчивость пока ведётся в нашей стране слабо, многие сорта яровой пшеницы поражаются сразу несколькими болезнями [76; 120]. Результаты исследований устойчивости местных сортов пшеницы к грибным патогенам рассмотрены в параграфе 1.4.

При формировании зерна и во время уборки почти в 80 % лет устанавливаются влажные условия, вызывающие предуборочное прорастание зерна в колосе, что ухудшает его технологические свойства и посевные качества

[163]. Нередко зерновые после восковой спелости долго переставают на корню или отлёживаются в валках, попадают под дождь, снег, обильные осенние росы и густые туманы. В Тобольске каждый 4–6-й день в течение месяца имеет высокую влажность воздуха (80 % и более), когда обмолот невозможен. К югу области количество таких дней снижается, меньше их в августе, больше – в сентябре. При затягивании уборки возрастают потери от осыпания зерна из колосьев и потери за комбайном – жаткой и молотилкой. В последней декаде августа на территории области уже могут наступать раннеосенние заморозки (до -2 – -5 °C), сильно повреждающие зерно, не достигшее восковой спелости. После 1969 г., когда незрелая пшеница на территории области попала под осенний заморозок 19 августа, перестали сеять в области позднеспелый сорт Мильтрум 553, который прежде преобладал в посевах. Его сменили среднеспелые и среднеранние сорта. Самый ранний осенний заморозок в области отмечался 12 августа 1936 г., когда зерно находилось ещё в молочной спелости. Посевы в тот год убрали на сено на значительной части территории области.

Многолетний опыт возделывания яровой мягкой пшеницы в Тюменской области показал, что для своеобразных, суровых условий региона лучше подходят безостые с неопушённым колосом и красным зерном разновидности. В условиях избыточного увлажнения неопушённые, безостые колосья быстрее просыхают на ветру, и их можно обмолачивать значительно раньше, чем посевы с опушённым и остистым колосом. В первую очередь в валках и на корню прорастает зерно белозёрных сортов пшеницы и раннеспелых сортов краснозёрной, у которых короткий период послеуборочного дозревания. Из истории растениеводства Тюменской области, как и в Сибири в целом, известно, что внедрение в производство сортов пшеницы с белой окраской зерна приводило к негативным последствиям [85].

Урожайность яровой пшеницы в Западной Сибири формируется, главным образом, за счёт количества растений, сохранившихся к уборке и массы зерна с колоса. Продуктивная кустистость из-за частых весенне-летних засух здесь невысокая и слабо влияет на величину урожайности. Продуктивность колоса

формируется за счёт количества зёрен и их крупности. При этом количество зёрен сильнее влияет на массу зерна с колоса, чем их крупность. Чрезмерно уклоняться в сторону одного из отмеченных признаков не следует, они должны быть в оптимуме. Посевы пшеницы с густотой продуктивного стеблестоя к уборке 450–500 шт./м² и продуктивностью колоса в 1 г дают урожайность 4,5–5,0 т/га. [92].

По формированию количества плодоносящих колосков в колосе не установлено зависимости от природно-климатических зон области, но год и сорт оказывают заметное влияние на этот показатель. Среднеспелые сорта пшеницы, как правило, образуют в колосьях больше колосков, чем среднеранние во всех зонах области [120]. При неблагоприятных условиях некоторая часть колосков может оказаться недоразвитой, и озернённость будет невысокой. В исследованиях показано, что у сортов пшеницы в южной лесостепной зоне озернённость колосьев ниже, чем в подтаёжной и северной лесостепной зонах. Выделены хорошо озернённые (30–33 зёрен в колосе) сорта – Икар, АВИАДа, Тюменская 80, Чернява 13, СКЭНТ-3 [120].

Важным хозяйственным признаком пшеницы является масса 1000 зёрен. За последние десятилетия масса 1000 зёрен у сортов яровой пшеницы заметно возросла и у отдельных районированных сортов составляет 40–45 г. Учитывая короткий период колошение-спелость зерна, в Тюменской области целесообразно создавать и подбирать сорта с массой 1000 зёрен 30–35 г, характеризующихся быстрым оттоком пластических веществ из вегетативных частей растений в зерновку. Масса 1000 зёрен может снижаться при повреждении зерна ранними осенними заморозками, под влиянием засухи в период выхода в трубку, поражении болезнями, полегании и пр. Преимущество по массе 1000 зёрен имеют сорта Омская 36, Казахстанская 10, Чернява 13 [120].

Ключевым признаком, складывающимся из количества зёрен и массы 1000 штук, является масса зерна с колоса (продуктивность колоса). По мнению ведущих селекционеров и агрономов Сибири, масса зерна с колоса у сортов пшеницы должна приближаться к 1 г, некоторые районированные сорта превышают этот

показатель. Среднеспелые сорта пшеницы способны формировать продуктивность колоса в подтаёжной и северной лесостепной зонах 1,0–1,6 г [120].

Главным хозяйственным показателем сортов является урожайность. У одних она достигается благодаря сохранности растений к уборке, у других – в результате большого числа продуктивных стеблей, у третьих – за счёт массы зерна с колоса или озернённости колоса, у некоторых – благодаря удачному сочетанию структурных элементов. Среднеспелые сорта демонстрируют более высокую урожайность по сравнению со среднеранними. Наибольшая урожайность – в северной лесостепи [120, 183].

Результаты исследований по качеству зерна пшеницы, выращиваемой в Тюменской области, главным образом, отражены в работах учёных ГАУ Северного Зауралья [16].

Качество зерна яровой пшеницы зависит от сортовых особенностей, технологии возделывания, места культуры в севообороте, погодных условий вегетационного периода [26, 28, 102, 106, 188]. 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. Если в последние 30 суток перед наступлением восковой спелости устанавливается погода с среднесуточной температурой воздуха не ниже 17 °С и небольшим количеством осадков (до 40 мм), то накапливается столько клейковины в зерне, сколько по ГОСТу должно быть в зерне сильной пшеницы – 28 % и выше, по качеству не ниже первой группы. При среднесуточной температуре воздуха ниже 14 °С в зерне современных сортов даже сибирской селекции не формируется ни достаточного количества клейковинных белков, ни хорошего их качества [120]. В лесостепи Зауралья возможно выращивание продовольственного зерна пшеницы, для этого в четыре года из пяти складываются необходимые агроклиматические условия: достаточно тепла, влаги и солнечного освещения. В северных регионах Сибири, по мнению учёных, получение высококачественного зерна как сырья для

переработки обеспечивают более раннеспелые сорта зерновых культур [98, 167, 181].

В литературе имеются указания на связь между качеством зерна и элементами структуры урожая. Например, выявлена отрицательная корреляция между натурой и густотой продуктивного стеблестоя [212], а также между содержанием белка в зерне и урожайностью [53]. Отмечено значительное (до 60 %) влияние предшественника на содержание и качество сырой клейковины и натуру зерна [99, 200].

1.3. Роль сорта в повышении продуктивности и качества зерна яровой пшеницы

Мировая практика и данные российских научно-исследовательских учреждений указывают на то, что в общем повышении урожайности и качества продукции полевых культур на долю сорта приходится от 10 до 50 и более процентов [17, 25, 83, 150, 177, 219]. Для различных зон РФ соотношение вкладов в повышение урожая за счёт улучшения агротехнологий и совершенствования селекционных технологий составляет от 50:50 % до 30:70 % [277].

Новый сорт имеет тем большую ценность, чем оптимальнее и на более высоком уровне в нем сочетаются самые важные биологические, хозяйственные и технологические свойства. Однако многие из них трудно совместимы и связаны отрицательной корреляцией между собой [69, 124].

Тюменская область в конце 20 – начале 21 вв. добилась значительных успехов в производстве зерна. Уровень урожайности был существенно увеличен, практически удвоившись, что позволило региону занять лидирующие позиции в Сибирском федеральном округе. В этом значительную роль сыграли сорта местной селекции [139]. Специалистами сортоиспытательных участков Тюменской области за последние годы подобран хороший сортимент яровой пшеницы, включающий сорта как местной, так и инорайонной селекции (табл. 1.2). Среди них сорта Ирень и Новосибирская 15 относятся к раннеспелым; сорта Ворожея, Гренада, Екатерина, Нива 55, Новосибирская 31, Омская 36, Тюменская юбилейная, Чернява 13 – к

среднеранним; сорта АВИАДа, Икар, Ишимская 12, КВС Аквилон, Лютесценс 70, Тюменская 25 и Тюменская 29 – к среднеспелым; сорта Мелодия, Рикс – к среднепоздним. По качеству зерна сорт Новосибирская 15 относится к сильной пшенице, сорта Ворожея, Гренада, Екатерина, Ирень, Ишимская 12, КВС Аквилон, Лютесценс 70, Мелодия, Нива 55, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Омская 36, Тюменская 25 – к ценной пшенице. Сорта АВИАДа, Икар, Рикс, Тюменская юбилейная, Чернява 13, СКЭНТ-3 причисляются к филлерам, то есть они обеспечивают удовлетворительные характеристики зерна, но для достижения стандартного качества хлеба требуется добавление муки сортов-улучшителей.

Из реестровых сортов пшеницы наибольшее распространение в области нашли Ирень, Омская 36, Новосибирская 31, Икар, Лютесценс 70 (последний сорт ранее занимал площади более 60 %) [139].

Таблица 1.2 – Сорта яровой мягкой пшеницы, включённые в Государственный реестр селекционных достижений 2023 г. и рекомендованные для возделывания в Тюменской области (разработана автором на основе данных Госреестра)

Сорт	Происхождение Год включения в реестр	Хлебопекарные качества	Разновидность
Раннеспелые			
Ирень	Свердловская обл. (1998)	хорошие; ценная пшеница	мильтурум
Новосибирская 15	Новосибирская обл. (2003)	отличные; сильная пшеница	лютесценс
Среднеранние			
Ворожея	Курганская обл. (2022)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Гренада	Тюменская обл. (2019)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Екатерина	Курганская обл. (2015)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Нива 55	Омская обл. (2022)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Новосибирская 31	Новосибирская обл. (2010)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Тюменская юбилейная	Тюменская обл. (2018)	удовлетворительный филлер	лютесценс
Чернява 13	Тюменская обл. (2000)	филлер	лютесценс
Омская 36	Омская обл. (2007)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Среднеспелые			
АВИАДа	Тюменская обл. (2004)	хороший филлер	лютесценс
Икар	Тюменская обл. (2001)	хороший филлер	пиротрикс
Ишимская 12	Омская обл. (2023)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
КВС Аквилон	Германия, (2013)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Лютесценс 70	Тюменская обл. (1993)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Тюменская 25	Тюменская обл. (2012)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Тюменская 29	Тюменская обл. (2013)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Среднепоздние			
Мелодия	Омская обл. (2014)	хорошие; ценная пшеница	лютесценс
Рикс	Тюменская обл. (2011)	филлер	лютесценс

По скороспелости и качеству зерна набор сортов яровой пшеницы, включённых в реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве Тюменской области, позволяет устойчиво по годам производить продовольственное зерно в объёме 350–400 тыс. тонн для хлебопекарной промышленности своей области и реализации на внешнем рынке. Кроме того, значительная часть зерна пшеницы используется на корм животным.

Основные площади посевов яровой мягкой пшеницы занимают среднеспелые сорта и только 20–25 % приходится на раннеспелые. Одной из причин этого является то, что сокращение вегетации пшеницы в период формирования, налива зерна ведёт к недобору 80 кг зерна с 1 га. Потенциальная продуктивность раннеспелых сортов на 25–30 % ниже интенсивных среднеспелых сортов. Тот факт, что скороспелые сорта уступают по продуктивности среднеспелым отмечен многочисленными исследованиями [58, 135, 206]. Количество районированных среднеспелых сортов характеризуется тенденцией повышения. Учитывая климатические особенности нашего региона, в частности сроки наступления раннеосенних заморозков, В. А. Сапега (2012) считал недостаточным количество сортов в посевах среднеранней группы спелости [180].

Раннеспелые сорта размещены в зоне подтайги, а также высеваются небольшими площадями в северной и южной лесостепи. Селекционная работа направлена на выведение раннеспелых сортов для подтаёжной зоны, среднеранних и среднеспелых – для северной лесостепной зоны, среднеспелых – для южной лесостепной зоны. В южной лесостепной зоне, в связи с потеплением климата, до 15 % посевов могут занимать среднепоздние сорта [163].

Ключевые характеристики, определяющие успешность возделывания, существенно различаются в зависимости от агроклиматических условий. Для южных районов необходимы засухоустойчивые сорта, толерантные к засолению почвы, формирующие урожаи высококачественного зерна. Северные районы предъявляют к пшенице ещё более жёсткие требования – важен короткий вегетационный период, что позволяет избежать негативного влияния ранних заморозков, сорта должны быть холодостойкими, особенно в начале вегетации и в

период формирования и наполнения зерна, отзывчивыми на удобрения и улучшение агротехнического фона, устойчивыми к полеганию, различным грибным заболеваниями и к предуборочному прорастанию зерна в колосе, характеризоваться пластичностью и стабильностью урожайности, обеспечивающим получение хорошего урожая независимо от колебаний погодных условий. Таким образом, выбор сорта пшеницы является критическим фактором, влияющим на получение высокого и качественного урожая в различных климатических условиях юга Тюменской области.

Рекомендуемое сочетание сортов яровой мягкой пшеницы различных биотипов по почвенно-климатическим зонам Западной Сибири отражено в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Рекомендуемое соотношение сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости по почвенно-климатическим зонам Западной Сибири, % [140]

Биотип	Почвенно-климатическая зона			
	степная	южная лесостепь	северная лесостепь	тайга и подтайга
Среднеранний	10–15	20–30	60–70	100
Среднеспелый	35–45	40–50	30–40	–
Среднепоздний	45–55	25–35	–	–

При возделывании пшеницы важно создавать сорта, которые удачно сочетали бы урожайность зерна с его качеством. При содержании в зерне 28–30 % сырой клейковины (что соответствует примерно 13–14 % белка) при отличных физических качествах можно выпечь хлеб с хорошей пористостью и объёмным выходом [17, 103, 149]. Наиболее продуктивно используют положительные погодные условия июля – начала августа для формирования зерна скороспелые и среднеранние сорта пшеницы. У среднеспелых сортов налив и созревание зерна сдвигаются на более поздний период, когда появляются факторы возможной порчи качества зерна: понижается температура и повышается влажность. По данным Р. И. Белкиной (2000), среднепоздние сорта по качеству зерна значительно

уступают ранне- и среднеспелым сортам. Это объясняет долговременное преимущество в регионе среднеранних сортов, таких как Тюменская ранняя и Тюменская 80 [17].

С.С. Синицин и Б.С. Кошелев (1988) отмечали, что основой повышения качества зерна пшеницы следует считать правильную сортовую политику. Авторы рекомендовали для возделывания в зоне северной лесостепи Западной Сибири соотношение среднеранних и среднеспелых сортов: 50–60 % и 40–50 % в зоне южной лесостепи соответственно – 30 и 70 % [182].

Многолетняя агрономическая практика показала, что в каждом хозяйстве целесообразно высевать не менее 2–3 сортов пшеницы. Подбирать их нужно с учётом плодородия полей, состояния материально-технической базы, использования зерна на продовольственные или фуражные цели. Сорта должны не дублировать, а выгодно дополнять друг друга по биологическим свойствам и хозяйственным признакам (в первую очередь по устойчивости к болезням и длине вегетационного периода).

В суровых условиях Сибири с жёстким гидротермическим режимом сорта должны быть не только высокоурожайными (в сочетании с качеством зерна), но и устойчивыми к неблагоприятным факторам среды, то есть высокоадаптированными, гомеостатичными, обеспечивая стабильный урожай [223]. Первостепенное значение имеет не потенциал продуктивности, который реализуется в условиях Сибири на 30–40 % [36], а стабильность продуктивности на основе повышенной устойчивости новых сортов пшеницы к комплексу лимитирующих факторов среды [83]. Показателем гомеостатичности селекционных сортов может служить низкая вариабельность признаков продуктивности [21]. С ростом потенциальной продуктивности сортов снижается их устойчивость к неблагоприятным факторам, тем самым снижается их фактическая урожайность [210]. Чем урожайнее сорт, тем он требовательнее к условиям возделывания и нуждается в выполнении всего комплекса технологических операций [121].

По мнению В. А. Сапега и Г. Ш. Турсумбековой (2000), насущная проблема для условий Западной Сибири – создание и внедрение в производство сортов, характеризующихся экологической пластичностью, позволяющей повысить стабильность урожайности и в целом валового производства зерна. Вместе с тем, авторы отмечали, что существует тенденция роста урожайности и её изменчивости как следствие одностороннего отбора на высокую продуктивность без учёта её стабильности [177].

За последние десятилетия селекционеры Сибири создали большое количество сортов пшеницы, которые относятся в основном к интенсивному типу. Урожайность таких сортов на плодородных полях селекционных учреждений, сортоиспытательных участков и передовых хозяйств достигает 5–6 т/га и более. Однако их урожайность сильно варьирует в зависимости от погодных и других условий. Для возделывания сортов интенсивного типа используется больше минеральных удобрений и средств защиты растений по сравнению с многобиотипными сортами полуинтенсивного типа [61, 116, 181]. Учитывая контрастные природно-климатические условия, пестроту почвенного плодородия полей и другие факторы, здесь необходимо в первую очередь создавать многобиотипные сорта полуинтенсивного типа с урожайностью 3–4 т/га. Параллельно нужно продолжать работу по созданию сортов интенсивного типа для хозяйств с высоким уровнем культуры земледелия [116]. Учитывая реально обстановку в сельском хозяйстве Сибири, можно заключить, что на ближайшее будущее экономически выгодный путь в повышении урожайности зерновых и других культур – создание адаптированных к местному климату и условиям производства сортов [181].

В настоящее время первостепенное значение придаётся выведению сортов, устойчивых к вредным объектам, особенно к листостебельным инфекциям и фитофагам, в борьбе с которыми наиболее часто применяют пестициды. При наличии сорта с групповой или комплексной устойчивостью оказывается возможным соблюдать лишь сортовую агротехнику и, дополнительно ничего не

предпринимая, получить защищённый агроценоз [134]. Данные об устойчивости районированных сортов пшеницы изложены в параграфе 1.4.

За последние десятилетия в Тюменской области произошло несколько сортосмен яровой мягкой пшеницы, сорта последнего поколения полнее отвечают возросшему уровню культуры земледелия и рынка. По своим биологическим особенностям и по реакции на природно-климатические условия они отличаются от старых сортов. В этой связи требуется дополнительное изучение сортов нового поколения в регионе.

1.4. Болезни пшеницы. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в Тюменской области. Сортосменная устойчивость к болезням

Селекция яровой пшеницы ведётся по 50 и более признакам, из них особого внимания заслуживает устойчивость к болезням. По данным ООН, экспертов и учёных разных стран «болезни, вредители и сорные растения продолжают забирать как дань до трети урожая» [173].

В последнее время, в связи с существующими системами земледелия, многообразием сортов и последствиями изменения климата нагрузка от болезней на пшеницу всё больше возрастает. Внедрение интенсивных и высокоинтенсивных технологий, с одной стороны, позволило существенно повысить урожайность зерновых культур, с другой стороны, многие приёмы интенсификации растениеводства (минимальная обработка почвы, использование сортов интенсивного типа, орошение, загущение, высокие нормы азотных удобрений и др.) благоприятствуют развитию вредных организмов и снижают устойчивость растений к стрессорам [63, 225]. Применение технологий энергосберегающего и почвозащитного земледелия (No-till, Mini-till и др.) способствует увеличению плотности почвенных инфекций (фузариозы, гельминтоспориозы и др.) [6]. Чрезмерный пестицидный пресс ведёт к появлению более агрессивных и вирулентных рас патогенов. Высокие дозы азотных удобрений приводят к усилению развития таких заболеваний, как ржавчина и мучнистая роса на зерновых культурах [222]. При этом у восприимчивых сортов поражённость растений

увеличивается в 2,5–3,0 раза по сравнению с базовым (обычным) агрофоном; у относительно более устойчивых – в 1,5–2,5 раза [173]. Базовым элементом интенсификации является использование сортов интенсивного типа, которые при соответствующих технологиях существенно повысили продуктивность растениеводства. Однако такие сорта часто не устойчивы к различным неблагоприятным факторам среды, в том числе к болезням [90, 176].

В последнее столетие наблюдаются глобальные и локальные изменения климата, проявляющиеся в повышении температуры приземного слоя воздуха и океана, нарастании аридности агротерриторий и учащении экстремальных погодных явлений (включая волны холода и жары, засухи, сильные осадки, наводнения и пр.) [57, 148, 260–263]. Прогнозы изменения климата предполагают, что эта тенденция сохранится, хотя масштабы будут зависеть от будущих выбросов CO₂ и других парниковых газов [275]. Возможно, что глобальная средняя температура воздуха увеличится от 1,1 до 3,5 °C к концу 21-го века [256].

Климатические изменения, с одной стороны, меняют иммунный статус растений, перестают «работать» некоторые гены устойчивости, повышается заселённость растений патогенами полупаразитического и сапрофитного характера питания [173]. Например, засуха может влиять на устьичную апертуру листьев растений [277] и, следовательно, на успешность заражения патогенами листьев [236], поскольку устьица являются основными воротами, через которые многие виды патогенов заражают наземные растения [282]. Растения, находящиеся в состоянии стресса, также могут влиять на агрессивность патогенов [292].

С другой стороны, меняется ареал вредных организмов (продвижение на север), повышается опасность «заселения» фитоценозов биообъектами, которые ранее не могли здесь развиваться [111, 264]. Изменение климата (прежде всего, повышение температуры и увеличение концентрации CO₂ в атмосфере) оказывает существенное влияние на взаимоотношения растений и паразитов, зачастую приводит к усилению агрессивности патогенов, накоплению микотоксинов [110, 112, 264, 275].

За последние десятилетия опубликовано большое количество обзорных статей, касающихся потенциального воздействия изменения климата на патогены растений и болезни сельскохозяйственных культур [246, 279, 293]. Одной из первых была обзорная статья Coakley S. (1988) [242], большинство обзоров опубликованы в период с 2010 по 2013 гг., что говорит о том, что это был пик исследований биологии изменения климата, связанных с патогенами растений [279]. Загрязнение микотоксинами таких культур как пшеница и кукуруза является серьёзной проблемой во всём мире [238]. Соответственно, существует несколько обзоров, посвящённых исключительно микотоксигенным грибам и различным микотоксинам [239, 240, 268, 280]. Ряд обзоров сфокусированы только на одной культуре, чаще всего – на пшенице [266].

В России изменение климата проходит более интенсивно, чем в других регионах мира. Наиболее отчётливо оно проявляется в умеренных широтах европейской части, в Восточной и Западной Сибири, Забайкалье [173].

В Тюменской области в последние десятилетия экологическая обстановка в растениеводстве стала ухудшаться по следующим причинам: нарушены ранее разработанные севообороты, сокращена доля пара до 3–5 % вместо 15–20 %, снизился процент посева гороха и других бобовых культур, чрезмерна увеличена площадь посева (60–70 %) зерновых культур, особенно пшеницы, кроме того по некоторым культурам на большой площади высевают один сорт [119]. Всё это способствует распространению болезней и вредителей.

Мониторинг вредных организмов яровой пшеницы в течение последних 10–15 лет свидетельствует о постепенных изменениях численности популяций, характера и размеров экологических ниш, смене доминирующих видов в сообществах, повышении агрессивности ранее не встречавшихся или малопатогенных групп организмов [111, 173, 192, 253]. Например, в Западной Сибири и Зауралье, начиная с 2007–2008 гг. произошла смена доминирования фитопатогенов на подземных органах пшеницы, в результате которой грибы рода *Fusarium* заняли преобладающее положение над ранее доминировавшим *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. [192].

Участившиеся в последние годы природные катаклизмы снизили эффективность прогнозов опасных фитосанитарных ситуаций, что осложняет принятие обоснованных решений о защите растений от эпидемий болезней. Плохая предсказуемость и аномальный характер погодных явлений сказываются также и на эффективности проводимых защитных мероприятий [173].

Растущая глобализация рынков в последние годы, наряду с ростом температур, привела к ситуации, чрезвычайно благоприятной для перемещения и акклиматизации вредных организмов, с сопутствующим увеличением риска серьёзных потерь урожая [259, 289].

По данным учёных международного центра CIMMYT 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 [105]. В России пшеница экономически поражена примерно «дюжиной» грибковых заболеваний.

В табл. А.1 приложения А представлен список экономически значимых болезней яровой пшеницы, дана информация о частоте их возникновения (редкое, периодическое (эпифитотии возникают несколько раз за десятилетие), ежегодное) и вредоносности, оцениваемой по уровню потенциальных потерь урожая при возникновении эпифитотии (низкая (< 10 % урожая), умеренная (11–30 %) и высокая (> 30 %). Указаны актуальные (законные) видовые названия микроорганизмов (единственное название, соответствующее Международному кодексу номенклатуры водорослей, грибов и растений) и синонимы, встречающиеся в фитопатологической литературе [10].

Ржавчинные болезни пшеницы (бурая, стеблевая и жёлтая ржавчины) исторически считаются наиболее пагубными [88]. Возбудителями являются грибковые патогены семейства *Rustinia*. За последние два десятилетия существенно увеличилась частота, распространённость и воздействие форм ржавчины, вызывая всеобщую обеспокоенность [199]. Ржавчинные грибы часто порождают новые биологические формы (расы), что делает ранее устойчивые сорта пшеницы уязвимыми к болезни. Распространяясь с помощью ветра, они способны

быстро преодолевать границы новой среды (трансграничные болезни), в связи с чем ржавчины являются постоянной угрозой урожаю пшеницы во всём мире. Необходимы постоянная бдительность и готовность к борьбе. Для эффективного комплексного управления болезнями ржавчины пшеницы решающее значение имеют тщательный мониторинг, региональное и международное сотрудничество, укрепление национального потенциала [199]. Особое внимание необходимо уделять выведению устойчивых сортов и размножению семян с целью как можно быстрее сделать эти семена доступными для производителей.

Наиболее разрушительным заболеванием пшеницы является стеблевая ржавчина. Из-за способности приводить почти к полной потере урожая необработываемых полей и неустойчивых сортов пшеницы болезнь рассматривалась в качестве биологического оружия [271]. Практическая селекция многих стран показала, что введение и распространение новых устойчивых сортов приводит к изменению состава рас популяций стеблевой ржавчины [165]. На территории Западной Сибири длительное время стеблевая ржавчина имела слабое распространение, однако в последние годы приобрела эпифитотийный характер, нанося значительный экономический ущерб производству зерна в регионе [187]. Тенденция к значительному поражению пшеничных посевов стеблевой ржавчиной в последние десятилетия наблюдается повсеместно на территории Российской Федерации. Кроме того, изменилось и мировое эпидемиологическое состояние, что некоторые исследователи связывают с изменением климатических показателей, определяющих развитие инфекции [165]. В 1999 году на пшеничных полях Уганды был выявлен новый вирулентный штамм стеблевой ржавчины – широко известный как Ug99. С тех пор он широко распространился за пределы Восточной Африки. Ug99 и его разновидности рассматриваются как серьёзная угроза для производства пшеницы. В российских исследованиях [165] отмечается отсутствие заноса агрессивной расы Ug99 на территорию Западной Сибири (Новосибирской обл.). В 2016 и 2017 годах другие расы стеблевой ржавчины, происхождение и характеристики которых пока не ясны, унесли миллионы тонн зерна на севере Казахстана, в Западной Сибири [105].

Наиболее широко на территории региона распространена бурая ржавчина пшеницы. Возбудитель болезни также имеет множество рас, приспособленных к конкретным сортам и температурным условиям, характеризуется высоким эволюционным потенциалом и достаточно быстро преодолевает генетическую устойчивость растений [52]. В 2008 году был основан Всемирный справочный центр ржавчины (Global Rust Reference Center, GRRC), основными задачами которого являются мониторинг и диагностика рас ржавчины пшеницы на глобальном уровне. Целенаправленная работа по анализу вирулентности патогена в Западной Сибири, где широко возделывается культура пшеницы, практически только началась [165].

Одной из наиболее распространённых и вредоносных болезней яровой пшеницы во всех зонах её возделывания является септориоз листьев и колоса [226, 231, 250]. Многолетние исследования показывают, что болезнь широко распространена в регионах Сибири (до 35 % по показателю развития болезни и 90 % по распространённости) [194]. При эпифитотиях потери урожая нередко достигают 30–40 %, снижается содержание белка и клейковины, ухудшаются посевные качества семян [64]. На пшенице наиболее распространёнными и вредоносными являются три вида: *Zymoseptoria tritici*, *Parastagonospora nodorum*, *Parastagonospora avenae*. Каждый из фитопатогенов имеет определённые эпидемиологические особенности и требования к условиям окружающей среды, что обеспечивает высокую экологическую пластичность заболевания и трудность борьбы с ним [194]. *Z. tritici* поражает преимущественно листья, *P. nodorum* и *P. avenae* – все надземные органы (листья, колос, зерно) [64]. Часто на листьях пшеницы присутствует смешанная инфекция. Вид *Z. tritici* имеет более южный ареал обитания в сравнении с двумя другими видами, лучше приспособлен к дефициту осадков [66]. В Сибири на яровой пшенице в Сибири преимущественное распространение имеет *P. nodorum*, отличающийся более быстрым (в 8–10 раз) прорастанием пикноспор и колонизацией ткани растения-хозяина по сравнению с *Z. tritici* [213]. Выявлены существенные различия в видовом составе возбудителей септориоза яровой пшеницы по регионам Западной Сибири, что следует принимать

во внимание при создании популяций возбудителей для искусственного заражения растений в ходе практической селекции на устойчивость сортов. В Тюменской области наряду с общим доминированием *P. nodorum* в некоторых географических пунктах преобладали *S. tritici* и *P. avenae* f. sp. *triticae* [194]. Сравнение представленных данных с результатами аналогичных исследований в 1980-х гг. [213] свидетельствует о некоторых изменениях видового состава возбудителей септориоза, который стал более разнообразным по регионам. Следует отметить появление в патогенном комплексе септориоза во всех точках отбора проб *P. avenae* f. sp. *triticae*, чего не наблюдалось 40 лет назад. Изменение видового состава, возможно, связано как с климатическими вариациями, так и с изменением технологий возделывания яровой пшеницы [194].

При мониторинге септориоза на листьях и семенах яровой пшеницы в лесостепной зоне Западной Сибири в период 2006–2015 гг. [191] отмечены эпифитотии заболевания каждые 3 года (локальные вспышки в хозяйствах наблюдались чаще). По сравнению с периодом 1978–2001 гг. частота эпифитотий увеличилась в 2–2,5 раза. Обострение фитосанитарной ситуации по септориозу авторы связали с распространением ресурсосберегающих систем обработки почвы и, как следствие, накоплением на поверхности почвы инфицированных растительных остатков, а также с ростом засорённости полей злаковыми сорняками – резерваторами возбудителей. Эпифитотийное развитие болезни происходило, когда сумма осадков за декаду в 3 раза превышала среднемноголетнюю норму (при температуре 14–22 °С). Биологическая эффективность возделывания устойчивых сортов в контроле септориоза составляла до 98,5 %, вспашки – до 50 %, предшественников – до 45,9 %. Протравливание семян системными препаратами ограничивало развитие септориоза до фазы колошения, снижая кратность применения фунгицидов, которое экономически оправдано при прогнозе эпифитотийного (выше 40 %) развития болезни [191].

Мониторинг септориоза, проведённый на территории Западной Сибири (в том числе Тюменской обл.) в 2016–2018 гг. [169] установил повсеместное распространение септориоза на яровых сортах пшеницы. Развитие болезни

варьировало от 5 до 35 %, а распространённость достигала 90 %. Несмотря на значительное разнообразие погодных условий, сортов и технологий возделывания яровой пшеницы, к фазе колошения в большинстве агроценозов возникала критическая ситуация, требующая принятия оперативных мер защиты яровой пшеницы от септориоза листьев и колоса [169]. Климатический тренд, характеризующийся потеплением и повышением контрастности погодных условий вегетационного периода, оказался благоприятным для возбудителей инфекций, привёл к повышению частоты эпифитотий септориоза яровой пшеницы в регионах его распространения, включая Западную Сибирь [111, 130].

Обследования посевов яровой пшеницы на поражённость септориозом в Тюменской области в период 2019–2023 гг., проведённые специалистами Россельхозцентра [141] показали, что средняя распространённость заболевания изменялась от 9 (в 2023 г.) до 43 % (в 2019 г.), максимальная распространённость достигала 100 %; средние показатели развития болезни варьировали от 2 (в 2023 г.) до 6 % (в 2019 и 2021 гг.), максимальные показатели составили 25 % (в 2021 г.).

Наиболее перспективным и экологически безопасным элементом системы интегрированной защиты растений от болезни является создание устойчивых сортов. Сложность селекции пшеницы на устойчивость к септориозу заключается в нестабильности данного признака, варьировании во времени и в пространстве и контроле множеством механизмов, что делает прогнозирование и управление этим процессом крайне трудным [184]. Редко встречаются генотипы с абсолютной, универсальной устойчивостью ко всем видам патогенов, вызывающих септориоз. Сорт может проявлять устойчивость к одному типу патогена, но оказывается восприимчивым к другому [265]. В прошлом существовало мнение, что пшеница вообще не обладает устойчивостью к *P. nodorum* [284], однако более поздние исследования указали на неоднозначность ситуации. В последние десятилетия значительный прогресс достигнут в селекции пшеницы на устойчивость к *S. tritici*. Российские учёные выделили ряд перспективных сортов, которые рекомендованы для включения в селекционные программы в качестве источников и доноров устойчивости к возбудителю [184]. Тем не менее, среди сортов озимой и яровой

пшеницы, возделываемых в настоящее время в регионах России, очень мало обладающих высокой устойчивостью к септориозу [64].

Значительной угрозой производству пшеницы во всём мире является фузариоз колоса. Некоторые исследователи выводят данное заболевание на третье место по вредоносности после видов ржавчины и листовых пятнистостей [270, 281]. В последние десятилетия расширился ареал патогенов и усилилась вредоносность заболевания. Исследования потенциального будущего риска заболеваний показали, что фузариоз колоса будет всё более актуальным в будущем [275]. Например, ожидается, что заболеваемость фузариозом колоса в южной Англии к 2050-м годам увеличится с нынешних 6–8 % до 10–16 % из-за прогнозируемого повышения температуры [258]. Поэтому улучшение контроля фузариоза колоса должно стать приоритетной задачей в будущем, чтобы снизить загрязнение зерна микотоксинами и обеспечить продовольственную безопасность.

Одним из доказательств резкого обострения проблемы фузариоза колоса в Уральском и Сибирском регионах стало высокое содержание фузариотоксинов в продовольственном зерне урожая 2017 г. В частности, выявлены опасные концентрации Т-2 токсина (до 225 мкг/кг при ПДК 100 мкг/кг) и дезоксиниваленола (1250 мкг/кг при ПДК 700 мкг/кг) в партиях зерна яровой пшеницы из Тюменской области (сорт Икар) [129].

Грибы рода *Fusarium*, как уже отмечено, способны продуцировать токсичные вещества, которые накапливаются в заражённых зёрнах, сохраняются в продуктах переработки и приводят к различным проблемам со здоровьем потребителей зерна и зерновых продуктов. В истории мировой токсикологии известны случаи массовой острой интоксикации фузариотоксинами людей и животных со смертельным исходом [20]. Виды *Fusarium* имеют разные профили продукции микотоксинов, различающихся химической структурой, а также токсическим воздействием на человека и животных. Вредоносность заболевания также заключается в потерях урожая и ухудшении посевных и хлебопекарных качеств зерна. Чем выше заражённость зерна фузариозом, тем больше снижается в нём содержание белка и клейковины [94].

Состав и соотношение видов грибов *Fusarium*, вызывающих фузариоз колоса, варьирует в зависимости от культуры, места возделывания и погодных условий, складывающихся в вегетационный период. Гриб *F. graminearum* больше приурочен к тёплым и влажным регионам, однако многие виды рода *Fusarium* являются экологически пластичными грибами (*F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. tricinctum*) и распространены во всех зерносеющих регионах России. Гриб *F. graminearum* исторически на территории России локализуется на Северном Кавказе и на Дальнем Востоке. Однако, начиная с 2003 года, возбудитель распространился на Северо-Западе России [111]. Важным наблюдением стало обнаружение *F. graminearum* в Уральском и Западно-Сибирском регионах, где ранее этот патоген не обнаруживался [232]. Отмечаемое потепление климата, особенно в зимние месяцы, способствует выживанию *F. graminearum* на новых территориях или же происходит его адаптация к более холодным условиям [207]. В таких европейских странах, как Англия, Нидерланды, в северной Германии и северной Польше в последние десятилетия увеличилась частота выделения *F. graminearum*, тогда как резко снизилась частота выделения *F. culmorum*, адаптированного к прохладным условиям [269]. В Уральском и Западно-Сибирском регионах доминирующими видами в комплексе грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах являются *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides* и *F. poae* [80, 162], часто встречается в микобиоте зерна и *F. graminearum* [244]. Разнообразие видов *Fusarium* и микотоксинов выше в зерне пшеницы по сравнению со овсом и ячменём [244]. Анализ образцов зерна из азиатской части России показал, что содержание дезоксинивалонола (ДОН) в зерне пшеницы в 5 раз выше, чем его содержание в зерне ячменя, а в зерне овса этот микотоксин не обнаружен [244]. Сравнительный анализ токсигенных видов фузариозов, ассоциированных с зерном пшеницы из трёх регионов России: Поволжья, Урала и Западной Сибири показал, что в последнем значительно выше заражённость зерна и его контаминация микотоксинами (ДОН, Т-2/НТ-2) [232].

Заражение колоса чаще всего происходит во время цветения, пыльца растений оказывает стимулирующее влияние на рост грибов [288, 267]. Первые

симптомы болезни можно наблюдать в фазе молочной спелости – заражённые колоски преждевременно обесцвечиваются и хорошо заметны на фоне здоровой зелёной ткани. На колосковых чешуях появляется налёт мицелия и спороношения гриба, который со временем уплотняется и приобретает оранжевую или розовую окраску [68]. Некоторые виды фузариий (*F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. tricinctum*) окрашенной споровой массы на поверхности колоса не образуют [207]. Напротив, грибы рода *Microdochium* могут вызывать симптомы, напоминающие фузариоз колоса, однако в отличие от грибов рода *Fusarium* они не образуют вторичные метаболиты, токсичные для теплокровных животных [31].

В зависимости от глубины проникновения мицелия патогена зерно может быть невсхожим или из него развиваются слабые, поражённые гнилью проростки. Заражённые зерна часто имеют сморщенный вид, белёдые, иногда с пятнами розового цвета (ГОСТ 31646-2012 [47]). Наряду с зёрнами, имеющими типичные признаки фузариоза в образце зерна всегда присутствуют зёрна без видимых симптомов поражения, при этом несущие внутреннюю инфекцию и микотоксины.

Если рассматривать стратегию фунгицидной защиты от фузариоза колоса, то наиболее рациональным будет внесение фунгицидов до цветения культуры [215]. Химическими методами защиты проблема фузариоза зерна решается не полностью. По данным В. Г. Иващенко (2004), детоксикация зерна не даёт ощутимого эффекта, а биологическая эффективность фунгицидов не превышает 50–60 % [87]. Приоритет в борьбе с фузариозом колоса принадлежит генетическому методу защиты в сочетании с агротехническим. Иммуных к фузариозу колоса сортов зерновых культур нет, однако генотипы различаются по степени устойчивости. Большинство европейских сортов мягкой пшеницы средневосприимчивы, а тетраплоидные пшеницы (*Triticum durum*) – высоковосприимчивы к фузариозу колоса [1, 273, 283]. Устойчивость растений к фузариозу колоса не видоспецифична, то есть сорт, устойчивый к одному виду *Fusarium*, проявляет устойчивость и к другим видам этого рода, это было подтверждено, как минимум, для видов *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides* [234, 243, 273]. Поэтому при искусственном заражении удобнее

всего использовать вид, вызывающий явную форму фузариоза колоса (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. heterosporum*) [216].

Существует несколько типов физиологической устойчивости зерновых культур к фузариозу, которые не всегда связаны друг с другом: I – устойчивость к проникновению патогена; II – к распространению патогена по колосу; III – устойчивость зёрен к заражению патогеном; IV – толерантность; V – способность к аккумуляции и/или деградации микотоксинов [274, 285]. То есть устойчивость к фузариозу колоса и зерна имеет разные механизмы и контролируется разным набором генов. Существует высокая степень корреляции между степенью поражения фузариозом колоса и его распространённостью; связь между внешним проявлением фузариоза колоса и фузариозом зерна слабее [214].

Устойчивость к фузариозу колоса относится к горизонтальной, поскольку проявляется количественно, расонеспецифическая, контролируется полигенно большим количеством малых генов, подвержена сильному влиянию погодных условий и, при этом, является долговременной [218].

Для оценки устойчивости зерновых культур к фузариозу колоса в качестве инокулюма используют смесь штаммов одного доминирующего в данном регионе вида гриба [88].

Селекция фузариозоустойчивых сортов осложнена широкой специализацией возбудителей болезней, узкой генетической основой резистентности, множественностью типов устойчивости и механизмов защиты растений. Наряду с генетически обусловленной специфической устойчивостью к фузариозу колоса, большую роль играют и механизмы неспецифической (фенотипической) защиты растений от заражения: высота растений, скороспелость (продолжительность вегетационного периода), синхронность колошения и цветения, плотность колоса, поникающая форма колоса при созревании, интенсивность аттракции (налива зерна), архитектура растения и ценоза и др. [2, 127]. Комплексное изучение на искусственном инфекционном фоне генотипов овса показало, что увеличение продолжительности второй половины вегетации, наличие устойчивости к полеганию и заражению патогенами, уменьшение высоты растений и увеличение

длины метёлки способствовали увеличению заражённости зерна грибами *Fusarium* [164]. Образцы овса с продолжительным периодом вегетации при их заражении токсинопродуцирующими видами *Fusarium* накапливают значительно больше микотоксинов по сравнению со скороспелыми образцами [248]. В исследовании Ю. К. Шашко (2019) показана отрицательная связь между комплексом показателей фузаризоустойчивости (распространённость и развитие болезни, фузариоз зерна) с периодом «всходы-цветение», а также высотой растений [214]. По данным Mesterházy (2003) более устойчивыми были высокие, безостые, с рыхлым колосом сорта пшеницы [272]. Тем не менее высокорослые растения более склонны к полеганию и при контакте с поверхностью почвы имеют большую вероятность заразиться грибами рода *Fusarium*, чем неполегающие.

В последние годы наметился значительный прогресс в повышении устойчивости сортов к болезни. Широкое вовлечение в селекционные программы доноров специфической устойчивости к фузариозу колоса (Frontana, Buck Palenque) и источников, имеющих неспецифическую природу и хорошую «сортотобразующую» способность (Дея, Дельта, Афина, Таня, Сила, Лавина), позволило создать сорта нового поколения – Адель, Уруп, Гурт, Велена, Хамдан, Таулан, Ахмат, Стиль 18, Лео, показавшие за годы изучения на искусственном инфекционном фоне устойчивость к фузариозу колоса на уровне всемирно известного донора Sumai 3 [127]. В структуре сортовых посевов озимой пшеницы в Краснодарском крае устойчивые и умеренно устойчивые к фузариозу колоса сорта занимали около половины от общей площади культуры, что позволило в региональном масштабе снизить развитие болезни и производить зерно, свободное от фузариотоксинов [127].

Мучнистая роса, наряду с ржавчиной, септориозом и фузариозом колоса относится к группе экономически значимых болезней пшеницы. Высокая экологическая пластичность возбудителя и способность продуцировать в большом количестве заразное начало в течение вегетации растения-хозяина способствует широкому распространению заболевания и нередко приводит к существенным потерям урожая (до 20–30 % и более) [172]. Эффективным способом

противодействия болезни является выращивание сортов, характеризующихся генетической устойчивостью. Однако непрерывно образующиеся в природе новые расы гриба поражают ранее устойчивые сорта, что требует их смены.

По данным литературных источников [190] в период 1995–2015 гг. фитосанитарная обстановка по основным болезням пшеницы в Тюменской области характеризовалась как умеренно-напряжённая. Наибольшее распространение и развитие имел септориоз. Средние показатели развития болезни за указанный период составили 10,3 %. Эпифитотии наблюдались в 1999 г. – до 24 % (при распространении до 74 %), 2000 г. – 17 %, 2001 г. – 15 %, 2006 г. – 16 %, 2008 г. – 18 %, когда был превышен экономический порог вредоносности. В остальные годы показатели развития болезни были в диапазоне 4,4–13 %. Бурая ржавчина проявлялась на посевах пшеницы в меньшей степени. Среднее значение развития болезни составило 8,3 % (при среднем распространении 37,4 %). Сильнее всего болезнь проявила себя в 2010 г. на посевах поздних сроков (посевы ранних сроков пострадали меньше, поскольку установившаяся жаркая и сухая погода не способствовала переходу заболевания с озимых культур на яровые). Максимальное поражение в тот год было отмечено в Упоровском районе Тюменской обл. – распространение болезни составило 100 % при развитии 23,8 %. Показатели развития мучнистой росы в среднем находились на уровне 3,7 %, в отдельные годы не превышали 10 %, за исключением 2000 г., когда они достигли 19 %, тем самым превысив пороговое значение вредоносности [190].

В условиях Западной Сибири распространёнными и экономически значимыми болезнями яровой пшеницы являются также тёмно-бурая пятнистость (гельминтоспориоз), жёлтая пятнистость листьев (пиренофороз), головнёвые болезни (пыльная головня и твёрдая головня), корневые гнили (гельминтоспориозная и фузариозная).

Зерно пшеницы часто поражается во время хранения плесневыми грибами (*Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp.). Споры плесневых грибов сохраняются в зернохранилищах и при благоприятных условиях (повышенная влажность и температура) могут вызвать массовое заражение зерна.

«Плесени хранения» значительно снижают качество зерна, способны образовывать опасные продукты метаболизма [104]. Для пшеницы, ржи, ячменя уровень влажности при хранении зерна до года не должен превышать 14,5 %, при длительном хранении (более года) – 13 % [89].

Эпифитотии, или массовые заболевания растений, возникают при сочетании следующих условий: на определённом участке накапливается большой запас инфекции возбудителя болезни; в ареале развития болезни выращивают высоковосприимчивые к данному возбудителю сорта растений; условия окружающей среды оптимальны для развития данного патогена [65].

Складывающиеся в течение сезона агроэкологические условия оказывают значительное, зачастую решающее влияние на развитие болезней пшеницы. Эти условия определяются погодными факторами и агротехнологией возделывания культуры. Основными погодными факторами являются осадки, относительная влажность и температура воздуха. Их состояние может благоприятствовать развитию болезни или, напротив, препятствовать [225]. Каждый вредный объект и его отдельный представитель (вид, раса, биотип) имеют строго определённые оптимумы и минимумы факторов развития. Все существующие методы разработки фитосанитарных прогнозов основаны на математических, эмпирических, логических и других моделях, характеризующих связь интенсивности проявления вредных организмов с погодой [225].

Развитию фузариоза колоса при наличии инфекционного начала в значительной степени способствуют температура воздуха выше 15 °С в период цветения-созревания растений и повышенная (более 71 %) влажность воздуха (осадки, роса, туманы, близкое расположение источников воды). Условия окружающей среды значительно влияют на патогенность грибов и продуцирование ими вторичных метаболитов, и не всегда эти условия совпадают с условиями оптимального роста гриба [207].

В табл. 1.4 отражены погодные условия, благоприятные для развития наиболее вредоносных в Западной Сибири болезней яровой пшеницы – бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы.

Таблица 1.4 – Погодные условия в межфазный период «трубкование – цветение» пшеницы, благоприятные для развития бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы [171]

Бурая ржавчина	Среднесуточная температура воздуха 14–18 °С, количество осадков 40–120 мм/мес.
Септориоз	Среднесуточная температура воздуха 14–22 °С, число дней с осадками более 4–5 (за 20 дней). Продолжительное увлажнение растений более – 20–30 часов
Мучнистая роса	Дождливая туманная погода, ожидаемая сумма осадков более 30–40 мм, продолжительность увлажнения листьев более 24 часов, высокая относительная влажность воздуха – более 80 %

Чем раньше происходит заражение посевов, тем больший период времени развивается патоген, выше степень поражения растений и существеннее потери урожая зерна [196]. Критическим моментом в развитии листостебельных болезней является период от выхода в трубку до «колошения – цветения» (ф. 31–61). В это время формируется верхний ярус растений, за счёт фотосинтезирующей деятельности которого формируется до 80 % урожая. У практиков бытует такое выражение: «защити флаглист и будешь с урожаем» [131].

Установив интенсивность развития болезни на данный период, по состоянию погоды можно спрогнозировать её конечное развитие и соответствующие потери урожая. Для оценки потерь урожая применяют специальные шкалы. Например, при интенсивности развития мучнистой росы на яровой пшенице в период колошения – цветения 20 %, недобор урожая составит предположительно 8 %, при 70 % – 21 % [224]. При 30 %-ой поражённости листьев септориозом, урожай снижается в среднем на 10 %, свыше 75 % – на 40 %.

Факторами, способствующими развитию болезней, являются агротехнологические приёмы, снижающие устойчивость растений к болезни или повышающие инфекционный потенциал возбудителя, такие как поверхностная и безотвальная обработки почвы, возделывание по зерновому предшественнику, внесение повышенных доз азотных удобрений, густой стеблестой, полегание растений, близко расположенные агроценозы озимой пшеницы, засорённость

злаковыми сорняками, размещение посевов на защищённых от ветра местах, в долинах рек и котлованах с частыми туманами и др. [68].

Важнейшим фактором, определяющим возможность и интенсивность развития болезни, является устойчивость районированных сортов растения-хозяина. Устойчивость сортов пшеницы разнопланова. Зачастую высокоурожайные и ценные по пищевым и технологическим показателям сорта являются восприимчивыми к болезням. Устойчивость непостоянна во времени. С появлением новых рас и биотипов, образующихся в результате формообразовательных процессов или просто заносимых из сопредельных территорий, ранее устойчивые сорта становятся сильно поражаемыми. Селекция пшеницы на устойчивость к грибным патогенам вследствие постоянно протекающей сопряжённой эволюции в системе «хозяин-паразит» должна представлять непрерывный процесс. Селекционеры и иммунологи стремятся придать своим сортам комплексную, длительно сохраняющуюся устойчивость к патогенам, однако это весьма трудная задача. Сорта, будучи устойчивыми к одним заболеваниям, могут сильно поражаться другими. Растениеводство России располагает значительным числом сортов зерновых культур, устойчивых к ржавчине и мучнистой росе, однако мало сортов, устойчивых к септориозным пятнистостям, пиренофорозу, фузариозу колоса, корневым и прикорневым гнилям [174]. Эффективным средством фитосанитарного контроля является использование многосортных посевов («мозаики» сортов) с разнообразной по генотипам устойчивости структурой. Гетерогенные посева обеспечивают более высокую урожайность по сравнению с моносортными, снижают вероятность эпифитотий [174]. Любой сорт, даже при отличных показателях урожайности и качества не должен превышать 10–15 % от общей посевной площади зоны возделывания. Площадь посева однородного объекта, значительно превышающая «критическую посевную площадь», способствует быстрому развитию болезней [19, 175].

Сведения об устойчивости возделываемых сортов к тому или иному заболеванию приводятся в специальных публикациях, научных статьях и пр. На официальном сайте «Государственный реестр селекционных достижений,

допущенных к использованию» представлена следующая информация об устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы, рекомендованных для возделывания в Тюменской области [51]:

АВИАДа – умеренно восприимчив к пыльной головне, восприимчив к твёрдой головне, корневым гнилям, сильновосприимчив к бурой ржавчине, мучнистой росе, септориозу;

Ворожея – умеренно устойчив к твёрдой головне и бурой ржавчине, слабовосприимчив к септориозу, сильновосприимчив к пыльной головне;

Гренада – умеренно устойчив к стеблевой ржавчине, восприимчив к пыльной головне и септориозу, сильновосприимчив к корневым гнилям, твёрдой головне и бурой ржавчине, в полевых условиях средне поражен мучнистой росой;

Екатерина – сильновосприимчив к корневым гнилям и бурой ржавчине, восприимчив к мучнистой росе, в полевых условиях сильно поражен пыльной головнёй;

Икар – восприимчив к пыльной головне, сильновосприимчив к твёрдой головне, бурой ржавчине и мучнистой росе, септориозу;

Ирень – среднеустойчив к мучнистой росе, восприимчив к септориозу, корневым гнилям, стеблевой ржавчине, сильновосприимчив к пыльной и твёрдой головне, бурой ржавчине;

Ишимская 12 – умеренно восприимчив к мучнистой росе, восприимчив к пыльной головне, в полевых условиях слабо поражен бурой ржавчиной, по данным заявителя, умеренно восприимчив к твёрдой головне;

КВС Аквилон – в полевых условиях поражение пыльной головнёй не отмечалось, средне поражен бурой ржавчиной и септориозом;

Мелодия – восприимчив к твёрдой головне, бурой ржавчине и мучнистой росе, сильновосприимчив к корневым гнилям, в полевых условиях слабо поражен пыльной головнёй;

Нива 55 – в полевых условиях очень слабо поражен бурой и стеблевой ржавчинами, средне – пыльной головнёй;

Новосибирская 15 – умеренно восприимчив к твёрдой головне, сильновосприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам, к мучнистой росе;

Новосибирская 31 – умеренно восприимчив к бурой ржавчине и септориозу, в полевых условиях сильно поражался пыльной головнёй;

Омская 36 – восприимчив к пыльной и твёрдой головне, сильновосприимчив к бурой ржавчине;

Рикс – восприимчив к пыльной и твёрдой головне, септориозу, корневым гнилям, мучнистой росе, бурой ржавчине;

Тюменская 29 – устойчив к твёрдой головне; умеренно восприимчив к мучнистой росе, восприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам, корневым гнилям и септориозу, в полевых условиях очень сильно поражался пыльной головнёй;

Тюменская 25 – умеренно устойчив к твёрдой головне, восприимчив к пыльной головне, мучнистой росе, септориозу и корневым гнилям, сильновосприимчив к бурой ржавчине;

Тюменская юбилейная – восприимчив к пыльной головне и стеблевой ржавчине, сильновосприимчив к корневым гнилям, мучнистой росе и бурой ржавчине;

Чернява 13 – слабовосприимчив к пыльной и твёрдой головне, восприимчив к корневым гнилям, сильновосприимчив к бурой ржавчине.

В работе М. В. Полякова и В. М. Губановой (2014) при испытании сортов пшеницы (Новосибирская 15, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 44, Икар, Ирень, Омская 36) на устойчивость к комплексу листостебельных болезней наибольшая восприимчивость к мучнистой росе отмечена у сорта Икар (развитие инфекции 30 %), в посевах сортов Новосибирская 31 и Омская 36 болезнь не наблюдалась [158]. Септориозом в наибольшей степени поражался сорт Новосибирская 15 (43 %), в наименьшей – Омская 36 (0,6 %). Наиболее восприимчивым к бурой ржавчине оказался сорт Ирень (11,8 %), наиболее устойчивым – Новосибирская 31 (растения не поражались) [158].

Результаты устойчивости районированных сортов пшеницы к болезням на опытном поле Тюменской СХА (2012) показывают, что наиболее сильное поражение бурой ржавчиной было характерно для сортов – Тюменская 80, Новосибирская 15, относительно слабое – для сортов Казахстанская 10, СКЭНТ-1, АВИАДа, Ирень [120].

Оценка Е. Ю. Тороповой с соавт. (2016) поражённости септориозом 19 сортов яровой пшеницы не выявила устойчивых форм. Наименее поражаемыми (15–20 %) были листья сортов Новосибирская 31 и Мелодия, максимальное развитие болезни на флаговом листе (50–70 %) выявлено на сортах Новосибирская 89, Новосибирская 29, Алтайская 105, Памяти Афродиты, Казахстанская 10, Ирень [191]. Колос был меньше всего поражён у сортов Лютесценс 70, Мелодия, Казахстанская 10, максимальное развитие септориоза колоса (50–70 %) отмечено на сортах Икар, Ирень, Памяти Афродиты, Новосибирская 15, Новосибирская 18. Коэффициент корреляции развития септориоза листьев и колоса составил 0,4, между заражением флаг-листа и свежееубранного зерна – 0,7, между заражением колоса и свежееубранного зерна – 0,5. При анализе партий семян из сортов яровой пшеницы наиболее восприимчивыми были Новосибирская 29, Новосибирская 31, Омская 28, наименее – Омская 36 [191].

Оценка устойчивости коллекции из 23 сортов яровой мягкой пшеницы к септориозу листьев и колоса в северной лесостепи Приобья [194] показала отсутствие иммунных к возбудителям септориоза форм растений. В фазе налива зерна все сорта имели признаки поражения септориозом, однако напряжённость эпифитотического процесса существенно отличалась по сортам и учётным органам. Была выявлена тенденция дифференцированного проявления устойчивости сортов к септориозу листьев и колоса. Часть сортов показала относительную устойчивость к септориозу листьев при сильном поражении колоса, другие, напротив, были более устойчивы к септориозу колоса при сильном поражении листового аппарата. Комплексную устойчивость к септориозу и листьев, и колоса продемонстрировали сорта Тюменочка (Тюменская обл.) и

Зауралочка (Курганская обл.), имеющие в фазе начала налива зерна полностью здоровый колос при слабом поражении флагового листа [194]. Распространённость септориоза достигала 100 % на всех без исключения сортах. Сила влияния фактора «условия года» на развитие септориоза листьев составила 18–25 %, фактора «сорт» – в 3,5–10 раз ниже [194].

В исследованиях С. А. Бабкеновой (2017) на фоне искусственного заражения растений проведена оценка остойчивости более 600 сортов пшеницы к возбудителю *S tritici*. По итогам иммунологической оценки отобраны устойчивые и умеренно устойчивые образцы яровой мягкой пшеницы, среди которых образцы из Норвегии – Laban, Krabat и CN 06600 (соответственно 3, 3 и 4 балла поражения по 9-балльной шкале Сари-Прескотта) [13].

1.5. Фитопатологические исследования семян пшеницы на заражённость болезнями

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от качества посевного материала. Важным этапом оценки качества семян является фитопатологическая экспертиза – определение количественного и качественного состава патогенов, передающихся с посевным материалом. Семена по химическому составу – полноценная питательная среда для развития многих организмов, поэтому свободного от микрофлоры посевного материала не существует [27]. Патогенная микробиота семенного зерна может вызывать гибель проростков и всходов, корневые гнили, уменьшение продуктивной кустистости, ослабление растений и, как следствие, приводить к снижению урожайности и качества зерна нового урожая [27, 30]. Некоторые грибы и бактерии продуцируют токсичные вторичные метаболиты.

Результаты фитопатологической экспертизы, проводимой ежегодно специалистами ФГБУ «Россельхозцентр», показывают, что заражённость болезнями семян зерновых культур в последние годы находится на уровне 32 % (среднее 2018–2022 гг. по РФ). Доля семян, заражённых альтернариозом, составляет 18,4 %, гельминтоспориозом – 5,8 %, плесневыми грибами – 3,7 %,

фузариозом – 2,6 %, септориозом – 0,7 %, бактериальная инфекция обнаруживается у 0,5 % семян (среднее 2018–2022 гг.) (рис. А.9 приложения А). Также отмечается инфицированность зерна твёрдой головней, сетчатой пятнистостью ячменя, красно-бурой пятнистостью овса и др. Семена яровой мягкой пшеницы по сравнению с яровым ячменём и овсом в большей степени подвержены заражению грибами родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Parastagonospora* (рис. А.10 приложения А).

Наблюдается широкий разброс показателей заражённости семян болезнями по субъектам РФ и в различных партиях зерна. В Тюменской области в отдельные годы регистрируются повышенные уровни заражения семян яровой пшеницы альтернариозом (например, в 2022 г. составили 47,5 %, 2020 г. – 38 %, 2018 г. – 40 %). Максимальные показатели заражённости различными болезнями в отдельных партиях зерна могут достигать 90–100 % (табл. А.2 приложения А).

Анализ широты экологических ниш разных фитопатогенов на семенах яровой пшеницы по зонам Тюменской области, проведённый Л. В. Марченко (2007), показал, что в подтаёжной зоне доминирует заселение семян видами рода *Alternaria* spp. – 46,4 %, затем в убывающем порядке идут *Fusarium* spp. – 9,3 %, бактериальная микрофлора – 4,4 %, *Helminthosporium* spp. – 2,4 % и плесневые грибы – 2,4 %. В лесостепной зоне преобладают грибы рода *Alternaria* spp. – 47,2–54,1 %, затем идут *Helminthosporium* spp. – 13,4–29,8 %, *Fusarium* spp. – 5,3–5,4 %, плесневые грибы – 3,7–4,7 % и бактерии – 2,0–2,8 % [125].

По данным В. Н. Тимофеева (2012), в условиях Тюменской области уровень инфицированности семян яровой пшеницы грибами рода *Alternaria* составил 22–69 %, заражённость грибами рода *Fusarium* достигала 5–15 %, и грибом *Bipolaris sorokiniana* – 4–10 % [189].

Е. Ю. Гороповой (2017) при оценке фитосанитарных качеств семян яровой мягкой пшеницы из хозяйств Западной Сибири в период 2006–2016 гг. показано, что средняя заражённость семян *Bipolaris sorokiniana* составила 12,9 %, *Fusarium* spp. – 19,9 % (превышение пороговых значений – 10 % выявлено в 80 % партий), *Alternaria* spp. – 58,4 %, *Penicillium* spp. – 3,6 %, *Parastagonospora nodorum* – 6,5 %, *Pseudomonas syringae* (бактериоз) – 2,5 % [193]. Распространённость

грибов рода *Fusarium* в Западной Сибири ежегодно превышает пороговые величины (10 %) для большинства семенных партий яровой пшеницы [129]. При оценке фитосанитарных качеств семян яровой мягкой пшеницы из хозяйств Западной Сибири в период 2013–2021 гг. (более 600 партий семян) средняя заражённость семян *Bipolaris sorokiniana* составила 14,7 % (мин...макс – 0...42 %), *Fusarium* spp. – 25,1 % (3...78 %), *Alternaria* spp. – 58,2 % (25...100 %), *Penicillium* spp. – 3,2 % (0...15 %), *Parastagonospora nodorum* – 8,2 % (0...36 %) [204]. Отмечена тенденция увеличения доли партий, инфицированных видами грибов из рода *Fusarium*. Заселённость семян яровой мягкой пшеницы фузариевыми грибами достигала 78 %, многократно превышая пороговые значения, а около половины партий были инфицированы на 10 % и более, что требует обязательного протравливания перед посевом. На семенах яровой пшеницы постоянно присутствовал достаточно широкий набор видов рода *Fusarium*, среди которых с разной частотой встречались *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. equiseti*, *F. solani*, *F. incarnatum*, *F. heterosporum*, *F. acuminatum* и др. [129].

По данным специалистов филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Тюменской области в 2022 году средневзвешенный процент заражения семян яровой пшеницы находился на уровне 42,4 %, из них средний процент заражения альтернариозом составил 35,3 % (максимальный процент некоторых партий превышал 60 %), фузариозом – 2,2 %, гельминтоспориозом – 2,1 %, плесневыми грибами – 1,7 % [168].

Микроорганизмы, заселяющие зерно, различаются по своей патогенности, поэтому важна не только степень инфицированности, но и состав патогенов [34, 37, 74]. Грибы рода *Alternaria* имеют несколько меньшее значение как фитопатогены и источники контаминации зерна злаков по сравнению с видами *Fusarium*. Семена, несущие в себе инфекционное начало *Alternaria*, обычно имеют хорошую всхожесть и дают здоровые проростки, в отличие от семян, заражённых грибами других родов (*Fusarium*, *Cochliobolus* и др.) [128]. Иногда отмечается даже слабое положительное влияние видов *Alternaria* на качество семян зерновых культур [7].

В некоторых случаях внутренняя альтернариозная инфекция угнетает прорастание семян, ослабляет всходы или приводит их к гибели. Причиняемый ущерб оценивается по-разному, вероятно из-за того, что грибы этого рода представляют собой неоднородную группу [32]. Многие вторичные метаболиты грибов *Alternaria* являются микотоксинами, оказывающими генотоксическое, мутагенное и канцерогенное действие на организм потребителя загрязнённой продукции [286]. Одним из наиболее распространённых и опасных вторичных метаболитов *Alternaria* spp. является альтернариол [233]. В настоящее время содержание микотоксинов грибов *Alternaria* в зерне не регламентируется [161]. В случае *Fusarium* такие виды, как *F. graminearum* или *F. culmorum*, считаются более агрессивными, чем *F. poae* [295].

На всхожесть семян наряду с физиологическими особенностями вида влияет глубина проникновения грибницы в ткани семени [132].

Состав микробного сообщества, колонизирующего зерна пшеницы, динамичен из-за влияния природных и антропогенных факторов. Зачастую решающую роль в том, кто из представителей микробиоты получит преимущество, играют складывающиеся условия окружающей среды [122]. Например, при исследовании распространения *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. на топографически неоднородном поле пшеницы (холмы, впадины) установлено, что количество спор фузариевых грибов было выше в местах с более влажным и прохладным микроклиматом, отложение же спор альтернариий не коррелировало ни с одним из микроклиматических условий и было более равномерным по полю [230]. Сорты пшеницы различаются по устойчивости к фузариозу зерна [208], в тоже время сортовые особенности пшеницы и культура-предшественник практически не влияют на заражённость зерна видами *Alternaria* [32]. Выявление закономерностей заражения растений патогенами в изменяющихся условиях (годовые колебания погодных условий, изменения технологии возделывания культур) является актуальной задачей настоящего времени.

Сроки проведения фитоэкспертизы зерна влияют на результаты выявления заражённости и видового состава патогенных микромицетов. В процессе хранения

происходит естественное оздоровление семян от фузариозной инфекции; микотоксины сохраняются в зерне гораздо дольше самого организма [221].

Экологизированным способом защиты семян пшеницы является использование биофунгицидов, в том числе в сочетании со сниженной нормой химического протравителя. Данный способ позволяет достаточно эффективно предотвратить развитие гельминтоспориоз-фузариозных корневых гнилей яровой пшеницы [100]. При оценке необходимости предпосевной обработки семян и подборе средств защиты посевов учитывают не только результаты фитоэкспертизы семян, но и почвенно-климатические особенности региона, систему обработки почвы, предшественник, погодные условия и сроки сева, восприимчивость сорта к конкретным патогенам, а также экономическую эффективность [195].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Для проведения работ иммунологических работ был выбран специальный участок в таёжной агроэкологической зоне (Тобольский район, Карачинское сельское поселение, д. Долбилова) с наиболее оптимальными для создания инфекционного фона условиями (рис. 2.1). Важным фактором является удалённость данного участка от семеноводческих и производственных посевов зерновых культур, что минимизирует риск нежелательного распространения инфекции. Кроме того, участок находится в непосредственной близости с природным источником воды (на берегу р. Рычкова), что способствует созданию благоприятных условий для развития грибковых патогенов. Вокруг экспериментального участка расположен лесной массив, обеспечивающий защиту от ветров и создавая естественный барьер для распространения фитопатогенов.



Рисунок 2.1 – Полевой инфекционный питомник (Тобольский район Тюменской обл.)

Объектом исследования являлись генотипы яровой мягкой пшеницы – Казахстанская 10, Лютесценс 70, Икар, СКЭНТ-3, АВИАДа, Омская 36, Рикс, Тюменская 25, Тюменская 29 (последовательно районированы по области (1990 –

2013 г.)), Тюменская 27, Тюменская 30, Тюменская 31, Тюменская 32, Тюменская 33, Тюменец 2, Аделина, Терция, Лютесценс 585, Серебряна, CN 06600, Krabat, Laban. Эти сорта были выбраны не случайно: каждый из них имеет свои уникальные характеристики, которые могут влиять на восприимчивость к болезням и устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Из данного набора два сорта – Омская 36 и Икар в настоящее время входят в Топ-10 сортов яровой пшеницы по объёмам высева в РФ [91]. Сорта Казахстанская 10 и Рикс относятся к среднепоздним, сорта Лютесценс 70, Икар, СКЭНТ-3, АВИАДа, Тюменская 25, Тюменская 29 – к среднеспелым, сорт Омская 36 – к среднеранним. По качеству зерна сорта Лютесценс 70, Омская 36, Тюменская 25, Тюменская 29 относятся к ценной пшенице, сорта АВИАДа, Икар, Рикс, СКЭНТ-3 – к филлерам [51].

Сортообразцы яровой мягкой пшеницы были предоставлены селекционно-семеноводческим центром НИИСХ Северного Зауралья, что гарантировало высокое качество семенного материала. Посевы проводились вручную на 3-х рядковых делянках (длина рядка – 1 м, ширина междурядья – 15 см) по 100 семян в рядок в четырёхкратной повторности (размещение рандомизированное) (рис. 2.2).

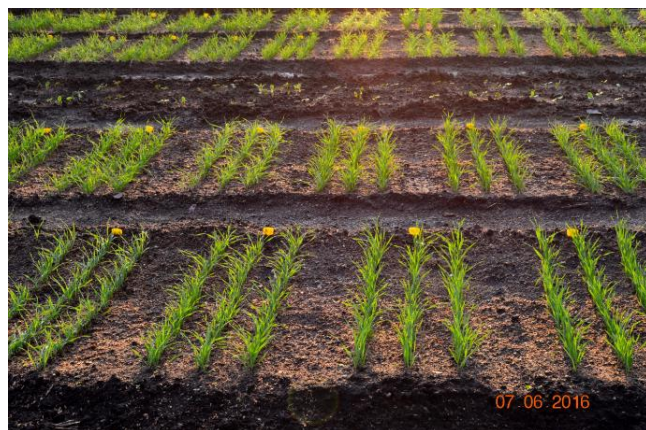


Рисунок 2.2 – Растения яровой пшеницы в фазе кущения на экспериментальном участке в разные годы исследования

Для искусственного заражения растений использовали смесь штаммов доминирующего в данной местности гриба *F. avenaceum*. Предварительно

проводили выделение и идентификацию грибов в поражённом зерне, выращенном в данной местности. Для получения чистых культур использовали метод посева решёткой на питательную среду Чапека [185] (рис. 2.3).

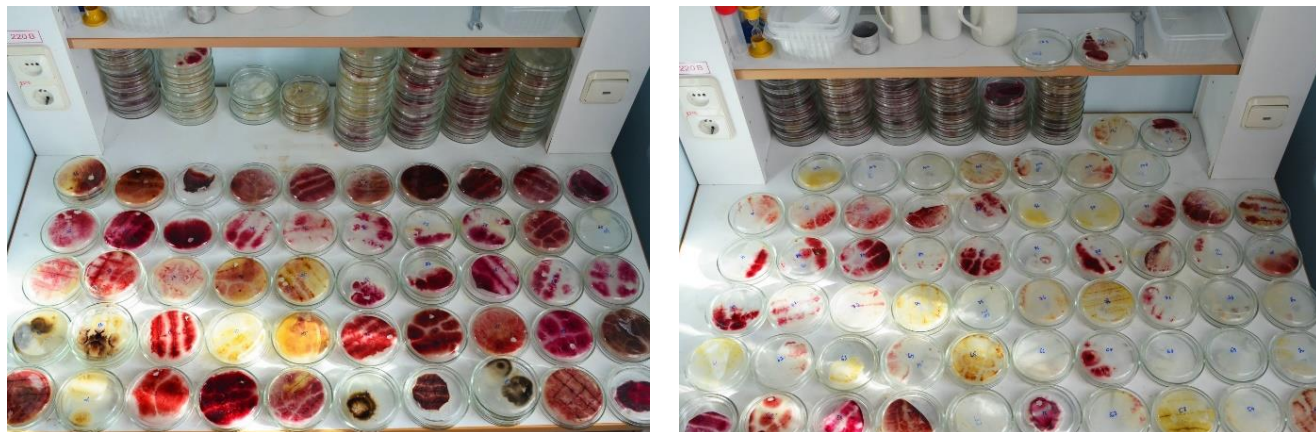


Рисунок 2.3 – Выделение грибов *Fusarium* spp. в чистую культуру

Выросшие в чашках Петри моноспоровые колонии *F. avenaceum* пересевали в пробирки на скошенную агаризованную среду Чапека и культивировали в термостате при температуре 22 °С в течение 7 суток. Из пробирок небольшое количество выросшей культуры гриба переносили в колбы ёмкостью 500 мл на стерилизованное увлажнённое зерно пшеницы. Предварительно в колбы засыпали 200 г зерна, добавляли 200 мл воды, оставляли на ночь для набухания, затем содержимое колб стерилизовали паром в автоклаве 20 мин. при 121 °С (1 атм.) и охлаждали. Колбы помещали в термостат и выращивали гриб при температуре 22 °С в течение 20–25 суток (рис. 2.4). В день инокуляции растений готовили водную суспензию спор (4×10^6 конидий в 1 мл). Концентрацию спор определяли с помощью микроскопа в камере Горяева. Во время массового цветения колосья пшеницы опрыскивали суспензией спор при помощи пульверизатора (норма расхода – 150 мл на 1 м²) (рис. 2.5). После заражения растения укрывали на ночь полиэтиленовой плёнкой с целью создания влажной камеры. Использовали металлический поддерживающий каркас.

Изучали следующие типы физиологической устойчивости зерновых культур к фузариозу: устойчивость к проникновению и распространению патогена по

колосу; устойчивость зёрен к заражению патогеном.



Рисунок 2.4 – Культивирование *F. avenaceum* в пробирках на питательной среде Чапека и в термостате на зерне пшеницы



Рисунок 2.5 – Инокуляция колосьев пшеницы суспензией спор *F. avenaceum* и создание влажной камеры

После уборки растений с каждой делянки в случайном порядке отбирали 50 побегов, проводили осмотр колосьев. Оценивали:

1) Распространённость фузариоза колоса (%) – доля колосьев с симптомами фузариоза (оранжевый налёт макроконидий на колосковых чешуйках) в общей выборке колосьев ($n = 50$):

$$X = \frac{100N_{\phi}}{N},$$

где 100 – коэффициент пересчёта (%), N_{ϕ} – количество побегов с симптомами

фузариоза, N – общее количество побегов ($n=50$).

2). Развитие болезни на колосе (%) – доля поражённых фузариозом колосков в колосе в среднем по выборке:

$$X = \left(\sum \frac{100n\phi}{n} \right) / N_{\phi},$$

где 100 – коэффициент пересчёта (%), n_{ϕ} – количество колосков с симптомами фузариоза, n – общее количество колосков в колосе, N_{ϕ} – количество побегов, поражённых фузариозом.

Через три месяца после уборки растений определяли:

1) Заражённость зерна фузариозом (%) – доля зёрен, поражённых фузариумами, к общему числу анализируемых зёрен:

$$X = \frac{100n\phi}{n},$$

где 100 – коэффициент пересчёта (%), n_{ϕ} – количество зёрен, заражённых *Fusarium* spp., n – общее количество зёрен ($n = 100$)

2) Содержание фузариозных зёрен (%) – доля зёрен, имеющих внешние отличительные признаки фузариоза, в общей пробе (ГОСТ 31646-2012 [47]):

$$X = \frac{100m\phi}{m},$$

где 100 – коэффициент пересчёта (%), m_{ϕ} – масса фузариозных зёрен в навеске (г), m – масса навески (г) ($m \approx 50$ г).

При оценке заражённости зерна использовали метод влажной камеры. Из среднего образца брали 100 зёрен без отбора по внешним признакам. Для удаления поверхностной заспоренности зерна тщательно промывали проточной водопроводной водой с добавлением моющего средства, затем стерилизовали в 0,5 % растворе KMnO_4 в течение 3 мин. (рис. 2.6).

После стерилизации зёрна вновь промывали стерильной водой (трижды), раскладывали в чашки Петри на увлажнённую двухслойную фильтровальную бумагу и помещали в термостат (25 °C). На 8 сутки оценивали заражённость зерна при использовании стереомикроскопа (Stemi 508, Carl Zeiss, Германия) и светового микроскопа (Микмед-6, Ломо, Санкт-Петербург) (рис. 2.7). Дополнительно проводили морфометрический анализ проростков – определяли число зародышевых

корней, длину побега, длину корней, массу побега и массу корней.



Рисунок 2.6 – Промывание и стерилизация семян пшеницы



Рисунок 2.7 – Раскладка стерилизованных семян пшеницы в чашки Петри и анализ их заражённости болезнями

Оценивали степень поражения растений листостебельными болезнями на естественном инфекционном фоне одновременным осмотром всей делянки. Проводили несколько учётов в период от появления первых симптомов на растениях до полного усыхания листьев, но основной являлась оценка в период максимального проявления болезни. Уровень развития инфекции определяли по шкалам Петерсона, Джеймса, Саари и Прескотта [126]. Возбудителей пятнистостей листьев идентифицировали при использовании микробиологических методов.

Для перевода балльной оценки развития болезни в процентную использовали формулу:

$$R = \frac{\sum(n \times b)}{N \times K} \times 100\%,$$

где $\sum(n \times b)$ – сумма произведений числа больных растений (n) на соответствующий им балл поражения (b), N – общее количество учётных растений, K – наивысший балл поражения шкалы учёта.

В фазе колошения растений определяли линейные размеры и рассчитывали площадь флагового и предфлагового листьев по формуле [276]:

$$A = L \times W \times 0,835,$$

где L – длина, W – максимальная ширина.

После уборки на 30 растениях с каждой делянки анализировали количественные признаки: число растений и побегов на 1 м^2 , общую и продуктивную кустистость, длину стебля и колоса, число колосков и зёрен в колосе, массу зерна с колоса, массу 1000 зёрен (ГОСТ 10842-89 [39]); рассчитывали плотность колоса по формуле:

$$\text{Плотность} = (S-1)/D,$$

где S – число колосков в колосе, D – длина стержня в сантиметрах.

Определяли содержание и качество клейковины в зерне по методике ГОСТ 13586.1-68 [42].

Проводили фитопатологическую экспертизу семян яровой мягкой пшеницы, выращенной на государственных сортоиспытательных участках Тюменской области (рис. 2.8), расположенных в разных почвенно-климатических зонах – Нижнетавдинском, Аромашевском (II зона – подтайга), Ялуторовском, Омутинском, Ишимском (III зона – северная лесостепь) и Бердюжском (IV зона – южная лесостепь) (рис. 2.9). Всего проанализировано 78 образцов урожая 2015 года и 66 образцов – 2016 года (табл. 2.1).

Отбор проб проводили по ГОСТ 12036-85 [40]. Из разных мест партии брали точечные пробы, которые затем объединяли. Из объединённой пробы выделяли среднюю пробу методом квартования в размере 200 г и помещали в бумажный пакет.



Рисунок 2.8 – Отбор образцов семян на Ишимском ГСУ



Рисунок 2.9 – Расположение государственных сортоиспытательных участков и Тобольского опытного участка на карте Тюменской области (разработан автором)

Таблица 2.1 – Исследованные сортообразцы яровой мягкой пшеницы

Сорт	2015 г.						2016 г.					
	Н	А	Я	О	И	Б	Н	А	Я	О	И	Б
АВИАДа	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Икар	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лютесценс 70	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рикс	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
СКЭНТ-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тюменская 25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тюменская 29	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Омская 36	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Чернява 13	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Новосибирская 31	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+
Новосибирская 15			+				+	+	+	+	+	+
Тобольская	+	+	+	+	+	+						
Тюменская 33	+	+	+		+	+						
Казахстанская 10			+	+	+	+						

Примечание: Н – Нижнетавдинский ГСУ, А – Аромашевский ГСУ, Я – Ялуторовский ГСУ, О – Омутинский ГСУ, И – Ишимский ГСУ, Б – Бердюжский ГСУ

Лабораторный анализ микрофлоры семян проводили через 9 месяцев после уборки растений, использовали метод влажной камеры (см. выше). Оценивали:

- 1). лабораторную всхожесть семян;
- 2). заражённость семян патогенами (определяли по количеству инфицированных каждым патогеном зерновок, приходящихся на 100 семян образца (%));
- 3). поражение проростков по 4-балльной шкале (1 – здоровый проросток, 2 – точечные некрозы ткани, 3 – сильный некроз, значительное отставание в росте, 4 – полная гибель),
- 4). показатель развития болезни проростков семян (Р) по ГОСТ 12044-93 [41]:

$$P = \frac{\sum(a \times b)}{4n} * 100,$$

где, a – среднеарифметическое значение количества поражённых семян по каждому баллу, b – соответствующий балл поражения, n – количество семян в рабочей пробе.

Определяли содержание фузариозных зёрен (рис. 2.10) по ГОСТ 31646-2012 [47] (см. выше).



Рисунок 2.10 – Фузариозные зёрна пшеницы

Химический анализ почвы выполняли в химико-экологической лаборатории ТКНС УрО РАН (аттестат аккредитации №РОСС RU.0001.516420). Определяли гранулометрический состав почвы по методу Рутковского, содержание нитратного азота (ГОСТ 26488-85 [46]), подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011 [49]), гумуса (метод И. В. Тюрина), рН водной (ГОСТ 26423-85 [44]) и солевой (ГОСТ 26483-85 [45]) вытяжек. При описании метеорологических условий использовали архив сайта gr5.ru (ООО «Расписание Погоды», г. Санкт-Петербург, лицензия Росгидромета №1691595 Р/2013/2331/100/Л) [166].

Для статистического анализа и визуализации данных использовали программный пакет Statistica, разработанный компанией StatSoft, и программу Microsoft Excel. При проверке статистических гипотез применяли: критерий Колмогорова-Смирнова (Kolmogorov-Smirnov test) – проверка гипотезы о соответствии эмпирического распределения теоретическому; коэффициент корреляции Пирсона (Pearson) – оценка линейной взаимосвязи между двумя переменными; коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Spearman) – определение нелинейных зависимостей и данных с порядковой шкалой; непараметрический критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U test) – сравнение двух независимых выборок и непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA) – сравнение трёх и более независимых выборок. Выбор

непараметрических методов обусловлен тем, что эмпирическое распределение исследуемых признаков не всегда подчинялось «закону Гаусса» (закону нормального распределения). Критический уровень статистической значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. Для определения степени изменчивости признаков рассчитывали коэффициент вариации – CV, % (Coefficient of Variation) [109], показатели пластичности (b_i) и стабильности (S^2d_i) [245].

Почва опытного участка – аллювиальная (располагается в долине рек Тобол и Рычкова), агроизменённая. По химическому составу характеризовалась средними запасами гумуса – $4,5 \pm 0,3$ %, высокой обеспеченностью нитратным азотом ($N-NO_3^-$ – $17,2 \pm 1,6$ мг/кг, очень высоким содержанием подвижного фосфора ($P-P_2O_5$) – 1151 ± 4 мг/кг (рис. А.11 приложения А), нейтральной реакцией – pH $7,1 \pm 0,0$, по гранулометрическому составу классифицировалась как тяжёлый суглинок (рис. 2.11).

Избыток фосфора характерен для территорий, где уже много столетий вносят навоз на одни и те же поля [24]. Ежегодное внесение повышенных количеств минеральных фосфорных удобрений также приводит к накоплению остаточного химиката. Село Карачино образовано четыре столетия назад (в 1624 г.). Ранее здесь находилось древнее татарское поселение Карачин-городок. Во второй половине 18 века в Карачинской волости проживало более тысячи человек. В Советское время на территории Карачинского сельского поселения располагались колхозные земли (центральным являлся колхоз «Сталинский путь», который затем переименовали в «Заря коммунизма»). Однако, следует отметить, что источники фосфора в почве могут не ограничиваться только сельскохозяйственной деятельностью. Почвообразующие породы, как фундаментальный источник, играют ключевую роль в обеспечении фосфором почвы [154]. Процессы выветривания материнской породы высвобождают фосфор, который затем вовлекается в биологический круговорот. Кроме того, важную роль играют аллохтонные источники [123]. Значительные количества фосфора могли поступать в пойменные почвы вместе с паводковыми водами реки Рычкова, богатой фосфором (эвтрофный водоём). Таким образом,

зафосфачивание почвы экспериментального участка – результат длительного и сложного взаимодействия различных факторов, начиная с исторических особенностей землепользования и заканчивая геологическими и гидрологическими особенностями местности. Многовековая история села, сочетающая традиционные методы земледелия с интенсивными сельскохозяйственными практиками XX века, в сочетании с природными факторами, привела к формированию ситуации с избыточным содержанием фосфора в почве.



Рисунок 2.11 – Почвенный разрез на экспериментальном участке Тобольского района Тюменской области (д. Долбилова) (58.00336 с.ш. 68.12231 в.д.)

Вегетационные периоды 2014–2016 гг. резко отличались по уровню тепло- и влагообеспеченности. Разница средней температуры вегетационного периода прохладного года и года с повышенным тепловым режимом составила 4,8 °С, по количеству осадков влажный и засушливый годы отличались в 2,5 раза. В 2014 г. наблюдались низкие температуры воздуха – 14,3 °С в среднем за весь

вегетационный период (на 1,8 °С ниже среднеголетних значений) и дефицит осадков – 153 мм в сумме (60 % от нормативных показателей). При этом относительная влажность воздуха была высокой – 75,3 % (на 4,4 % выше нормы). В конце августа – начале сентября фиксировались отрицательные температуры (до -1,7 °С). Вегетационный период 2015 г. отличался обилием осадков – 384 мм (150 % от нормы). Другие метеорологические показатели были близки к среднеголетним – средняя температура воздуха за период вегетации составила 15,5 °С, а относительная влажность – 71,3 %. В 2016 г. в процессе роста и развития растений регистрировались повышенные температуры воздуха – 19,1 °С в среднем (на 3,0 °С выше нормативных значений). Количество осадков и относительная влажность находились на уровне среднеголетних показателей – 251 мм и 70,2 % соответственно.

Сравнительный анализ метеорологических данных в годы исследования и за последние двадцать лет (за период с 1 июня по 31 августа) показал, что в 2014 г. отмечались минимальные значения средней температуры воздуха, в 2016 г. – максимальные, а в 2015 г. – рекордное количество осадков. Таким образом, погодные условия в период 2014–2016 гг. были наиболее контрастными по гидротермическому режиму (рис. 2.12).

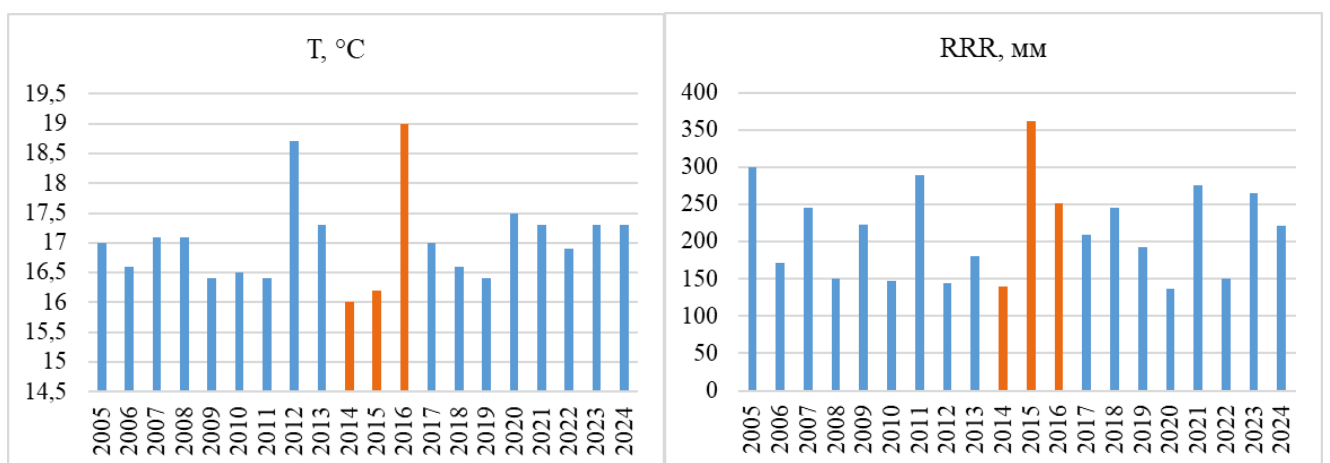


Рисунок 2.12 – Многолетняя динамика средней температуры воздуха (Т) и суммы выпавших осадков (RRR) за летний период в Тобольском районе

Фиксировались резкие колебания температуры воздуха, относительной влажности, а также неравномерное количество осадков в течение вегетационного периода (рис. А.12 приложения А). Основное количество осадков приходилось на его середину, в 2015 и 2016 гг. наблюдались сильные ливневые дожди – до 39 и 47 мм в сутки соответственно. В начале вегетации растений выпадало существенно меньше осадков (сибирский тип).

Таким образом, пшеница в период исследования подвергалась различным абиотическим стрессам (заморозки, проливные дожди, дефицит осадков и тепла и пр.). Резкая контрастность погоды по тепло- и влагообеспеченности в годы исследования позволила дать объективную оценку изученным генотипам яровой мягкой пшеницы.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Анализ структуры урожая и качества зерна яровой пшеницы в условиях таёжной агроэкологической зоны Тюменской области

Выявлена существенная разница в продолжительности вегетационного периода между годами – до 27 суток. Максимальная продолжительность периода «всходы–полная спелость» наблюдалась в прохладных условиях 2014 г. (до 110 суток), минимальная – в жарких 2016 г. (до 83 суток). Межсортовые различия в продолжительности вегетационного периода сильнее проявились в год с пониженным тепловым режимом (2014) – до 9 суток; особенно отчётливо они фиксировались в фазе цветения (раньше всех – на 57 сутки зацвел сорт Тюменская 31, наиболее поздно – на 66 сутки начиналось цветение сортов Казахстанская 10 и Рикс). В год с высокими среднесуточными температурами воздуха (2016) сортообразцы характеризовались более дружным созреванием – различия в продолжительности вегетационного периода не превышали 4 суток.

Сорта в зависимости от сроков созревания дифференцированы на пять подгрупп спелости (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Дифференциация сортов яровой пшеницы по группам и подгруппам спелости

Среднеранние		Среднеспелые	Среднепоздние	
79–102 сут.*	80–104 сут.	81–106 сут.	82–108 сут.	83–110 сут.
Тюменская 31	Тюменская 25 Тюменская 27 Тюменская 29 Тюменская 30 Тюменская 32 Тюменская 33 Лютесценс 70 Аделина	Омская 36 Тюменец 2 СКЭНТ-3 Икар Лютесценс 585 АВИАДа Laban CN 06600	Кrabat Серебряна Терция	Рикс Казахстанская 10

Примечание: *Диапазон продолжительности периода «всходы–полная спелость зерна» (2014–2016 гг.)

В табл. В.1 приложения В отражены данные совокупности элементов продуктивности растений пшеницы в разные годы вегетации, в табл. В.2 приложения В – статистически значимые различия в уровне признаков по годам.

Представлены значения коэффициентов вариации (CV) изученных признаков по трём годам исследования (табл. В.1 приложения В).

Усреднённые по сортам показатели полевой всхожести семян в 2014 г. составили 78 %, в 2015 г. – 83 %; в 2016 г. наблюдались минимальные значения данного признака – 73 %, что было связано с более низкими посевными качествами семян. В 2016 г. для посева использовались семена урожая предыдущего года, для которого были характерны сильные ливневые дожди в середине периода вегетации, что привело к полеганию растений и увеличению их заражённости болезнями. Сохраняемость растений в первый год исследования характеризовалась довольно высокими значениями – 92 %, во второй и третий годы находилась на уровне 86 %. В итоге при норме высева семян 500 шт./м² среднее число растений к уборке урожая в первые два года эксперимента составило по 356 шт./м², в третий год относительно невысокая всхожесть семян и сохраняемость растений привели к снижению средней численности растений до 310 шт./м².

Следует обратить внимание на такую особенность морфологии растений яровой пшеницы, как высокая кустистость – в среднем от 2,3 до 3,0 побегов на одно растение (в разные годы исследования), что может быть связано с «краевым эффектом», плодородием почвы и пониженными температурами воздуха во время фазы кущения.

Количество растений на единице площади, как правило, обратно связано с их кустистостью – снижение первого элемента приводит к увеличению другого. Однако в 2016 г. этого не произошло, напротив, растения при небольшой численности по сравнению с предыдущими годами, имели минимальный коэффициент кущения – 2,3 побега на одно растение против 3,0 и 2,8 в 2014 и 2015 гг. соответственно. Известно, что на энергию кущения сильное влияние оказывает продолжительность кущения. Высокие показатели температуры воздуха 2016 г., в том числе в первой трети вегетации растений (превышали показатели предыдущих лет на 1,1–1,5 °С), привели к сокращению продолжительности фазы кущения и образованию меньшего количества боковых побегов. Общее число сформированных побегов в третий год исследования составило в среднем

705 шт./м², что было примерно на треть ниже численности побегов в 2014 г. (1047 шт./м²) и 2015 г. (988 шт./м²). Дефицит побегов в 2016 г. компенсировался значительным увеличением доли продуктивных побегов – до 92 % в среднем по сортообразцам, в то время как в первый год исследования она составила 81 %, а во второй – всего 65 %. Показатели продуктивной кустистости в 2014, 2015 и 2016 гг. составили соответственно 2,4, 1,8 и 2,1 побегов на растение, что существенно превышало средние значения данного признака по Тюменской области – 1,0–1,4 [159].

Продуктивный стеблестой вместе с продуктивностью колоса являются основными элементами, слагающими урожайность зерновых культур. Эти составляющие урожая являются обобщающими и охватывают ряд более мелких показателей. Максимальная численность продуктивных побегов растений пшеницы была зафиксирована в 2014 г. – 846 шт./м², что примерно на четверть превышало таковую в 2015 (624 шт./м²) и 2016 (646 шт./м²) годах. При этом масса зерна с колоса в первый год исследования была минимальной – 0,82 г, что было на треть меньше продуктивности колоса в 2015 г. (1,27 г) и на четверть – в 2016 г. (1,09 г). Таким образом, наблюдалось явление компенсации, когда недостаток развития одного элемента урожайности (продуктивного стеблестоя) компенсировался усиленным формированием другого (продуктивности колоса). В результате уровень урожайности по годам исследование варьировал не столь значительно по сравнению со структурными элементами, что указывает на определённую буферность системы и способность растений адаптироваться к неблагоприятным условиям. Наиболее высокие показатели урожайности определены в 2015 г. – 787 г/м², что на 12 % превышало уровень урожайности в первый (689 г/м²) и на 11 % во второй (700 г/м²) годы. Следует отметить, что в 2015 г. наблюдались наиболее оптимальные температуры в отличие от прохладного 2014 г. и жаркого 2016 г.

Продуктивность колоса в свою очередь определяется его озернёностью и массой зерновки. Число зёрен в колосе не имело статистически значимых различий по годам исследования и в среднем находилось на уровне 31–33 шт. В отличие от

озернённости колоса масса зерновки значительно варьировала по годам исследования. Минимальные показатели массы 1000 зёрен наблюдались в 2014 г. (26 г), данный показатель был на треть ниже массы зерновок в 2015 г. (39 г) и на четверть – значений 2016 г. (35 г). Причинами формирования щуплого зерна в первый год исследования были загущенный стеблестой, пониженный тепловой режим во время вегетации растений, а также заморозки в период налива зерна. Таким образом, продуктивность колоса в разные годы исследования зависела от массы зерновки, поскольку число зёрен в колосе было стабильным.

В отличие от озернённости колоса, число колосков в колосе варьировало по годам, в 2016 г. определены более высокие значения – 18,0 шт. по сравнению с 2014 (15,8 шт.) и 2015 (15,1 шт.) годами.

Урожай сельскохозяйственных культур формируется благодаря фотосинтетической деятельности растений. Ассимилирующими органами пшеницы являются прежде всего верхние листья, размеры которых тесно коррелируют с продуктивностью колоса, а также колос, стебли, влагалища листьев, ости. Во второй год исследования наблюдались наибольшие размеры листьев. Так, средняя по сортам площадь флагового листа в 2015 г. составила 33 см², показатели 2014 г. были ниже на 20 % (26 см²), а 2016 г. – на 25 % (25 см²). По длине колоса статистически значимых различий между годами исследования не выявлено, показатели находились в среднем на уровне 8,6–9,0 см. Растения существенно различались по длине стебля – в 2016 г. они на треть были выше относительно 2015 г. (112 см против 75 см в среднем по сортам). В 2014 г. характеризовались средними показателями (101 см).

На рис. 3.1 схематически изображены растения пшеницы в разные годы вегетации, отражено соотношение числа растений и побегов на единице площади, продуктивности колоса, размеров стебля и флагового листа (на основе усреднённых показателей по всем генотипам).

Слабое варьирование по годам исследования (CV менее 10 %) имели признаки: полевая всхожесть семян, сохраняемость растений, число растений на 1 м², длина колоса, число колосков в колосе, число зёрен в колосе, урожайность.

Изменчивость средней степени (от 10 до 20 %) была характерна для признаков: число продуктивных побегов на 1 м², общая кустистость, продуктивная кустистость, площадь флагового листа. Значительное варьирование (20 % и более) наблюдалось у признаков: число побегов на 1 м², длина стебля, масса 1000 зёрен, масса зерна с колоса.

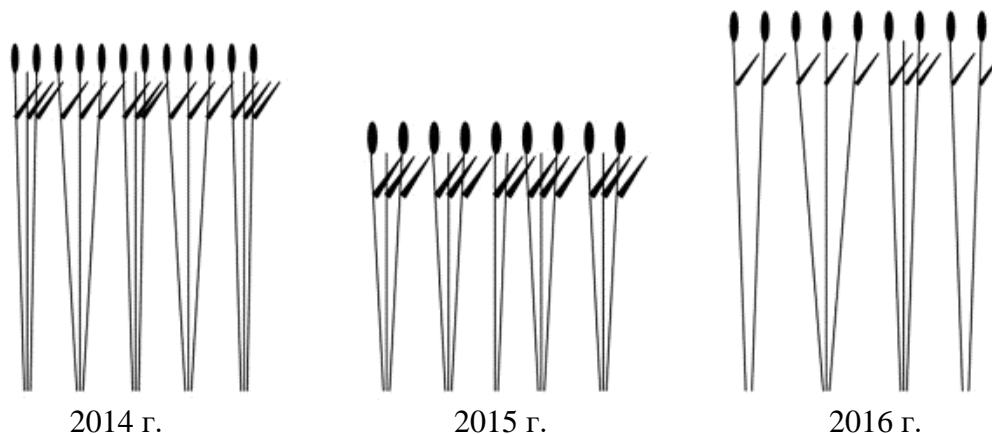


Рисунок 3.1 – Схематическое изображение растений яровой пшеницы на единице площади в разные годы вегетации (разработан автором)

Для каждого генотипа яровой пшеницы определены усреднённые за три года исследования показатели количественных признаков (табл. В.3–В.21 приложения В).

В группе среднеранних сортов по сравнению со среднепоздними выявлены более высокие значения числа продуктивных побегов, продуктивной кустистости и урожайности, и более низкие значения длины колоса и числа колосков в колосе (табл. В.3, В.22 приложения В).

С продолжительностью вегетационного периода положительно коррелировали длина колоса (коэффициент корреляции (r) составил 0,65), число колосков в колосе (0,85), число недоразвитых колосков в колосе (0,60), площадь флагового (0,61) и предфлагового (0,66) листьев и отрицательно – продуктивная кустистость (- 0,62) и число продуктивных побегов (- 0,43).

Коэффициенты вариации исследуемых признаков по сортам не превышали 10 %, за исключением CV площади флагового листа (12 %) (табл. В.3

приложения В). Более высокие значения CV (8–10 %) были характерны также для признаков: число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, площадь предфлагового листа. Наименьшие значения CV (< 5 %) имели признаки: полевая всхожесть семян, сохраняемость растений и доля продуктивных побегов. Варьирование признаков по годам исследования было значительно сильнее, нежели по сортам, за исключением длины колоса и числа зёрен в колосе, которые по годам практически не изменялись (CV составил соответственно 2 и 3 %), а по сортам наблюдалось более сильное варьирование (CV – 7 и 10 % соответственно).

Средние за период 2014–2016 гг. показатели полевой всхожести семян варьировали по сортам в диапазоне от 69 до 85 %, наиболее высокие значения (> 80 %) определены у сортов Терция, Krabat, Тюменская 32, Тюменская 33, Laban, Рикс, наиболее низкие (< 75 %) – у сортов Тюменская 30, Серебряна, АВИАДа, СКЭНТ-3, Тюменец 2 (табл. В.4 приложения В).

Показатели сохраняемости растений анализируемых сортов пшеницы находились в пределах от 81 до 93 %, самые высокие значения (> 90 %) выявлены у сортов Серебряна, АВИАДа, Омская 36, Терция, Тюменская 29, Казахстанская 10, самые низкие (< 85 %) – у сортов Krabat, Laban и Рикс (табл. В.5 приложения В).

У сорта Терция при наиболее высоких показателях всхожести семян и сохраняемости растений наблюдалось максимальное число растений, которое в среднем по годам исследования составило 385 шт./м² (при норме высева 500 шт./м²). В группу с относительно высоким числом растений на единице площади (> 350 шт./м²) также отнесены генотипы Тюменская 33, Казахстанская 10, Тюменская 29, Тюменская 32, Омская 36, Тюменская 27, CN 06600. Минимальная численность растений выявлена у сортов Тюменская 30 – 300 шт./м² и Икар – 302 шт./м² (табл. В.6 приложения В).

Число растений в период исследования определялось полевой всхожестью семян (r между среднеголетними значениями (M) данных признаков составил 0,70 (табл. 3.2) и не зависело от показателей сохраняемости растений.

Таблица 3.2 – Взаимосвязь количественных признаков у сортов яровой мягкой пшеницы (n = 22)

Признаки	M	Год		
		2014	2015	2016
Всхожесть семян & Сохраняемость растений	-	-	-	-
Число растений на 1 м ² & Всхожесть семян	0,70	0,70	0,74	0,87
Число растений на 1 м ² & Сохраняемость растений	-	0,56	-	-
Число растений на 1 м ² & Кустистость	-	-	-	-
Число растений на 1 м ² & Кустистость продуктивная	-	-0,44	-	-
Число побегов на 1 м ² & Число растений на 1 м ²	0,66	0,59	0,65	0,60
Число побегов на 1 м ² & Кустистость	0,68	-	0,77	0,57
Доля продуктивных побегов & Кустистость	-	-	-0,70	-
Доля продуктивных побегов & Число побегов на 1 м ²	-	-	-0,66	-
Число продуктивных побегов на 1 м ² & Масса зерна с колоса	-0,70	-	-0,60	-0,62
Масса зерна с колоса & Число зёрен в колосе	0,56	-	0,79	0,54
Масса зерна с колоса & Масса 1000 зёрен	-	0,65	-	0,54
Число зёрен в колосе & Число растений на 1 м ²	-0,43	-	-0,56	-
Число зёрен в колосе & Кустистость	-0,45	-	-0,43	-0,44
Число зёрен в колосе & Число побегов на 1 м ²	-0,66	-0,45	-0,69	-0,50
Число зёрен в колосе & Число продуктивных побегов на 1 м ²	-0,57	-0,44	-0,53	-0,57
Число зёрен в колосе & Масса 1000 зёрен	-0,70	-0,67	-0,62	-
Число колосков в колосе & Число незернён. колосков в колосе	0,63	0,61	0,70	0,43
Длина колоса & Число колосков в колосе	0,77	0,70	0,81	0,75
Длина колоса & Площадь флагового листа	0,83	0,82	0,63	-
Длина колоса & Площадь предфлагового листа	0,82	0,66	0,69	-
Длина стебля & Длина колоса	-	-	-	-
Длина стебля & Число колосков в колосе	-	-	-	-
Длина стебля & Площадь флагового листа	-	-	-	-
Длина стебля & Площадь предфлагового листа	-	-	-	-
Длина стебля & Число зёрен в колосе	-0,56	-0,54	-	-0,48
Длина стебля & Масса 1000 зёрен	0,63	0,71	-	0,59

Примечание: приведены статистически значимые значения коэффициента корреляции Пирсона при $p < 0,05$

Диапазон значений общей кустистости растений в выборке составил от 2,20 до 2,97 побегов на одно растение, наиболее высокие значения ($> 2,80$) отмечены у сортов Тюменская 30, Казахстанская 10, Тюменская 27, Лютесценс 70, наиболее низкие показатели ($< 2,50$) регистрировались у сортов Krabat, Тюменец 2, АВИАДа (табл. В.7 приложения В).

Среднее за период исследования число побегов варьировало по сортам от 741 до 1063 шт./м², наибольшие значения (> 1000 шт./м²) определены у сортов Казахстанская 10, Терция, Тюменская 27, наименьшие показатели (< 800 шт./м²) наблюдались у сортов с минимальным коэффициентом кущения – Krbat, Тюменец 2 (табл. В.8 приложения В).

Число побегов коррелировало с числом растений и кустистостью (табл. 3.2).

Доля продуктивных побегов в общей численности побегов колебалась по сортам от 71 до 85 %, максимальный процент продуктивного стеблестоя определён у сорта Krbat, наименьшая доля (< 75 %) – у сортов Терция, Серебряна, Казахстанская 10, АВИАДа (табл. В.9 приложения В).

Предельные значения числа продуктивных побегов у исследованных сортов пшеницы составили 597 и 794 шт./м² (табл. В.11 приложения В). Наиболее высокие показатели (> 750 шт./м²) зарегистрированы у сортов Тюменская 27, Тюменская 33, Тюменская 31, Омская 36, Тюменская 25, наиболее низкие (< 700 шт./м²) – у сортов АВИАДа, Серебряна, Тюменец 2, Krbat, Икар, СКЭНТ-3, Рикс, Тюменская 30.

Число продуктивных побегов обратно коррелировало с массой зерна с колоса (табл. 3.2), таким образом, один компонент урожайности компенсировал недостаток другого.

Масса зерна с колоса варьировала в диапазоне от 0,93 до 1,23 г и была максимальной (> 1,10 г) у сортов с небольшим числом продуктивных побегов – АВИАДа, Серебряна, Икар, СКЭНТ-3, Тюменская 30 (табл. В.12 приложения В; рис. 3.2). Минимальные значения массы зерна с колоса (< 1,00 г) определены у сортов – Терция, Тюменская 31, Казахстанская 10, CN 06600, Тюменская 33.

Максимальный уровень урожайности выявлен у сорта Омская 36 – 807 г/м², минимальный – у сорта Тюменец 2, составив 632 г/м² (табл. В.21 приложения В; рис. 3.2). Следует отметить, что данные сорта мало различались по продуктивности колоса, которая соответствовала 1,08 и 1,05 г, но имели существенные различия в численности продуктивных побегов – 762 и 622 шт./м² соответственно. Относительно высокие показатели урожайности (> 750 г/м²) наблюдались у сортов

с большим числом продуктивных побегов – Тюменская 27, Тюменская 25, Тюменская 29, Тюменская 32, Тюменская 33, СКЭНТ-3. В группу с относительно низкой урожайностью ($< 700 \text{ г/м}^2$) вошли сорта Krabat, Терция, Рикс, Казахстанская 10.

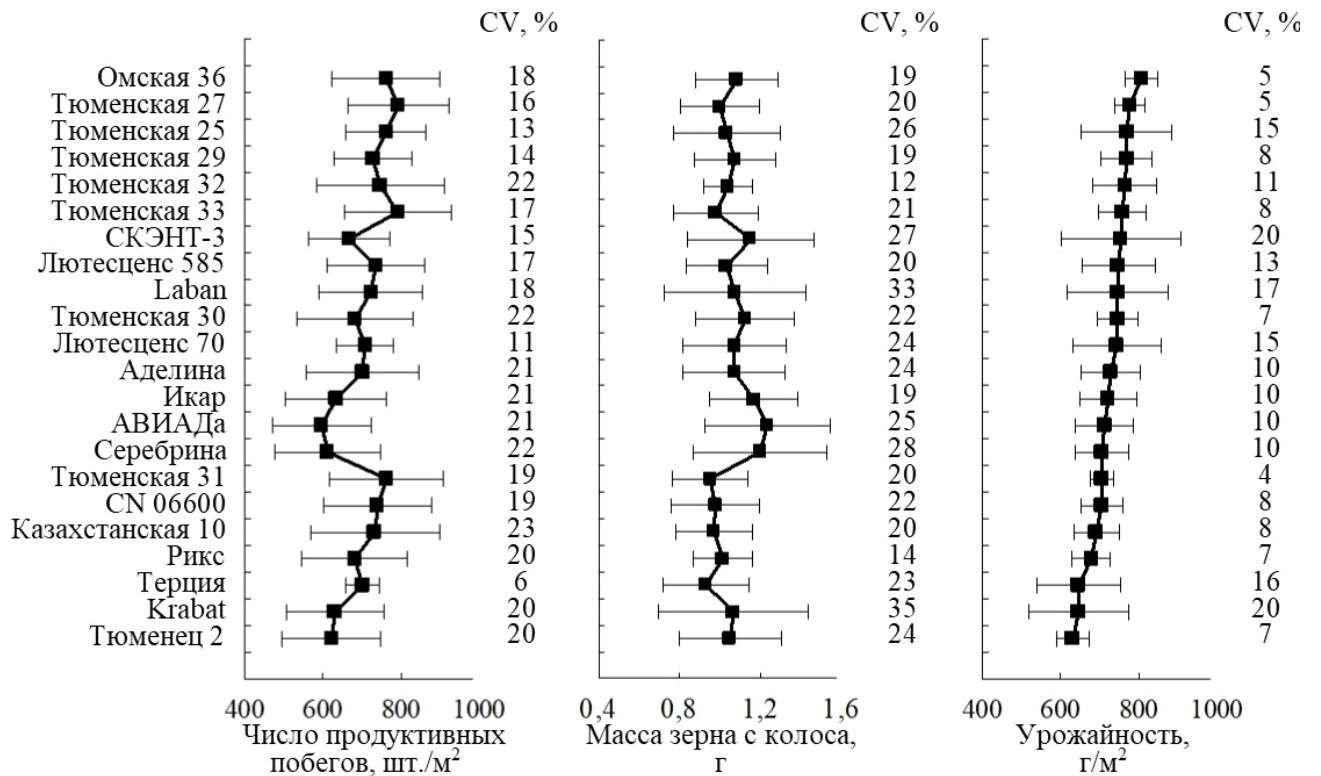


Рисунок 3.2 – Показатели урожайности и основных её структурных элементов у сортов яровой пшеницы (отражены среднее значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации (CV) (за период 2014–2016 гг.)

В целом группа среднеранних сортов пшеницы имела более высокий уровень урожайности по сравнению со среднепоздними сортами (табл. В.3, В.22 приложения В).

Продуктивность колоса складывается из числа зёрен в колосе и массы одной зерновки. У сорта Krabat озернённость колоса значительно превышала показатели других сортов – 41 шт. против 27–36 шт. (табл. В.13 приложения В). Минимальные показатели (< 30 шт.) отмечены у сортов Казахстанская 10, CN 06600, Рикс, Тюменская 32, Тюменская 31, Омская 36, Тюменская 25.

Выявлены отрицательные корреляции озернённости колоса с числом растений, числом побегов и числом продуктивных побегов (табл. 3.2). Таким образом, чем больше сорт формировал побегов, тем ниже была озернённость колосьев.

Масса 1000 зёрен колебалась в диапазоне от 25 до 37 г, наименьшие значения (< 30 г) определены у сортов с максимальным количеством зёрен – Krabat и Laban, а также у сорта Терция, наибольшие (> 35 г) – как правило, у сортов с небольшим числом зёрен в колосе – Омская 36, Тюменская 32, Рикс, Казахстанская 10, АВИАДа, Тюменская 29, СКЭНТ-3, CN 06600, Икар, Тюменская 25 (табл. В.14 приложения В).

Между числом зёрен в колосе и массой 1000 зёрен наблюдались обратные связи. Масса зерна с колоса положительно коррелировала с озернённостью колоса и массой 1000 зёрен (табл. 3.2).

В условиях таёжной агроклиматической зоны Тюменской области число зёрен в колосе не имело статистически значимых связей с числом колосков в колосе. При более высокой численности колосков у сортов было выше число неозернённых колосков (г варьировал от 0,43 до 0,70 в разные годы исследования) (табл. 3.2).

Наименьшее число колосков (< 15 шт.) имели сорта Тюменская 31 и Омская 36, наибольшее (> 17 шт.) – Казахстанская 10, Рикс, Серебрина, Krabat, АВИАДа (группа сортов с наиболее длинным вегетационным периодом) (табл. В.15 приложения В).

Сорта с высокой численностью колосков, как правило, имели более длинный колос, между данными признаками выявлена прямая связь (табл. 3.2).

Длина колоса у сортов пшеницы варьировала от 8,0 до 10,4 см (в среднем за весь период исследования), наибольшие значения (> 9,0 см) были у сортов Рикс, АВИАДа, Серебрина, Казахстанская 10, наименьшие (< 8,5 см) – у CN 06600 и Тюменская 31 (табл. В.16 приложения В).

Сорта с более длинным колосом имели большие размеры листьев – отмечены прямые связи длины колоса с площадью флагового и предфлагового листьев (табл. 3.2).

Площадь флагового листа колебалась от 21 до 34 см², наиболее крупные листья (> 30 см²) наблюдались у сортов с самым длинным колосом – Рикс, АВИАДа, Казахстанская 10, Серебряна, а также у сорта Лютесценс 70 (средняя длина колоса) (табл. В.17 приложения В).

Разброс значений длины стебля по сортам составил от 71 до 109 см в среднем за три года исследования (табл. В.19 приложения В). Минимальное значение имел сорт Krabat, у остальных сортов длина стебля превышала 89 см. Относительно небольшие показатели (< 95 см) были характерны для генотипов Laban, Тюменская 31, Тюменская 25, Икар, Тюменская 29, Тюменская 30, CN 06600, наиболее высокими (> 100 см) были сорта Омская 36, Серебряна, Тюменец 2, Рикс, Аделина, Терция.

Корреляций длины стебля сорта с длиной колоса, количеством колосков и площадью листьев не выявлено, однако в отдельные годы наблюдались обратные связи данного признака с числом зёрен в колосе и прямые связи с массой 1000 зёрен (табл. 3.2). Таким образом, высокие сорта пшеницы имели более низкую озернённость колоса и большую массу зерновки, а низкие, наоборот, большое число зёрен в колосе и относительно небольшой их вес.

Сорт Krabat выделялся на фоне других сортов своей низкорослостью, большим количеством зёрен в колосе и при минимальном числе побегов на 1 м² формировал наибольший продуктивный стеблестой. Однако при этом урожайность данного сорта была относительно низкой в связи с минимальной (среди всех сортов) массой зерновки.

Выявлена отрицательная корреляция между длиной стебля и устойчивостью к полеганию ($r = -0,46$). Наименьшая устойчивость к полеганию определена у самого высокорослого сорта – Омская 36 (2,8 балла по 10-бальной шкале), наибольшая – у сортов Krabat и Laban (9 баллов).

Урожайность сортов в разные годы имела прямые связи с продуктивной кустистостью, числом продуктивных побегов на 1 м^2 , массой зерна с колоса и массой 1000 зёрен, и обратные – с числом колосков в колосе и числом неозёрнённых колосков в колосе (табл. 3.3). Статистически значимых связей урожайности с длиной стебля, длиной колоса и площадью флагового и предфлагового листьев не выявлено.

Таблица 3.3 – Взаимосвязь урожайности с количественными признаками у сортов яровой пшеницы ($n = 22$)

Признаки	M	Год		
		2014	2015	2016
Урожайность & Продуктивная кустистость	0,64	0,46	-	0,64
Урожайность & Число продуктивных побегов на 1 м^2	0,58	0,55	-	0,61
Урожайность & Масса зерна с колоса	-	0,68	0,47	-
Урожайность & Масса 1000 зёрен	-	0,71	-	-
Урожайность & Число колосков в колосе	-0,56	-	-0,45	-0,44
Урожайность & Число недоразвитых колосков в колосе	-0,57	-	-0,52	-

Примечание: приведены статистически значимые значения коэффициента корреляции Пирсона при $p < 0,05$

В резко контрастных погодных условиях наибольшая вариативность урожайности по годам исследования ($CV = 20 \%$) была у сортов Krabat и СКЭНТ-3, наименьшая ($CV \leq 5 \%$) – у высокопродуктивных сортов Тюменская 27 и Омская 36 (табл. 3.4). Показатели CV и b_i тесно коррелировали ($r = 0,80$, $p < 0,05$).

В зависимости от значений b_i и S^2d_i исследуемые генотипы распределены на группы: 1) нестабильные, имеют лучшие результаты в благоприятных условиях ($b_i > 1$; $S^2d_i > 0$): Тюменская 25, Лютесценс 70, СКЭНТ-3, Лютесценс 585, Laban, Икар, Терция, Krabat; 2) нестабильные, имеют лучшие результаты в неблагоприятных условиях ($b_i < 1$; $S^2d_i > 0$): Тюменская 27, Тюменская 32, Тюменская 30, Тюменская 31, Тюменец 2, Рикс, Серебряна, Казахстанская 10; 3) стабильные, слабо реагируют на улучшение условий ($b_i < 1$; $S^2d_i = 0$): Омская 36; 4) стабильные, хорошо отзываются на улучшение условий ($b_i \geq 1$; $S^2d_i = 0$): Тюменская 29, Тюменская 33, Аделина, АВИАДа, CN 06600.

Таблица 3.4 – Изменчивость урожайности сортов яровой мягкой пшеницы

Сорт	Урожайность, г/м ²				± к ST, %	CV, %	b _i	S ² d _i	Группа в зависимости от b _i и S ² d _i	
	2014	2015	2016	М						
Среднеранние										
Тюменская 25 ST	651	882	776	770	-	15	1,9	0,6	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Тюменская 27	734	807	789	777	+0,9	5	0,5	0,1	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Тюменская 29	716	842	750	769	-0,1	9	1,2	0,0	b _i > 1; S ² d _i = 0	4
Тюменская 32	858	723	713	765	-0,6	11	-0,8	0,9	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Тюменская 33	731	828	715	758	-1,6	8	1,1	0,0	b _i > 1; S ² d _i = 0	4
Тюменская 30	766	784	688	746	-3,1	7	0,5	0,4	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Лютесценс 70	615	809	811	745	-3,2	15	1,2	1,7	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Тюменская 31	684	693	741	706	-8,3	4	-0,2	0,2	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Среднеспелые										
Омская 36 ST	776	855	790	807	-	5	0,8	0,0	b _i < 1 S ² d _i = 0	3
СКЭНТ-3	683	930	652	755	-6,4	20	2,8	0,2	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Лютесценс 585	746	843	655	748	-7,3	13	1,4	0,6	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Laban	619	878	740	746	-7,6	17	2,2	0,5	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Аделина	694	816	676	729	-9,7	11	1,5	0,0	b _i > 1; S ² d _i = 0	4
Икар	716	799	652	722	-10,5	10	1,2	0,3	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
АВИАДа	669	799	671	713	-11,6	10	1,4	0,0	b _i > 1; S ² d _i = 0	4
Тюменец 2	584	658	655	632	-21,7	7	0,5	0,2	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
CN 06600	675	767	673	705	-12,6	8	1,0	0,0	b _i = 1; S ² d _i = 0	4
Среднепоздние										
Рикс ST	721	691	624	679	-	7	0,1	0,5	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Серебряна	743	747	628	706	+4,0	10	0,6	0,7	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Казахстанская 10	701	630	745	692	+1,9	8	-1,0	0,2	b _i < 1; S ² d _i > 0	2
Терция	540	752	647	646	-4,9	16	1,8	0,4	b _i > 1; S ² d _i > 0	1
Krabat	544	791	604	646	-4,9	20	2,4	0,1	b _i > 1; S ² d _i > 0	1

В табл. 3.5 представлены результаты оценки количества и качества клейковины в зерне у сортов яровой мягкой пшеницы (урожай 2016 г.). Статистически значимых различий в уровне исследуемых признаков между сортами разных групп спелости не выявлено; при понижении уровня статистической значимости ($p < 0,07$) в группе среднеранних сортов по сравнению со среднепоздними определено более высокое содержание клейковины (табл. В.23 приложения В).

Таблица 3.5 – Содержание клейковины и её качество у сортов яровой пшеницы

Сорт	Количество клейковины, %	ИДК, усл. ед.	Характеристика клейковины
Среднеранние (Р)			
Тюменская 25 ST	31,5	87,6	Удовлетворительная слабая
Тюменская 27	30,7	86,3	Удовлетворительная слабая
Тюменская 29	30,5	87,0	Удовлетворительная слабая
Тюменская 32	32,5	71,0	Хорошая
Тюменская 33	31,6	84,4	Удовлетворительная слабая
Тюменская 30	31,4	86,1	Удовлетворительная слабая
Лютесценс 70	28,5	85,4	Удовлетворительная слабая
Тюменская 31	35,2	82,5	Удовлетворительная слабая
Среднее	31,5	83,8	
Среднеспелые (С)			
Омская 36 ST	28,6	71,4	Хорошая
СКЭНТ-3	25,1	73,3	Хорошая
Лютесценс 585	29,5	83,3	Удовлетворительная слабая
Лаван	29,9	88,6	Удовлетворительная слабая
Аделина	27,6	77,1	Хорошая
Икар	27,1	82,5	Удовлетворительная слабая
АВИАДа	27,9	79,9	Удовлетворительная слабая
Тюменец 2	33,8	90,9	Удовлетворительная слабая
CN 06600	37,3	92,4	Удовлетворительная слабая
Среднее	28,7	80,9	
Среднепоздние (П)			
Рикс ST	27,7	86,9	Удовлетворительная слабая
Серебрина	25,9	67,8	Хорошая
Казахстанская 10	23,6	67,1	Хорошая
Терция	25,2	81,6	Удовлетворительная слабая
KrabaT	32,7	88,7	Удовлетворительная слабая
Среднее	27,0	78,4	
p < 0,05*	-	-	

Примечание: *различия в уровне признака между группами спелости достоверны

**ИДК – индекс деформации клейковины

Отмечены обратные связи между продолжительностью вегетации у сортов пшеницы с одной стороны, и урожайностью, а также количеством клейковины в зерне с другой стороны (рис. 3.3). Таким образом, в условиях таёжной агроклиматической зоны Северного Зауралья сорта яровой пшеницы с более коротким вегетационным периодом чаще характеризовались более высокими показателями урожайности и количества клейковины в зерне по сравнению с сортами с более длинным вегетационным периодом.

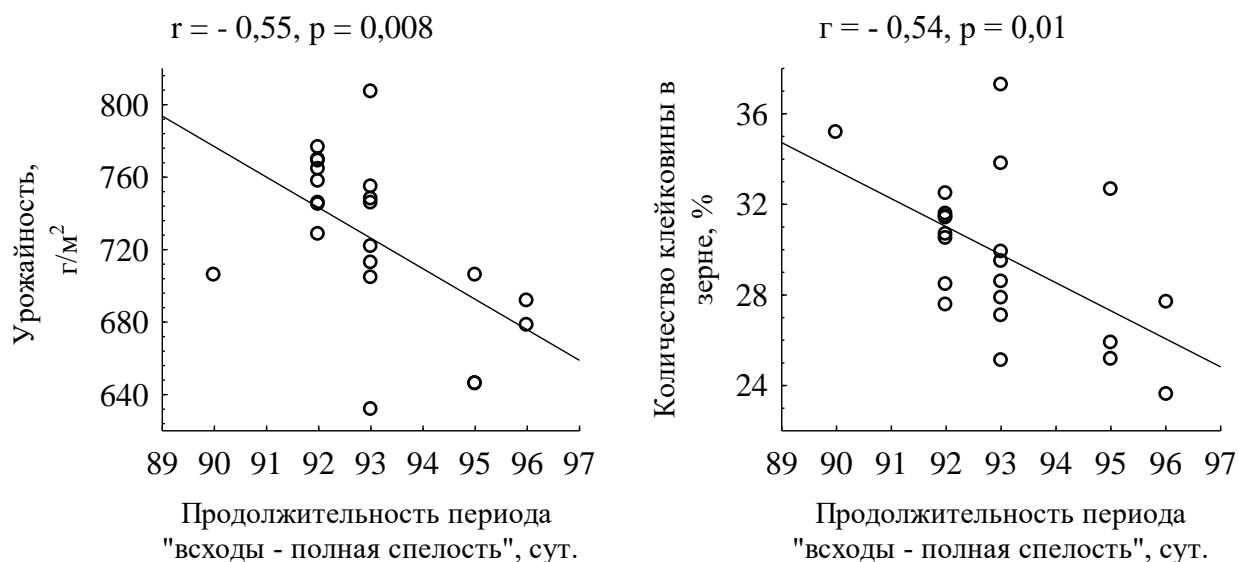


Рисунок 3.3 – Зависимость урожайности и содержания клейковины в зерне от продолжительности вегетационного периода (среднее 2014–2016 гг.) у сортов яровой мягкой пшеницы ($n = 22$)

Сравнительный анализ полученных результатов с литературными данными показывает, что растения на экспериментальном участке отличались повышенными показателями продуктивной кустистости, длины стебля, длины колоса, площади листьев и урожайности. Так, показатели продуктивной кустистости варьировали по годам исследования от 1,8 до 2,4 побегов на растение (в среднем по генотипам), в тоже время, согласно усреднённым данным по Тюменской области, коэффициент продуктивной кустистости яровой пшеницы находится на уровне 1,0–1,2. Данный факт можно связать с почвенно-климатическими условиями на экспериментальном участке (более прохладные и влажные условия в период кушения, плодородная почва) и влиянием краевого эффекта. Соответственно число продуктивных побегов на 1 м^2 в 2 раза превышало среднерегиональные показатели. При высокой численности продуктивных побегов растения пшеницы формировали массу зерна с колоса сопоставимую с усреднёнными по области показателями (1,1 г).

В табл. 3.6 в качестве примера приведены значения количественных признаков сорта Омская 36 при испытании на экспериментальном участке в сравнении с литературными данными [5].

Таблица 3.6 – Показатели количественных признаков сорта Омская 36 при испытании в таёжной агроклиматической зоне Тюменской обл. 2014–2016 (1) и изучении в КСИ (СибНИИСХ) 2007–2015 [5] (2)

Показатель	1	2
Всходы-восковая спелость, сут.	93	87
Высота растения, см	118	110
Длина колоса, см	8,9	8,0
Площадь флагового листа, см ²	24,1	18,4
Число продуктивных побегов на 1 м ² , шт.	762	339
Продуктивная кустистость	2,2	1,3
Число зёрен в колосе, шт.	29,1	36,2
Масса зерна с колоса, г	1,08	1,28
Урожайность, г/м ²	807	359
Поражение бурой ржавчиной, %	82,5	80
Поражение мучнистой росой, %	47,5	80

Основные результаты исследования, представленные в параграфе 3.1, опубликованы в рецензируемых научных изданиях и сборниках материалов конференций [67, 69–71, 73, 81].

3.2. Иммунологическая оценка генотипов яровой мягкой пшеницы на естественном (листочкельные болезни) и искусственном (фузариоз колоса) инфекционных фонах

В период исследования на экспериментальном участке Тобольского района Тюменской области сложились благоприятные условия для развития грибных патогенов пшеницы. Первые признаки листовых болезней обнаруживались в период «трубкавание – цветение» пшеницы. Максимальное проявление мучнистой росы регистрировалось в фазу молочной спелости зерна, бурой ржавчины и пятнистостей листьев – в фазу ранней восковой спелости, наиболее сильное поражение растений стеблевой ржавчиной фиксировалось в конце вегетационного периода.

В первый и второй годы исследования наблюдалось сильное поражение листьев большинства анализируемых сортов бурой ржавчиной (возбудитель – *Puccinia triticina* Erikss.) (рис. 3.4). Во время максимального развития болезни интенсивность урединий на флаговом и предфлаговом листьях достигала 90 %. Наибольшую чувствительность к болезни (поражение листьев 85–90 %) проявили сорта Тюменская 27, Тюменская 30, Лютесценс 70 (рис. 3.5). Значительное поражение (75–85 %) отмечалось также у сортов Омская 36, Тюменская 33, Khabat, Laban, СКЭНТ-3, Тюменская 32, Лютесценс 585. Средние показатели (35–75 %) имели сорта АВИАДа, Тюменская 31, Казахстанская 10, Тюменец 2, Тюменская 25, Тюменская 29, CN 06600, Икар. Наименьшее проявление (5–15 %) симптомов бурой ржавчины было характерно для сортов Серебрина, Рикс, Терция (рис. 3.6). В литературе также отмечается высокая устойчивость к бурой ржавчине сорта яровой пшеницы Терция (при его весьма высокой восприимчивости к жёлтой пятнистости) [59]. Вместе с тем, следует отметить, что в Госреестре селекционных достижений имеются указания на восприимчивость сорта Рикс к бурой ржавчине.

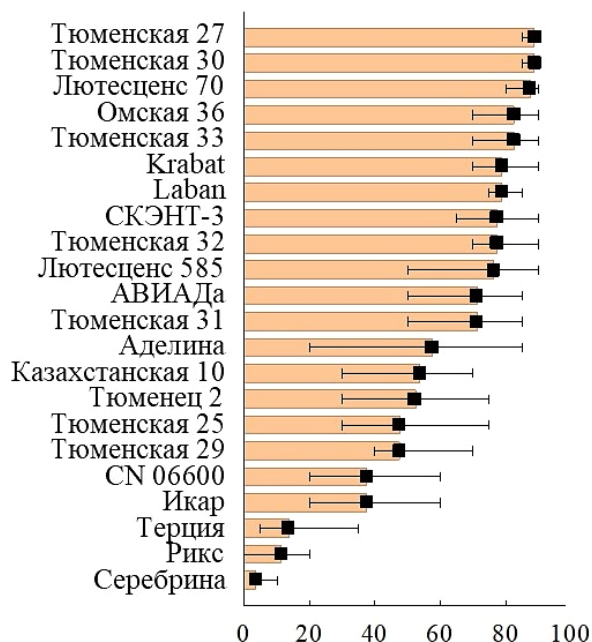


Рисунок 3.4 – Поражение бурой ржавчиной растений яровой пшеницы разной сортовой принадлежности в условиях естественного заражения, % (Тобольский район Тюменской области)

Примечание: отражены средние, минимальные и максимальные значения в повторностях опыта



Рисунок 3.5 – Поражение бурой ржавчиной растений сортов Тюменская 27 (а) и Тюменская 30 (б)



Рисунок 3.6 – Отсутствие симптомов бурой ржавчины на растениях сортов Рикс (а) и Серебряна (б)

В 2014 г. выявлено существенное поражение некоторых сортов мучнистой росой (возбудитель *Blumeria graminis* (DC.) Speer.), в 2015 и 2016 гг. симптомы болезни на растениях пшеницы не отмечались. У сортов СКЭНТ-3 и Икар проявление мучнистой росы было выражено значительно сильнее по сравнению с другими сортами, интенсивность поражения листьев достигала 70–90 %, наблюдалось наличие инфекции на всём растении, в том числе на колосковых чешуях (рис. 3.7). Усреднённые показатели развития болезни у сортов СКЭНТ-3 и Икар составили 93 и 63 % соответственно. У сорта СКЭНТ-3 зафиксировано более сильное поражение листьев, у сорта Икар – колоса. При визуальной и тактильной оценке отмечена сильная опушённость листьев первого сорта и колоса – второго

(рис. 3.8). Известно, что опушённые листья более устойчивы к поражению вредными насекомыми, однако они могут быть более восприимчивы к грибным болезням, способствуя удержанию болезнетворных спор и влаги, необходимой для их прорастания. Установлена прямая связь между опушённостью листьев и степенью их поражения возбудителем мучнистой росы ($r = 0,59$, $p < 0,05$). Относительно высокую восприимчивость к мучнистой росе проявил также сорт Омская 36 (48 %) – наблюдалось поражение листьев нижнего и среднего яруса, у некоторых растений инфекция присутствовала на флаговом листе. Наименьшую чувствительность (0–10 %) к болезни проявили сорта Krabat (симптомы отсутствовали), Тюменская 27, Тюменская 29, Тюменец 2, Лютесценс 70, Тюменская 25, Laban, CN 06600, Тюменская 33.

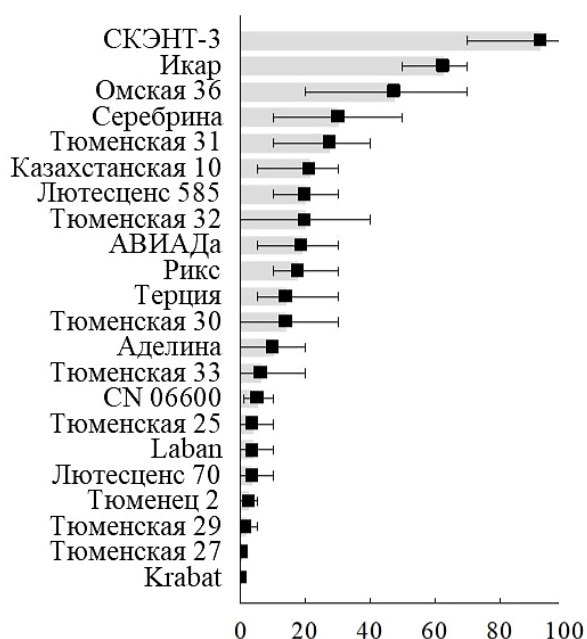


Рисунок 3.7 – Поражение мучнистой росой растений яровой пшеницы разной сортовой принадлежности в условиях естественного заражения, % (Тобольский район Тюменской области)

Примечание: отражены средние, минимальные и максимальные значения в повторностях опыта



Рисунок 3.8 – Симптомы мучнистой росы на колосе (а) и листьях (б) сорта Икар

В литературных источниках при испытании сортов пшеницы также выявлена высокая восприимчивость к мучнистой росе сорта Икар, при этом отмечалось, что в посевах сорта Омская 36 болезнь не наблюдалась [158]. В Госреестре селекционных достижений имеются данные о восприимчивости к мучнистой росе сортов Тюменская 25 и Тюменская 29, в наших исследованиях они проявили относительную устойчивость к этой болезни.

В период наблюдений получили распространение пятнистости листьев. При микроскопическом анализе обнаруживались главным образом споры возбудителей септориоза (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous и *Parastagonospora avenae* (A. V. Frank) Quaedvlieg, Verkley & Crous) (рис. 3.9) и тёмно-бурой пятнистости листьев (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) (рис. 3.10). Диагностика разновидностей пятнистости листьев в полевых условиях была затруднительна вследствие сходства симптомов гельминтоспориоза и септориоза, отсутствия в некоторых случаях спороношения гриба при наличии признаков болезни, а также по причине наличия на одних и тех же листьях пятен, вызванных разными патогенами. Симптомы болезней проявлялись в виде жёлто-коричневых пятен неправильной формы, которые, разрастаясь, вызывали усыхание листьев (рис. 3.11).

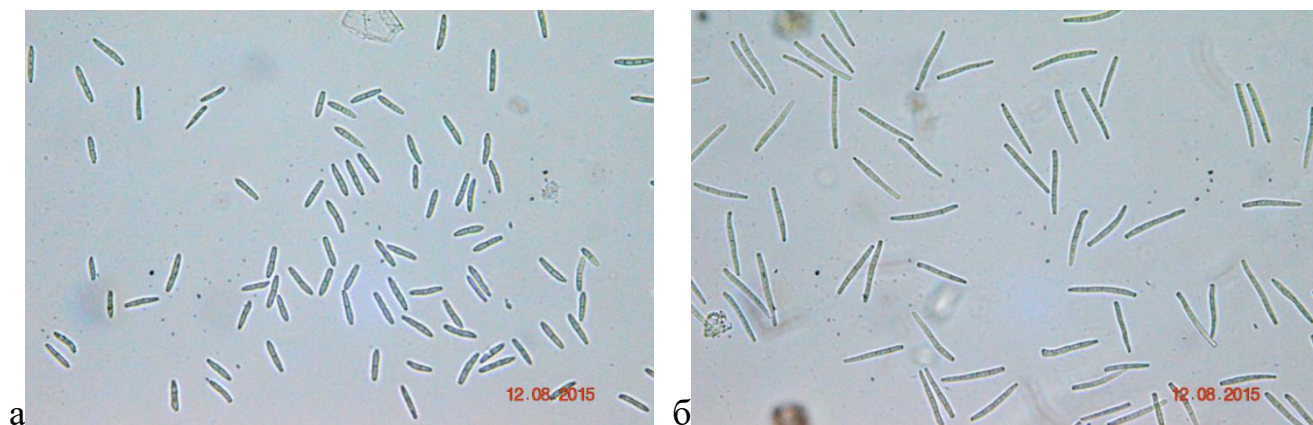


Рисунок 3.9 – Пикноспоры возбудителей септориоза листьев: а – *P. nodorum*, б – *P. avenae*

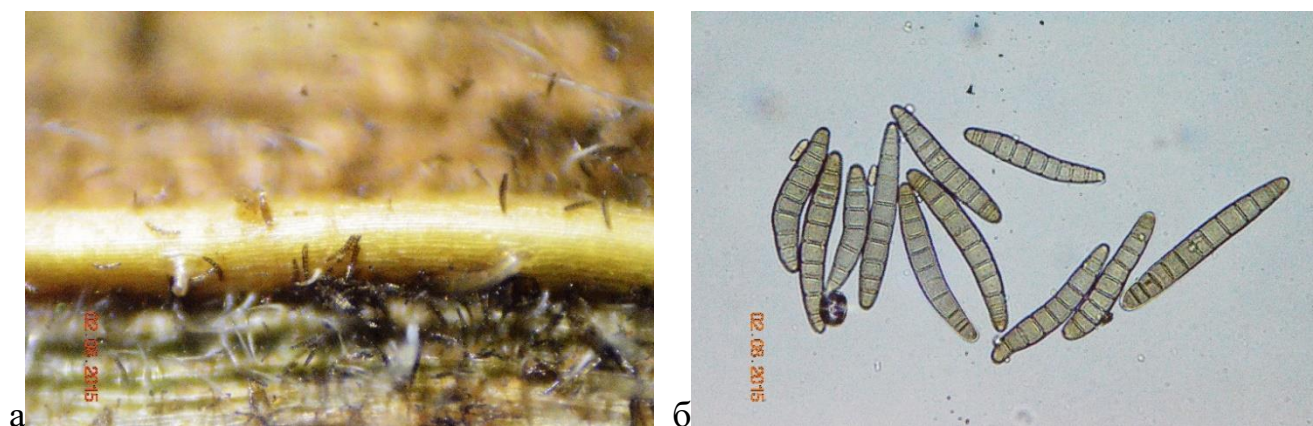


Рисунок 3.10 – Конидии *Bipolaris sorokiniana*: а – на листе пшеницы, б – смыв с поверхности листа пшеницы



Рисунок 3.11 – Симптомы пятнистостей листьев на растениях сортов Krabat (а) и Рикс (б)

На рис. 3.12 отражена степень поражения анализируемых сортов пшеницы пятнистостями в фазе молочной спелости зерна вегетационного периода 2014 г. (в фазе восковой спелости наблюдалось увеличение развития пятнистостей). Наибольшую восприимчивость к болезни проявил сорт Тюменская 32 – наблюдалось сильное поражение листьев, расположенных ниже флагового листа со следами инфекции на флаговом листе (7 баллов по шкале Саари и Прескотта), усреднённые показатели развития симптомов болезни на листьях составили 63 %. Довольно высокие значения регистрировались также у сортов Лютесценс 70 и Лютесценс 585, Тюменская 33 и Тюменская 27. Минимальные показатели (в пределах 1–1,5 %) были характерны для генотипов Krabat, Омская 36, СКЭНТ-3, Икар, CN 06600.

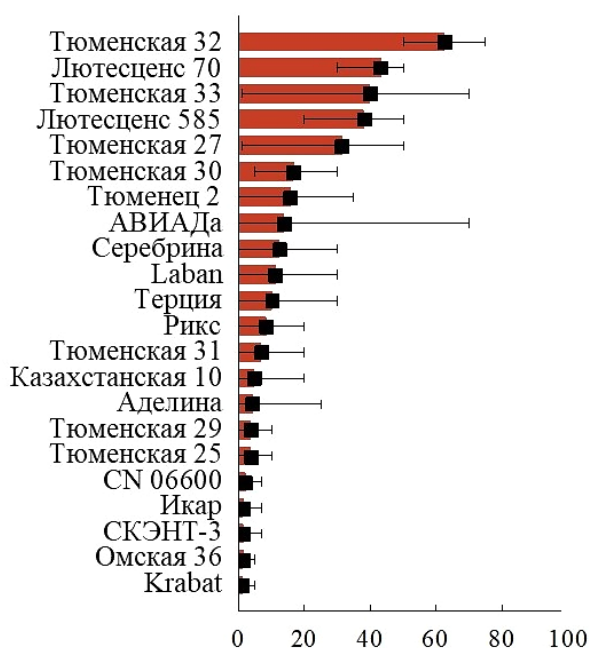


Рисунок 3.12 – Поражение пятнистостями листьев яровой пшеницы разной сортовой принадлежности в условиях естественного заражения, % (Тобольский район Тюменской области)

Примечание: отражены средние, минимальные и максимальные значения в повторностях опыта

Особенностью сорта Терция были жёлтые полосы вдоль жилок листа (проявлялись ежегодно). Хлоротичность листьев возможно была вызвана токсинами патогена (рис. 3.13).



Рисунок 3.13 – Междужилковое пожелтение листьев у растений сорта Терция: а – в 2014 г., б – в 2015 г.

В конце вегетационного периода отмечалось развитие на растениях всех сортов стеблевой ржавчины (рис. 3.14). В наименьшей степени болезнь проявлялась на сортах Тюменская 31, Терция, Рикс, АВИАДа, в наибольшей – на сортах Тюменская 25, СКЭНТ-3 (субъективная глазомерная оценка).



Рисунок 3.14 – Проявление стеблевой ржавчины на растениях яровой пшеницы: а – в 2014 г., б – в 2015 г. (сорт Тюменская 25)

В первый год исследования на экспериментальном участке можно было наблюдать признаки поражения растений яровой пшеницы одновременно несколькими листостебельными инфекциями (рис. 3.15).

Интенсивному развитию болезней способствовали сложившиеся погодные условия (высокая относительная влажность), расположение посевов пшеницы

рядом с водоёмом в окружении лесного массива (обильные росы, туманы), а также загущенный стеблестой (более 1000 шт./м²), связанный с высокой кустистостью растений.



Рисунок 3.15 – Совместное поражение растений яровой пшеницы возбудителями мучнистой росы, бурой ржавчины и пятнистостей листьев: а – сорт СКЭНТ-3, б – сорт Икар

Помимо инфекционного поражения растений пшеницы на экспериментальном участке ежегодно наблюдалось повреждение всходов вредителем — полосатой хлебной блошкой (*Phyllotreta vittula* Redt.). На единичных растениях было замечено присутствие колоний тли и личинок клопа (*Eurydema* sp.).

Проведена оценка распространённости и развития фузариоза колоса, заражённости зерна *Fusarium* spp. и содержания зёрен с внешними признаками фузариоза для различных сортов пшеницы, подвергшихся в период цветения искусственному заражению патогеном (*F. avenaceum*) на экспериментальном участке Тобольского района.

В 2014 г. показатели распространённости фузариоза варьировали в широком диапазоне. У сортов Казахстанская 10 и Рикс наблюдались максимальные значения, которые в среднем по двум повторностям опыта составили 82 и 85 % соответственно (рис. 3.16). У других сортов показатели распространённости фузариоза были значительно ниже: у сортов Икар, Терция, Серебряна, АВИАДа Krabat, Laban, СКЭНТ-3, Лютесценс 585, Омская 36 находились в диапазоне от 20

до 50 %, у остальных сортов – Аделина, Тюменская 27, Тюменская 30, Тюменская 32, CN 06600, Лютесценс 70, Тюменская 25, Тюменская 33, Тюменская 31, Тюменец 2, Тюменская 29, составили менее 20 %. Сорта Казахстанская 10 и Рикс выделялись также более сильным развитием болезни на колосе – средние значения данного параметра у них составили 17 и 13 % соответственно, у остальных сортов – менее 5,5 % (у сортов Тюменская 29, Тюменец 2, Тюменская 31, Тюменская 25, Тюменская 33, Лютесценс 70 – менее 1 %). Заражённость зерна инокулированных растений пшеницы варьировала по сортам от 17 до 69 %, наиболее высокие значения (более 60 %) выявлены у сортов АВИАДа, Икар, Казахстанская 10 и Рикс, наименьшие (менее 20 %) – у сортов Тюменская 32, Тюменская 29, Тюменская 31 и Тюменская 25.

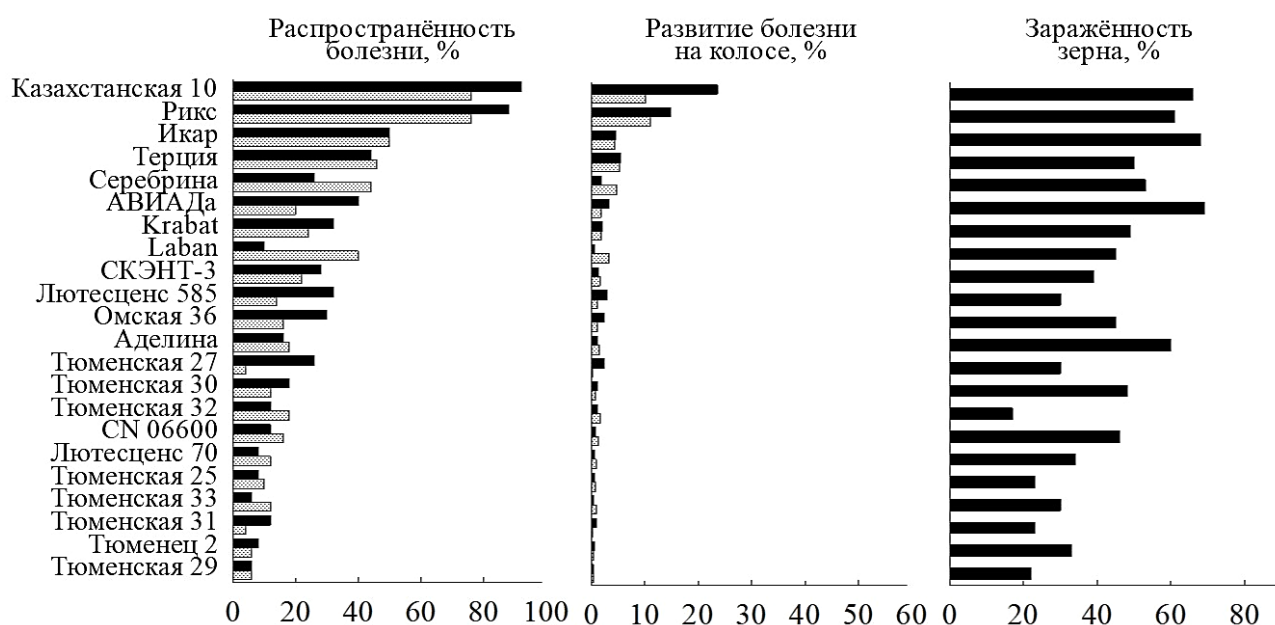


Рисунок 3.16 – Результаты оценки устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к фузариозу колоса на искусственном инфекционном фоне в 2014 г.

В 2015 г. регистрировались очень высокие показатели анализируемых признаков (рис. 3.17). В середине вегетационного периода 2015 г. отмечались ливневые дожди с порывами ветра, что привело к полеганию растений и значительной их заражённости болезнями. Усреднённые по ярусам показатели распространённости болезни варьировали по сортам от 22 до 95 %. Как и в

предыдущем году, максимальные значения зафиксированы у сортов Казахстанская 10 и Рикс (95 и 92 % соответственно), минимальные значения определены у сортов Тюменская 31 (22 %) и Тюменская 25 (35 %). Остальные сорта имели показатели распространённости фузариоза в диапазоне от 40 до 80 %. По сравнению с 2014 г. значительно сильнее было выражено развитие болезни на колосе, максимальные величины данного параметра наблюдались у сортов Казахстанская 10 и Рикс (52 и 37 % в среднем по двум повторностям опыта), минимальные (10 %) – у сорта Тюменец 2. В группу с относительно высокими значениями развития болезни (20–30 %) также отнесены сорта Серебрина, СКЭНТ-3, Терция и Икар. С помощью метода «влажной камеры» выявлена массовая заражённость зерна фузариозом всех исследуемых сортов пшеницы, поэтому дифференциация сортов по величине данного признака не представлялась возможной. Был применён метод визуального определения содержания фузариозных зёрен (ГОСТ 31646-2012 [47]). Доля зёрен с внешними признаками фузариоза (белёдые, меловидные, розоватые, щуплые, морщинистые) колебалась по сортам от 39 до 84 %, самые высокие значения (выше 70 %) имели сорта Казахстанская 10, Рикс, Krabat, самые низкие – сорт Тюменская 27.

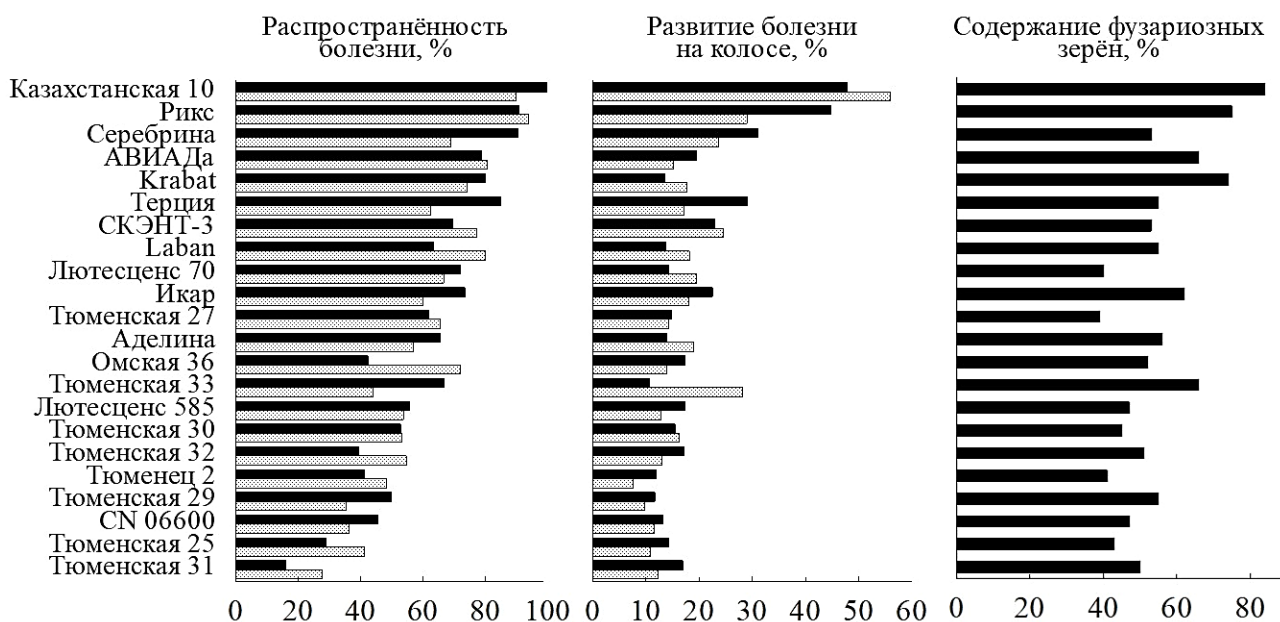


Рисунок 3.17 – Показатели устойчивости сортов пшеницы к фузариозу колоса на искусственном инфекционном фоне в 2015 г.

Выявлена высокая сопряжённость результатов, полученных в повторностях опыта (рис. 3.18).

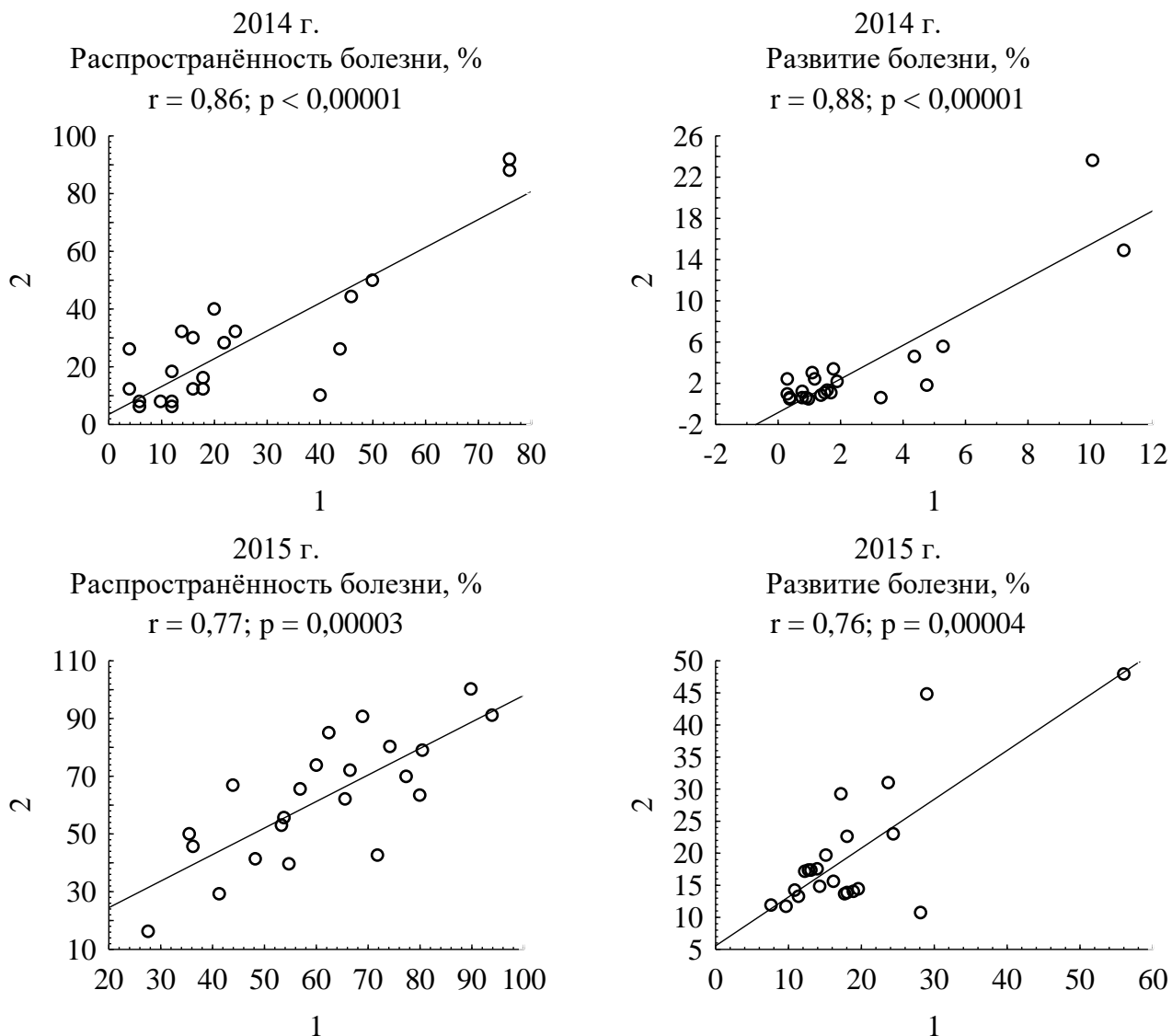


Рисунок 3.18 – Сопряжённость показателей устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к фузариозу колоса между повторностями опыта

Между различными параметрами устойчивости растений к болезни наблюдались положительные корреляции, наиболее сильные – между распространённостью болезни и развитием болезни на колосе, с заражённостью зерна данные признаки имели связи средней силы (рис. 3.19).

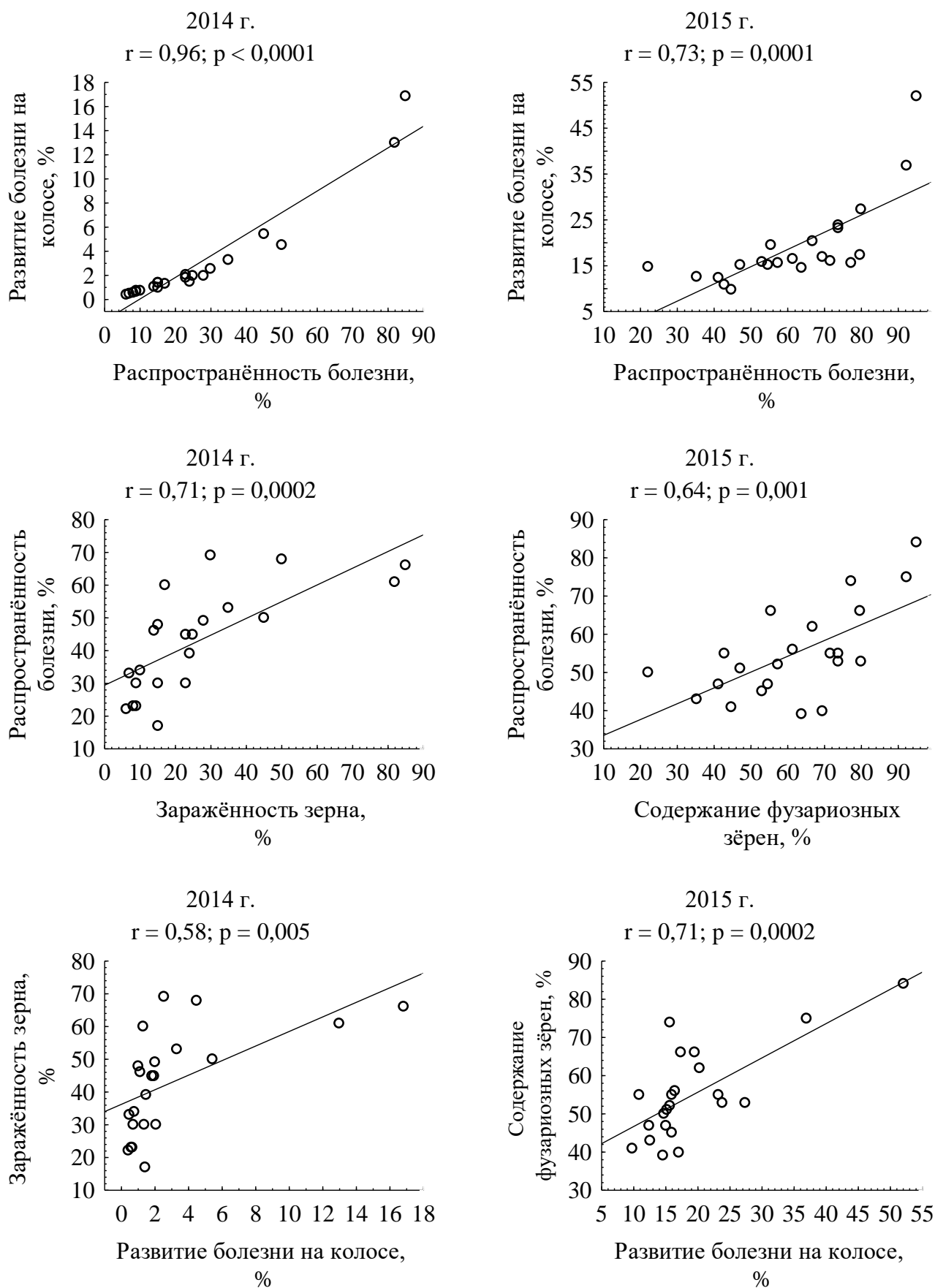


Рисунок 3.19 – Корреляции между признаками устойчивости сортов пшеницы к фузариозу колоса

Отмечалась высокая сопряжённость результатов анализа устойчивости сортов к фузариозу, полученных в разные годы исследования (рис. 3.20), что свидетельствует о надёжности полученных результатов и устойчивости реакции сортов на патоген в разных условиях. Наиболее тесно коррелировали показатели развития болезни на колосе ($r = 0,94$) и распространённости болезни ($r = 0,78$), сила связи заражённости зерна в первый и второй годы исследования характеризовалась более низкой величиной ($r = 0,61$).

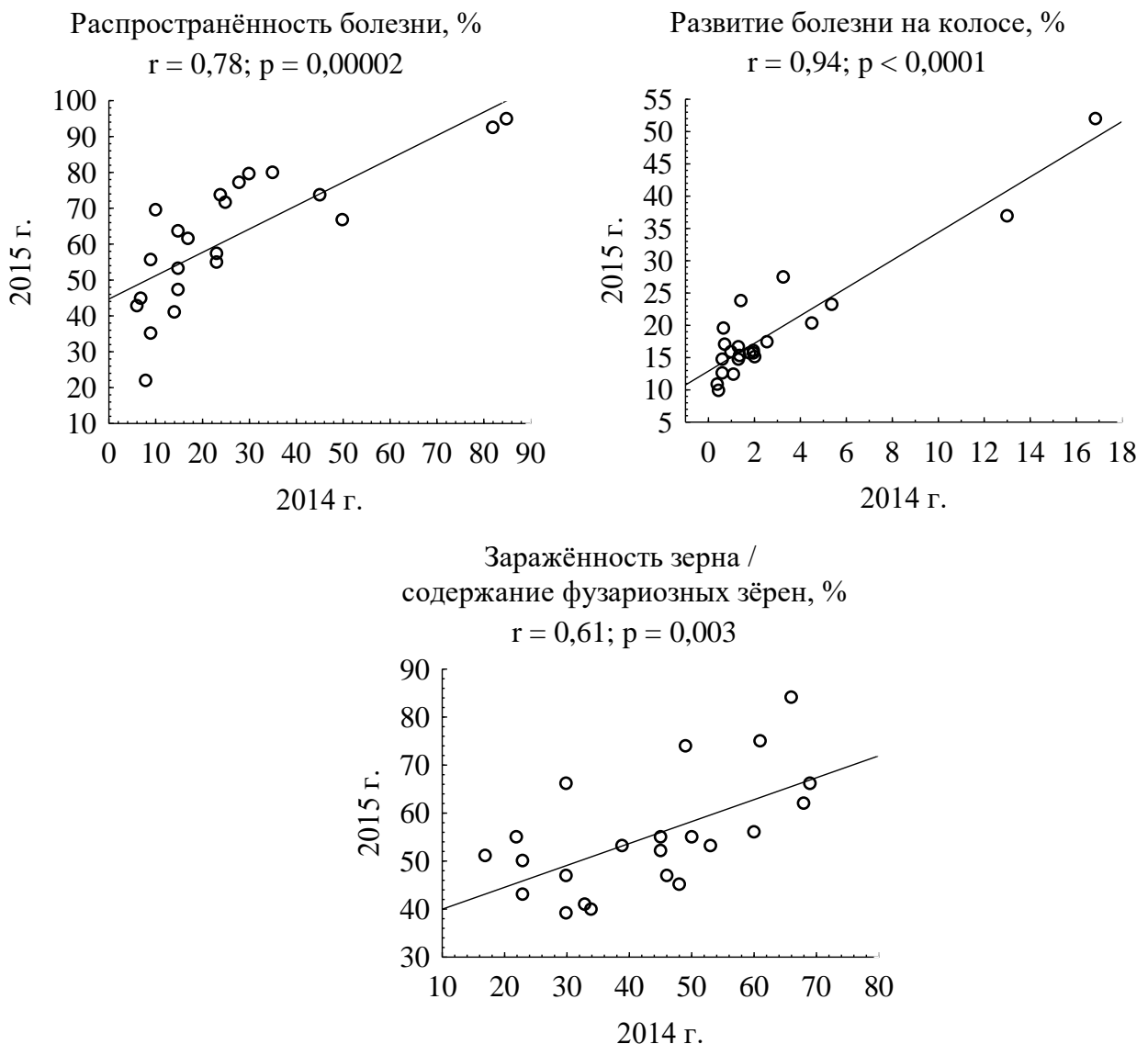


Рисунок 3.20 – Сопряжённость показателей устойчивости сортов пшеницы к фузариозу колоса, полученных в разные годы исследования

Во второй год исследования в связи с очень высокой заражённостью зерна пшеницы фузариозом у инокулированных растений по сравнению с контролем наблюдалось снижение числа зёрен в колосе на 13 %, массы 1000 зёрен – на 9 %, массы зерна с колоса – на 21 %, урожайности – на 24 % (в среднем по всем сортам) (табл. 3.7, В.24 приложения В).

Таблица 3.7 – Результаты оценки продуктивности колоса и урожайности сортов пшеницы при инокуляции растений (И) и в контроле (К) в 2015 г.

Сорт	Число зёрен в колосе, шт.			Масса 1000 зёрен, г			Масса зерна с колоса, г			Урожайность, г/делянка		
	И	К	%	И	К	%	И	К	%	И	К	%
Среднеранние (Р)												
Тюменская 25 ST	29,1	30,4	-4	37,7	41,4	-9	1,10	1,26	-13	458	541	-15
Тюменская 27	29,5	30,3	-3	34,5	38,2	-10	1,02	1,15	-11	413	511	-19
Тюменская 29	27,4	30,1	-9	34,8	41,2	-16	0,95	1,24	-23	381	523	-27
Тюменская 32	25,6	27,6	-7	37,7	41,9	-10	0,97	1,16	-16	380	392	-3
Тюменская 33	29,4	32,5	-10	34,9	36,7	-5	1,03	1,19	-13	426	505	-15
Тюменская 30	28,3	37,4	-24	31,1	36,8	-15	0,88	1,38	-36	295	487	-39
Лютесценс 70	32,0	33,6	-5	35,9	37,5	-4	1,15	1,26	-9	465	437	+6
Тюменская 31	28,9	30,8	-6	34,6	36,2	-4	1,00	1,12	-11	345	475	-27
Среднее	28,8	31,6*	-9	35,2	38,7*	-9	1,01	1,22*	-17	395	484*	-18
Среднеспелые (С)												
Омская 36 ST	26,9	27,3	-1	39,9	42,9	-7	1,07	1,17	-9	471	509	-7
СКЭНТ-3	34,0	34,1	-0	40,5	43,6	-7	1,38	1,49	-7	490	618	-21
Лютесценс 585	29,9	32,6	-8	36,5	38,3	-5	1,09	1,25	-13	429	533	-19
Laban	34,4	40,2	-14	32,8	35,0	-6	1,13	1,41	-20	434	499	-13
Аделина	27,5	33,6	-18	33,9	38,7	-12	0,93	1,30	-28	336	530	-37
Икар	23,6	32,5	-27	35,4	41,3	-14	0,86	1,34	-36	304	492	-38
АВИАДа	30,8	36,3	-15	39,5	41,7	-5	1,22	1,51	-19	386	486	-21
Тюменец 2	29,5	32,0	-8	35,2	37,4	-6	1,04	1,20	-13	364	342	+6
CN 06600	25,6	28,8	-11	36,4	40,9	-11	0,93	1,18	-21	349	497	-31
Среднее	29,1	33,0*	-11	36,7	40,0*	-8	1,07	1,32*	-18	396	501*	-21
Среднепоздние (П)												
Рикс ST	20,5	26,7	-23	36,8	43,0	-14	0,76	1,15	-34	278	401	-31
Серебряна	30,3	38,4	-21	35,4	41,2	-14	1,08	1,58	-32	272	515	-47
Казахстанская 10	20,6	25,2	-18	36,5	40,2	-9	0,76	1,02	-25	258	445	-42
Терция	24,0	32,2	-25	32,0	35,7	-10	0,77	1,15	-33	274	535	-49
KrabaT	36,5	46,4	-21	26,5	30,9	-14	0,99	1,44	-31	309	526	-41
Среднее	26,4	33,8	-22	33,4	38,2*	-12	0,87	1,27*	-31	278	484*	-42
p < 0,05**			Р-П			-			-			П-Р П-С

Примечание: *различия в уровне признака между инокулированными растениями и контролем достоверны; ** различия в уровне признака между группами спелости достоверны

В группе среднепоздних сортов снижение озернённости колоса и урожайности у заражённых растений по сравнению с контролем было более значительным ($p < 0,05$) чем в группах среднеранних и среднеспелых сортов (табл. 3.7, В.25 приложения В).

Падение уровня урожайности у инокулированных растений по сравнению с контролем сильнее всего (более 30 %) проявлялось у сортов Терция, Серебряна, Казахстанская 10, Krbat, Икар, Тюменская 30, Рикс. Выявлены корреляции между заражённостью зерна пшеницы фузариозом и потерями урожайности ($r = 0,49$), числа зёрен ($r = 0,46$) и продуктивности колоса ($r = 0,52$).

Проведено ранжирование исследуемых сортов пшеницы на основе значений каждого признака устойчивости к болезни (минимальному значению признака присвоен 1 ранг, ... максимальному – 22 ранг). Выполнен расчёт среднеарифметического значения ранга для каждого генотипа (табл. 3.8). В зависимости от данного показателя исследуемые сорта пшеницы по степени устойчивости к фузариозу дифференцированы на следующие группы:

- 1) высоковосприимчивые – Казахстанская, Рикс;
- 2) восприимчивые – Икар, Терция, Krbat, Laban, Аделина, Серебряна, СКЭНТ-3, Омская 36, АВИАДа, Лютесценс 585;
- 3) относительно устойчивые – Тюменская 25, Тюменец 2, Тюменская 27, Тюменская 31, Тюменская 29, Тюменская 33, Тюменская 30, Лютесценс 70, Тюменская 32, CN 06600.

Выявлены корреляции признаков фузариозоустойчивости с другими селекционно-ценными признаками (табл. 3.9) Восприимчивость сорта к болезни имела прямые связи с длиной колоса, числом колосков в колосе, размерами листьев и обратные – с продуктивной кустистостью, числом продуктивных побегов на 1 м² и количеством клейковины в зерне. С другими анализируемыми признаками (длина стебля, плотность колоса, число зёрен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен, число растений на 1 м², число побегов на 1 м²) статистически значимых связей не выявлено.

Таблица 3.8 – Ранжирование сортов пшеницы по устойчивости к фузариозу колоса

Сорт	Ранг										Средний ранг
	Распространённость болезни				Развитие болезни на колосе				Заражённость зерна		
	2014		2015		2014		2015		2014	2015	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Казахстанская 10	22	22	21	22	21	22	22	22	22	22	21,8
Рикс	21	21	22	21	22	21	21	21	21	21	21,2
Икар	20	20	15	20	19	13	18	20	18	11	17,4
Терция	19	19	20	17	15	18	10	16	10	18	16,2
Krбат	16	17	18	14	13	12	19	18	19	12	15,8
Laban	17	6	12	19	20	20	12	19	12	14	15,1
Аделина	13	10	11	16	18	19	14	17	14	17	14,9
Серебряна	18	13	17	18	16	14	13	5	13	20	14,7
СКЭНТ-3	15	14	19	11	17	6	15	6	15	15	13,3
Омская 36	11	15	10	12	12	9	16	7	16	16	12,4
АВИАДа	14	18	14	15	7	5	17	9	17	2	11,8
Лютесценс 585	9	16	5	13	8	2	20	1	20	19	11,3
CN 06600	10	8	16	5	10	16	8	15	8	10	10,6
Тюменская 32	12	9	13	10	2	15	9	10	9	1	9,0
Лютесценс 70	8	5	8	9	9	17	6	14	6	7	8,9
Тюменская 30	6	11	9	3	14	10	7	13	7	9	8,9
Тюменская 33	7	2	7	8	6	11	11	11	11	5	7,9
Тюменская 29	3	1	3	6	11	7	4	4	4	6	4,9
Тюменская 31	1	7	1	1	1	8	5	12	5	8	4,9
Тюменская 27	2	12	4	2	5	4	3	8	3	4	4,7
Тюменец 2	4	3	2	7	4	1	2	2	2	13	4,0
Тюменская 25	5	4	6	4	3	3	1	3	1	3	3,3

Примечание: максимальному значению ранга соответствует наибольшая восприимчивость сорта к болезни, минимальному – наименьшая восприимчивость

Таблица 3.9 – Взаимосвязь признаков устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к фузариозу колоса с другими селекционно-ценными признаками

Признак	Ранг фузариозоустойчивости	Распространённость болезни	Развитие болезни на колосе	Заражённость зерна фузариозом
Длина колоса	0,64	0,75	0,63	0,66
Число колосков в колосе	0,65	0,84	0,76	0,70
Число неозернённых колосков в колосе	-	-	0,55	-
Площадь флагового листа	0,57	0,73	0,55	0,66
Площадь предфлагового листа	0,55	0,74	0,66	0,62
Число продуктивных побегов	-	-	-	- 0,48
Кустиность продуктивная	- 0,48	- 0,50	-	- 0,56
Количество клейковины	- 0,65	- 0,74	- 0,65	- 0,54

Примечание: При корреляционном анализе использованы усреднённые значения признаков за весь период исследования (2014–2016 гг.). Приведены статистически значимые значения коэффициента корреляции Пирсона ($p < 0,05$)

В 2014 г. сорта Казахстанская 10 и Рикс выделялись на фоне других сортов относительно сильным развитием болезни на инокулированных колосьях и широким варьированием этого признака у разных побегов. У сорта Казахстанская 10 число колосков в колосе с симптомами фузариоза (оранжевым налётом на колосковых чешуях) составило в среднем по выборке 3,2 шт., максимальное значение достигало 15 шт., у сорта Рикс среднее число поражённых колосков в колосе соответствовало 2,4 шт., максимальное – 10 шт. У растений обоих сортов выявлена следующая закономерность: чем длиннее был колос, и чем меньше была его плотность, тем сильнее на нём были выражены симптомы фузариоза. С числом колоском статистически значимых связей выявлено не было (табл. 3.10, рис. 3.21).

Таблица 3.10 – Корреляции между развитием болезни на колосе и морфологическими признаками яровой мягкой пшеницы (2014 г.)

Сорт	Длина колоса			Число колосков			Плотность колоса		
	1*	2**	все***	1	2	все	1	2	все
2014 год									
Казахстанская10	-	0,43	-	-	-	-	-	-0,37	-
Рикс	0,29	0,37	0,32	-	-	-	-0,49	-0,49	-0,48

Примечание: Приведены статистически значимые корреляции Пирсона при $p < 0,05$ ($n = 60$)
1*, 2** – повторности опыта, все*** – объединённая выборка

Во второй год эксперимента все анализируемые генотипы характеризовались значительным развитием болезни на колосе. У большинства сортов показатели развития болезни на колосе положительно коррелировали с длиной колоса, почти у половины наблюдались отрицательные корреляции с плотностью колоса (за исключением сорта Тюменская 31, когда имела место прямая связь между данными параметрами), с числом колосков в колосе связь имела различную направленность (табл. 3.11).

Длинные, рыхлые колосья, вероятно, обеспечивают лучший доступ воздуха и влаги, что способствует развитию болезни.

Таблица 3.11 – Корреляции между развитием болезни на колосе и морфологическими признаками яровой мягкой пшеницы (2015 г.)

Сорт	Длина колоса			Число колосков			Плотность колоса		
	1*	2**	все***	1	2	все	1	2	все
Казахстанская10	0,53	-	0,39	-	-	-	-0,47	-	-0,37
Рикс	-	0,44	-	-	-	-	-	-0,51	-0,26
Икар	0,42	0,37	0,32	-	0,46	0,27	-	-	-
Терция	-	-	-	-0,49	-	-0,27	-0,53	-	-
Krбат	-	-	-	-	-	-0,32	-0,37	-0,51	-0,43
Laban	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Аделина	-	0,60	0,28	-	0,38	-	-	-	-
Серебряна	0,39	0,46	0,41	-	-	-	-0,43	-0,37	-0,37
СКЭНТ-3	-	0,50	0,43	-	0,42	0,29	-	-	-
Омская 36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
АВИАДа	0,46	0,58	0,47	0,36	0,35	0,30	-	-	-
Лютесценс 585	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,32
CN 06600	-	0,56	0,37	-	-	-	-	-	-
Тюменская 32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лютесценс 70	-	0,51	0,37	-	-	-	-	-	-0,25
Тюменская 30	-	0,48	0,39	-	-	-	-	-	-
Тюменская 33	-	0,43	-	-0,36	-	-0,25	-0,37	-0,40	-0,34
Тюменская 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тюменская 31	0,37	0,52	0,41	0,46	0,51	0,46	0,36	-	-
Тюменская 27	0,37	0,43	0,35	-0,43	-	-	-0,56	-	-0,39
Тюмонец 2	0,40	0,41	0,29	-	0,51	0,30	-	-	-
Тюменская 25	--	-	-	-	0,41	-	-	-	-

Примечание: Приведены статистически значимые корреляции Пирсона при $p < 0,05$ ($n = 60$)
1*, 2** – повторности опыта, все*** – объединённая выборка

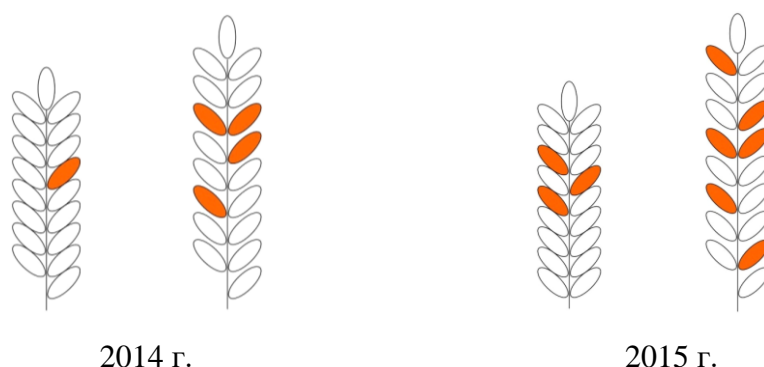


Рисунок 3.21 – Соотношение колосков с видимыми признаками поражения фузариозом на колосьях различной плотности и длины у сорта Рикс (разработан автором на основе усреднённых показателей 2014 и 2015 гг.)

Среднепоздние сорта яровой мягкой пшеницы были более восприимчивыми к фузариозу колоса по сравнению со среднеранними (табл. 3.12, В.26 приложения В).

Таблица 3.12 – Результаты иммунологической оценки генотипов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости

Группа спелости	Бурая ржавчина, развитие %	Мучнистая роса, развитие %	Пятнистости листьев, развитие %	Фузариоз колоса					
				2015 г.			2016 г.		
				распространённость, %	развитие, %	заражённость зерна, %	распространённость, %	развитие, %	содержание фузариозных зёрен, %
Среднеранние (Р)	73,9	9,6	25,5	10,9	0,9	28,4	48,5	15,0	48,6
Среднеспелые (С)	63,5	29,2	9,9	23,4	1,9	48,3	61,3	16,3	53,2
Среднепоздние (П)	32,8	16,5	7,3	55,0	8,1	55,8	83,6	31,0	68,2
$p < 0,05^*$	-	-	-	Р-П	Р-П	Р-П Р-С	Р-П	Р-П	Р-П

Примечание: *различия в уровне признака между группами спелости достоверны

Определена тесная взаимосвязь между продолжительностью вегетационного периода сорта и его устойчивостью к фузариозу колоса (рис. 3.23) – чем позднее созревал сорт, тем сильнее он поражался болезнью. Это может быть связано с увеличением времени контакта растения с патогеном и большей доступностью питательных веществ для развития гриба.

Статистически значимых отличий в степени поражения листостебельными болезнями (бурой ржавчиной, мучнистой росой, пятнистостями листьев) между группами спелости не выявлено (В.26 приложения В).

Тем не менее определена отрицательная корреляция между продолжительностью вегетационного периода сортов и степенью их поражения бурой ржавчиной (рис. 3.22).

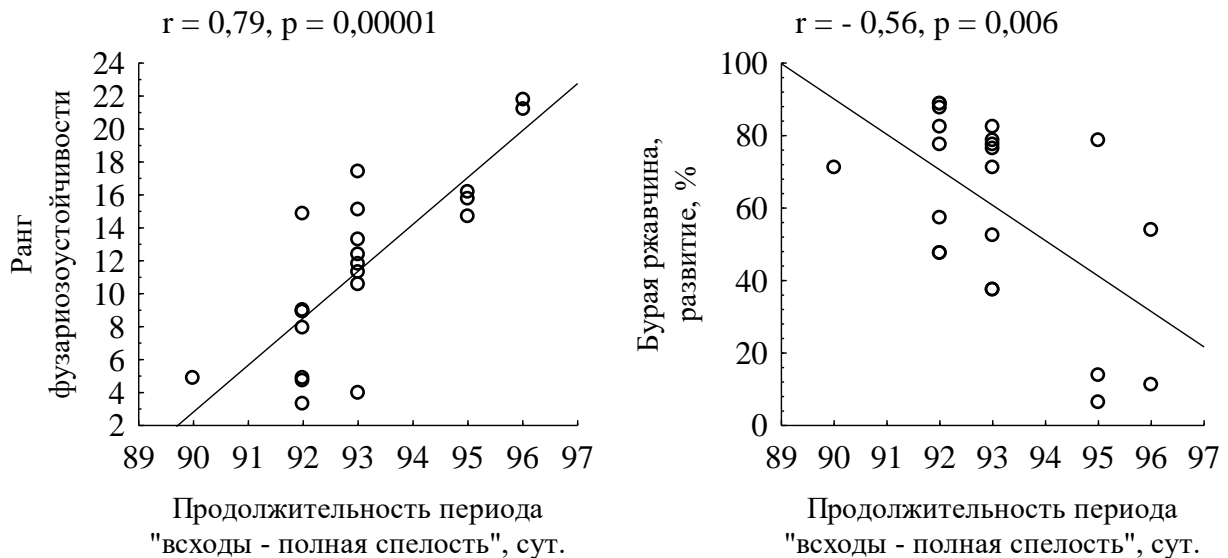


Рисунок 3.22 – Зависимость устойчивости к болезням от продолжительности вегетационного периода (среднее 2015–2016 гг.) у сортов яровой мягкой пшеницы ($n = 22$)

Научные результаты, изложенные в параграфе 3.2, в полном объеме опубликованы в рецензируемых научных журналах, сборниках материалов конференций и учебном пособии [68, 72, 75–78, 80].

3.3. Анализ микрофлоры семян пшеницы, выращенной в разных агроэкологических зонах Тюменской области

В 2015 г. общая заражённость семян болезнями в среднем по всем исследуемым образцам яровой мягкой пшеницы с ГСУ Тюменской области составила 62,9 %, показатель развития болезни проростков (Р) – 24,9 %, лабораторная всхожесть семян – 91,3 %. В 2016 г. заражённость образцов семян патогенными микроорганизмами находилась на уровне 64,3 %, Р – 27,0 %, всхожесть семян – 89,8 %. При сравнении значений данных признаков статистически значимых отличий по годам исследования не выявлено.

Между анализируемыми признаками установлены взаимосвязи (рис. 3.23). Заражённость семян болезнями имела тесную прямую связь с Р (в 2015 г. r составил 0,83, в 2016 г. – 0,84) и обратную – со всхожестью семян ($r = -0,44$, $r = -0,35$

соответственно годам исследования), между Р и всхожестью семян также выявлена отрицательная корреляция ($r = - 0,76$, $r = - 0,70$).

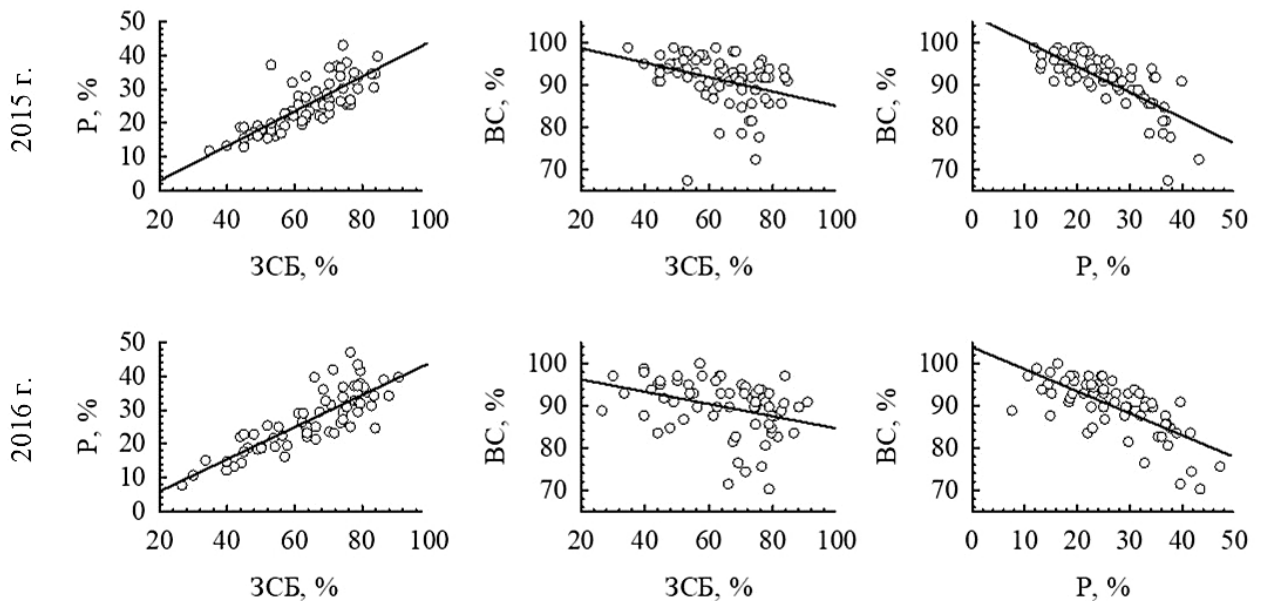


Рисунок 3.23 – Корреляции между показателями заражённости семян болезнями (ЗСБ), развития болезни проростков (Р) и всхожести семян (ВС) пшеницы, выращенной на ГСУ Тюменской области в 2015 г. ($n = 78$) и 2016 г. ($n = 66$)

Превалирующей болезнью семян являлся альтернариоз – инфицированность семенного материала в первый год исследования составила 51 % (в среднем по ГСУ), во второй – 48 % (табл. 3.13); показатели не имели статистически значимых отличий (табл. В.27 приложения В).

Частота встречаемости других представителей микробиоты семян была значительно ниже ($p < 0,000001$).

В 2015 г. по сравнению с 2016 г. отмечалась более высокая заражённость семян фузариозом – 4,8 против 1,6 % и бактериозом – 5,7 против 0,7 %, и более низкая инфицированность гельминтоспориозом – 7,1 против 2,6 % и сапрофитными плесневыми грибами – 2,3 против 0,2 % (табл. В.27 приложения В).

Таблица 3.13 – Заражённость болезнями семян пшеницы, выращенной на шести ГСУ Тюменской области, % (среднее по образцам)

ГСУ	Альтер- нариоз	Фузариоз	Гельминто- спориоз	Бактериоз	Плесень
2015 г.					
Нижнетавдинский (Н)	48,3	9,6	2,0	5,1	0,0
Аромашевский (А)	46,7	3,9	1,0	5,3	0,3
Ялуторовский (Я)	45,3	4,4	1,3	2,2	0,2
Омутинский (О)	53,2	2,8	1,3	3,3	0,3
Ишимский (И)	63,6	2,7	5,3	7,1	0,0
Бердюжский (Б)	51,4	5,3	4,8	11,5	0,4
Среднее	51,4	4,8	2,6	5,7	0,2
$p < 0,05^*$	И-Н И-А И-Я	Н-И Н-О	И-А И-Я И-О Б-А Б-Я Б-О	Б-Н Б-Я Б-О	-
2016 г.					
Нижнетавдинский (Н)	44,8	1,6	2,3	0,6	0,5
Аромашевский (А)	41,4	1,1	4,9	0,2	5,4
Ялуторовский (Я)	47,3	3,4	15,7	0,3	0,3
Омутинский (О)	32,9	1,8	8,1	1,2	0,5
Ишимский (И)	62,6	1,1	7,5	0,3	1,9
Бердюжский (Б)	56,6	0,9	3,6	1,4	5,3
Среднее	47,6	1,6	7,1	0,7	2,3
$p < 0,05^*$	И-Н И-А И-О Б-О	-	Я-Н Я-А Я-Б О-Н И-Н	-	А-Н А-Я А-О Б-Н Б-Я Б-О

Примечание: *различия в уровне признака между образцами семян с разных ГСУ достоверны

Самые высокие показатели инфицированности семян грибами *Alternaria* spp. как в первый, так и во второй годы зафиксированы на Ишимском ГСУ (северная лесостепь) (табл. 3.13, В.28, В.29 приложения В). Максимальная заражённость семенного материала *Fusarium* spp. зарегистрирована в 2015 г. на Нижнетавдинском ГСУ (подтайга). Наибольшая распространённость гельминтоспориевых грибов отмечалась в 2015 г. на Ишимском (северная лесостепь) и Бердюжском (южная лесостепь) ГСУ, в 2016 г. – на Ялуторовском, Ишимском и Омутинском ГСУ (северная лесостепь). Наиболее сильное заражение семян бактериями регистрировалось в 2015 г. на Бердюжском ГСУ (южная лесостепь). Самые высокие показатели распространённости плесени хранения отмечены в 2016 г. на Бердюжском (южная лесостепь) и Аромашевском (подтайга) ГСУ. Различия в заражённости по годам и зонам выращивания могут быть связаны с различными

погодными условиями и микроклиматом на ГСУ, проводимыми агротехническими мероприятиями или естественными колебаниями численности патогенов.

Альтернариоз семян встречался во всех исследованных образцах. Доля семян, заражённых грибами альтернариевыми грибами варьировала от 15,3 % (сорт Новосибирская 15, Аромашевский ГСУ, урожай 2016 г.) до 79,6 % (сорт Тюменская 29, Ишимский ГСУ, урожай 2015 г.) (табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Заражённость болезнями семян яровой пшеницы в зависимости от сорта, %

Сорт	Альтерна-риоз		Фузариоз		Гельминто-спориоз		Бактериоз		Плесень	
	М	max	М	max	М	max	М	max	М	max
Тюменская 25	52,1	69,4	2,0	5,1	5,0	17,3	4,7	16,5	0,7	3,1
Тюменская 29	56,2	79,6	2,0	6,1	4,8	26,5	3,6	22,4	0,8	5,1
Тюменская 33	54,7	75,6	3,3	9,2	2,8	8,3	4,8	10,2	0,1	1,0
Лютесценс 70	52,2	69,4	3,2	11,2	6,1	20,6	2,5	10,2	1,0	4,1
Новосибирская 15	47,8	64,3	3,6	9,2	3,9	10,2	0,6	2,0	1,3	4,1
Новосибирская 31	54,0	72,4	1,3	3,1	4,8	17,3	2,1	12,2	1,4	7,3
Омская 36	46,6	68,4	2,6	7,1	4,3	12,2	1,8	8,2	0,8	6,2
СКЭНТ-3	53,2	69,1	2,3	8,2	6,6	26,5	3,2	14,3	0,9	6,1
Икар	43,7	64,3	6,9	29,6	3,3	9,2	2,4	10,2	1,3	6,1
АВИАДа	46,1	61,2	3,1	8,2	4,9	12,2	2,5	11,2	3,7	23,5
Чернява 13	48,8	28,6	2,8	6,1	3,5	12,2	3,7	22,4	1,0	6,1
Тобольская	56,3	76,5	2,7	7,1	2,5	7,1	7,1	15,3	0,0	0,0
Рикс	46,0	62,2	5,2	24,5	5,0	13,6	5,4	13,3	1,1	6,2
Казахстанская 10	35,2	49,0	6,1	9,2	4,4	9,3	6,7	18,4	0,0	0,0
p < 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: М, max – среднее и максимальное значения (2015–2016 гг.)

Фузариоз зерна определён в 80 % образцов. Самые высокие показатели заражённости семян фузариевыми грибами составили 29,6 % (сорт Икар, Нижнетавдинский ГСУ, урожай 2015 г.). Сильнее всего поражались фузариозом образцы сортов Икар и Рикс. Следует отметить, что эти сорта проявили также высокую восприимчивость к болезни на искусственном инфекционном фоне.

Гельминтоспориозом было заражено 86 % образцов. Предельное значение инфицированности грибами *V. sorokiniana* составило 26,5 % (сорта Тюменская 29 и СКЭНТ-3, Ялуторовский ГСУ, урожай 2016 г.).

Бактериальная инфекция встречалась в 67 % образцах, заражённость семян бактериозом достигала 22,4 % (сорт Тюменская 29, Бердюжский ГСУ, урожай 2015 г.).

Плесневение семян зарегистрировано у 38 % образцов. Возбудителями болезни чаще всего являлись грибы р. *Penicillium* (64 %), реже – р. *Aspergillus* (36 %), в единичных случаях наблюдалось распространение во влажной камере мукоровых грибов. Максимальная инфицированность семян плесневыми грибами составила 23,5 % (сорт АВИАДа, Аромашевский ГСУ, урожай 2016 г.).

Статистически значимых отличий в уровне заражённости болезнями (в целом по ГСУ) между сортами не выявлено (табл. В.30 приложения В).

Семена с альтернариозной инфекцией имели в среднем высокие показатели всхожести – 95,4 % в 2015 г. и 92,8 % в 2016 г. и низкий балл поражения проростков – 1,3 и 1,4 балла соответственно (табл. 3.15, В.31 приложения В).

У фузариозных, гельминтоспориозных, бактериозных и плесневелых семян поражение проростков в среднем было существенно выше – в диапазоне 2,3–2,6 баллов в первый год исследования и 2,0–2,8 баллов – во второй год, а показатели всхожести значительно ниже – в пределах 55,2–65,4 % в 2015 г. и 51,2–69,3 % в 2016 г. (табл. 3.15, В.31 приложения В).

Таблица 3.15 – Результаты фитопатологической экспертизы семян яровой пшеницы, выращенной на ГСУ Тюменской области

Семена	Всхожесть семян, %		Балл поражения проростков	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
Альтернариозные (А)	95,4	92,8	1,3	1,4
Фузариозные (Ф)	64,5	63,6	2,5	2,6
Гельминтоспориозные (Г)	62,7	64,2	2,6	2,6
Бактериозные (Б)	55,2	51,2	2,4	2,8
Плесневелые (П)	65,4	69,3	2,3	2,0
p < 0,01*	А-Ф	А-Ф	А-Ф	А-Ф П-Ф
	А-Г	А-Г	А-Г	А-Г П-Г
	А-Б		А-Б	А-Г П-Б

Примечание: *различия в уровне признака между семенами, заселёнными разными патогенами достоверны

Пенициллы в отличие от аспергилл оказывали существенное патогенное влияние на качество семян – средний балл поражения проростков у первых составил 2,8, у вторых – 1,2, всхожесть семян – соответствовала 47 и 100 %.

Ростки и корни семян, инфицированных альтернариевыми грибами, в подавляющем большинстве случаев не имели некротических изменений, по длине и массе не отличались от проростков здоровых семян (рис. 3.24а, 3.24б). Грибы рода *Fusarium*, как правило, быстро росли во влажной камере и имели обильный воздушный мицелий розового (рис. 3.24д), оранжевого, жёлтого или белого цвета в зависимости от вида патогена. Гриб *B. sorokiniana* образовывал компактные чёрные бархатистые колонии с обильным спороношением, распространяющимся на фильтровальную бумагу (рис. 3.24е). Грибы р. *Penicillium* формировали быстро растущие на субстрате колонии зелёного цвета (рис. 3.24ж). Реже на увлажнённых зёрнах отмечалось развитие рыхлого, практически незаметного налёта грибов р. *Aspergillus* (рис. 3.24и). В единичных случаях наблюдалось разрастание во влажной камере мукорового гриба, формирующего крупные шаровидные спорангии, видимые невооружённым глазом (рис. 3.24з).

Изредка из зерновок одновременно вырастали колонии *Alternaria* spp. и *Penicillium* spp. (рис. 3.24л), *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. (рис. 3.24м), *Alternaria* spp. и *B. sorokiniana*.

Доля загнивших семян (4 балла), заражённых грибами рода *Alternaria* была незначительной – 7 % в выборке семян с данной инфекцией (табл. 3.16). На таких семенах наблюдалось обильное развитие мицелия гриба от светло-серого до тёмно-оливкового цвета, с интенсивным спороношением или без него (рис. 3.24в, 3.24г). При инфицировании грибами родов *Fusarium*, *Bipolaris*, *Penicillium* загнивало более трети семян (от 34 до 38 %), при бактериозе – более половины (54 %).

В связи с очень высокой распространённостью альтернариоза, абсолютное число загнивших альтернариозных семян превысило показатели, характерные для других семенных инфекций.

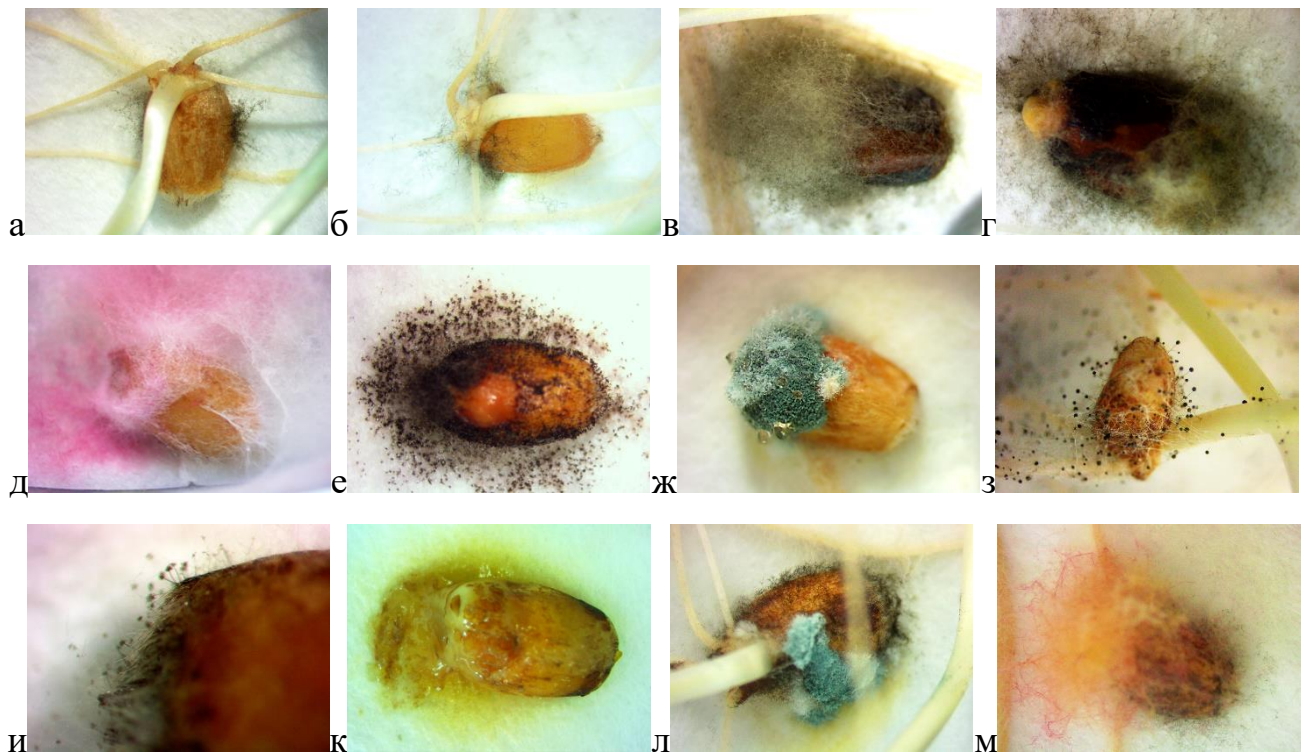


Рисунок 3.24 – Семена пшеницы, поражённые *Alternaria* spp. (а–г), *Fusarium* spp. (д), *B. sorokiniana* (е), *Penicillium* sp. (ж), *Mucor* sp. (з), *Aspergillus* sp. (и), бактериями (к), *Alternaria* sp. и *Penicillium* sp. (л), *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. (м) (влажная камера, 8 сутки инкубации)

Таблица 3.16 – Распределение семян, заражённых разными патогенами, в зависимости от балла поражения проростков

Патоген	Абсолютное число семян, шт.					Относительное число семян, %				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	всего	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	всего
<i>Alternaria</i> spp.	2339	392	127	209	3067	76	13	4	7	100
<i>Fusarium</i> spp.	33	21	21	45	120	28	17	17	38	100
<i>B. sorokiniana</i>	148	80	99	174	501	29	16	20	35	100
Бактерии	16	8	7	36	67	24	12	10	54	100
Плесень	80	18	6	54	158	51	11	4	34	100

Корреляционный анализ выявил обратную связь между заражённостью образцов семян альтернариозом и их инфицированностью фузариозом ($r = -0,66$; $p < 0,05$) (урожай 2015 г., $n = 13$).

Проведён анализ содержания фузариозных зёрен в сортообразцах яровой пшеницы урожая 2015 г. на основании внешних отличительных признаков.

Морщинистые, щуплые, с крошащейся и отслаивающейся оболочкой, белёдые (или с розовым налётом), меловидные зерна относили к фузариозным. Результаты исследования представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17 – Содержание фузариозных зёрен в образцах пшеницы, выращенной на государственных сортоиспытательных участках Тюменской области в 2015 г.

Сорт	Я	И	Н	А	О	Б
АВИАДа	1,4±0,2	1,0±0,4	3,3±1,0	1,9±0,2	-	1,6±0,0
Ирень	1,0±0,2	0,2±0,1	0,6±0,1	0,6±0,0	0,4±0,2	0,7±0,2
Лютесценс 70	0,8±0,3	0,4±0,2	1,1±0,2	1,1±0,0	1,1±0,2	1,8±0,3
Казахстанская 10	2,8±0,2	1,4±0,4	-	-	1,5±0,3	2,6±0,6
Рикс	1,4±0,2	0,5±0,1	0,9±0,0	1,0±0,1	1,0±0,2	2,7±0,1
СКЭНТ-3	1,0±0,3	0,5±0,1	0,8±0,0	1,1±0,3	0,2±0,1	2,2±0,0
Тобольская	0,5±0,0	0,5±0,1	0,4±0,2	0,0±0,0	0,3±0,0	1,0±0,0
Икар	2,2±0,5	0,3±0,2	5,6±0,8	1,9±0,2	0,6±0,1	1,0±0,2
Тюменская 33	0,6±0,0	0,6±0,2	0,4±0,3	0,1±0,1	0,1±0,0	1,5±0,2
Ямальская	1,1±0,0	1,0±0,1	1,4±0,1	0,5±0,1	2,6±0,2	4,4±0,1
Сонетт	1,4±0,2	1,2±0,2	1,6±0,2	1,6±0,1	1,3±0,2	2,0±0,3
Тюменская 25	0,4±0,1	0,6±0,1	0,6±0,2	0,4±0,0	0,6±0,1	2,1±0,1
Чернява 13	0,6±0,2	0,7±0,3	1,2±0,3	1,0±0,3	1,1±0,0	1,9±0,3
Тюменская 29	0,4±0,1	1,1±0,1	1,3±0,1	0,4±0,1	0,2±0,0	1,6±0,5
Новосибирская 15	1,6±0,1	0,5±0,0	0,5±0,2	-	0,4±0,0	1,5±0,1
Омская 36	-	1,1±0,4	0,7±0,0	1,0±0,1	1,2±0,1	1,3±0,4
Ингала	-	-	1,7±0,1	1,4±0,1	-	1,7±0,1

Примечание: Я – Ялutorовский, И – Ишимский, Н – Нижнетавдинский, А – Аромашевский, О – Омутинский, Б – Бердюжский сортоиспытательные участки. Цветом выделены показатели, превышающие ограничительную норму (1 %)

В связи с угрозой возможного причинения вреда здоровью государственным стандартом (ГОСТ 9353-90 [48]) установлена ограничительная норма поставляемой пшеницы, предназначенной для переработки в муку, крупу и кормовые цели, по показателю «фузариозные зёрна» – не более 1 %. Почти в половине исследованных образцов доля фузариозных зёрен превысила 1 %. Наиболее высокое содержание зёрен с внешними признаками фузариоза выявлено в образцах сорта Икар с Нижнетавдинского ГСУ – 5,6 %, сорта Ямальская с Бердюжского ГСУ – 4,4 %, сорта АВИАДа с Нижнетавдинского ГСУ – 3,3 %, сорта Казахстанская 10 с Ялutorовского ГСУ – 2,8 %. В образцах с Бердюжского ГСУ чаще отмечалось более высокое содержание фузариозных зёрен по сравнению с

образцами с Ишимского, Аромашевского и Омутинского ГСУ ($p < 0,05$) (табл. В.32 приложения В).

Проведено сопоставление содержания фузариозных зёрен в анализируемых образцах пшеницы с показателями заражённости фузариозом данных образцов, установленными с помощью метода влажной камеры. Между данными признаками выявлена положительная корреляция средней силы (рис. 3.25). Заражённость зерна фузариевыми грибами перед посевом в среднем по образцам находилась на уровне 5 %, при этом содержание зёрен с видимыми симптомами фузариоза составило 1,2 %. Таким образом, в большинстве случаев имела скрытая инфекция – 76 % зёрен, инфицированных *Fusarium* spp., не отличались внешне от нормальных зёрен.

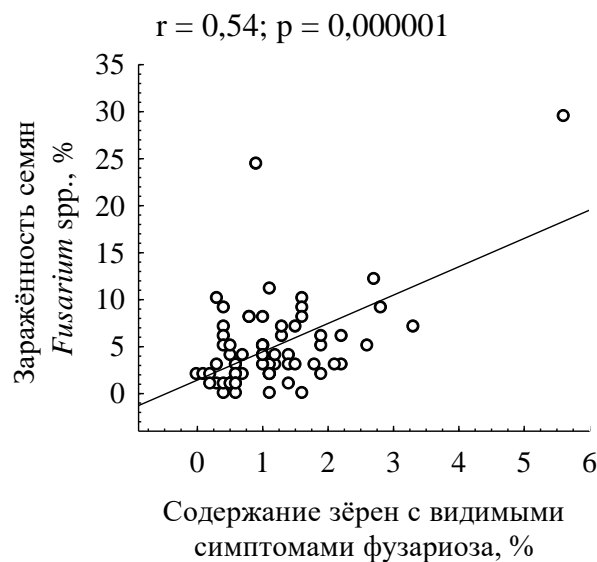


Рисунок 3.25 – Связь между заражённостью образцов пшеницы фузариозом и содержанием в них зёрен с внешними признаками заболевания ($n = 67$)

Примечание: анализ через 9 мес. хранения

У сортов яровой пшеницы – Казахстанская 10, Икар, АВИАДа, Рикс, Омская 36, Лютесценс 70, СКЭНТ-3, Тюменская 29, Тюменская 25 и Тюменская 33, проведено сопоставление показателей устойчивости к фузариозу колоса, полученных в условиях искусственного заражения растений (на экспериментальном участке Тобольского района Тюменской области) и при естественном развитии

болезни (на ГСУ Тюменской области). Ранг фузариозоустойчивости сорта (установлен на инфекционном участке) имел тесную связь со средними по сортоучасткам показателями содержания фузариозных зёрен и заражённости семян фузариозом в образцах данных сортов (рис. 3.26). Сорта Казахстанская 10, Рикс, Икар проявили наибольшую восприимчивость, а сорта Тюменская 25, Тюменская 29 и Тюменская 33 – относительную устойчивость как в естественных полевых условиях, так и в условиях искусственного заражения.

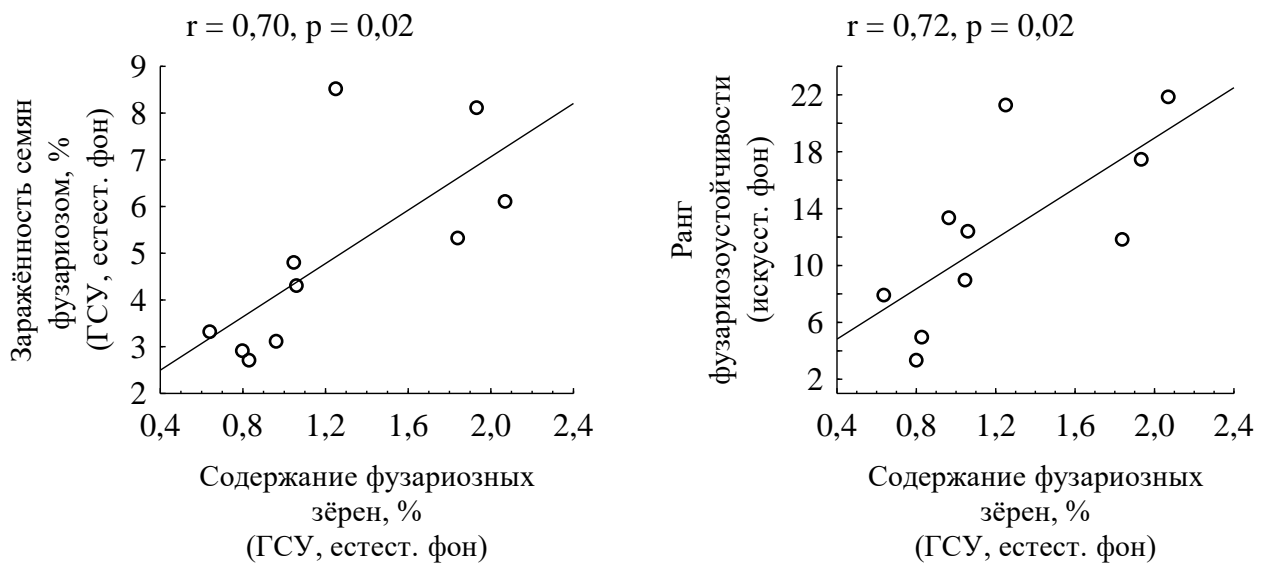


Рисунок 3.26 – Взаимосвязь между показателями устойчивости сортов к фузариозу колоса, полученными на естественном и искусственном инфекционных фонах

Результаты, описанные в параграфе 3.3, ранее представлены научной общественности в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях [68, 74, 79].

3.4. Сравнительная характеристика сортов яровой пшеницы по комплексу признаков устойчивости к болезням, продуктивности и качества зерна

В условиях таёжной агроклиматической зоны Тюменской области среднепоздние сорта яровой мягкой пшеницы по сравнению со среднеранними имели более низкие показатели урожайности и количества клейковины в зерне, показали высокую восприимчивость к фузариозу колоса на искусственном

инфекционном фоне, при этом значительно сильнее других сортов поражались сорта Казахстанская 10 и Рикс. Вместе с тем, на растениях сортов Серебряна, Рикс и Терция в минимальной степени были выражены симптомы бурой ржавчиной среди всех изученных генотипов, а сорт Krabat проявил устойчивость к мучнистой росе и пятнистостям листьев. Сорта Рикс, Казахстанская 10 и Серебряна имели преимущества по признакам – площадь флагового и предфлагового листьев, длина колоса и число колосков в колосе, но при этом характеризовались большим числом неозернённых колосков относительно сортов с более коротким вегетационным периодом.

В группе среднеспелых сортов отличился сорт Омская 36 как наиболее продуктивный и стабильный по урожайности. Следует отметить, что данный сорт на протяжении нескольких лет занимал лидирующие позиции по объёмам высева в Российской Федерации, а в настоящее время входит в Топ-10 сортов яровой мягкой пшеницы согласно данным Россельхозцентра [91]. При этом стоит отметить высокую восприимчивость данного сорта к бурой ржавчине и мучнистой росе. Популярный сорт Икар (также входит в Топ-10) в условиях таёжной агроклиматической зоны Тюменской области показал средний уровень урожайности при средних показателях вариативности по годам исследования и небольшое количество клейковины в зерне, сильно поражался мучнистой росой и фузариозом колоса как на естественном инфекционном фоне, так и при искусственном заражении растений. В литературе имеются указания на высокую восприимчивость к фузариозу колоса сорта Икар, в частности на высокие концентрации фузариотоксинов в его зерне (урожай 2017 г.) [129]. Опушённый колос данного сорта может способствовать удержанию спор грибных патогенов и при благоприятствующих погодных условиях приводить к развитию заболеваний. Сорт СКЭНТ-3 отличился среди всех изученных генотипов сильным поражением листьев мучнистой росой, для которых также была характерна опушённость.

Для группы среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы по сравнению со среднепоздними в условиях таёжной агроклиматической зоны Тюменской области были характерны более высокие показатели продуктивной кустистости,

урожайности и количества клейковины в зерне и большая устойчивость к фузариозу колоса. Наиболее продуктивным и стабильным по урожайности был сорт Тюменская 27. Большинство среднеранних сортов сильно поражались бурой ржавчиной и пятнистостью листьев. В наименьшей степени проявление симптомов этих заболеваний было характерно для районированных по области сортов – Тюменская 25 и Тюменская 29.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Погода в годы исследования по тепло- и влагообеспеченности была резко контрастной, что позволило дать объективную оценку изученным генотипам яровой мягкой пшеницы. Разница среднесуточной температуры воздуха вегетационного периода прохладного года (2014) и года с повышенным тепловым режимом (2016) составила 4,8 °С, по количеству осадков влажный (2015) и засушливый (2014) годы отличались в 2,5 раза. В наибольшей степени влиянию метеорологических факторов были подвержены следующие признаки яровой мягкой пшеницы: число побегов на 1 м², масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен и длина стебля (CV = 20–22 %); к относительно стабильным отнесены признаки: число зёрен в колосе и длина колоса (CV = 2–3 %). Урожайность по годам варьировала незначительно (CV = 7 %).

2. В условиях таёжной агроклиматической зоны среднеранние сорта яровой мягкой пшеницы по сравнению со среднепоздними характеризовались более высокими показателями продуктивной кустистости, урожайности и количества клейковины в зерне. Среднепоздние сорта имели преимущество по признакам – длина колоса и число колосков в колосе, но при этом отличались большим числом неозернённых колосков относительно сортов с более коротким вегетационным периодом.

3. По результатам комплексной оценки хозяйственно-ценных признаков наиболее продуктивными и стабильными по урожайности зерна были сорта Тюменская 27 и Омская 36. По количеству продуктивных побегов выделились сорта Тюменская 27, Тюменская 33, Тюменская 31, Омская 36, Тюменская 25, по массе зерна с колоса – АВИАДа, Серебрина, Икар, СКЭНТ-3, Тюменская 30.

4. Выявлены обратные связи между признаками: число растений на 1 м² и продуктивная кустистость; число продуктивных побегов на 1 м² и озернённость колоса; число зёрен в колосе и масса 1000 зёрен; число продуктивных побегов на 1 м² и масса зерна с колоса. Урожайность в разные годы исследования имела прямые связи с продуктивной кустистостью, числом продуктивных побегов, массой зерна с колоса и массой 1000 зёрен, и обратные – с числом колосков в колосе.

5. Испытание устойчивости генотипов яровой мягкой пшеницы к фузариозу колоса в условиях искусственного заражения растений позволило дифференцировать их на высоковосприимчивые – Казахстанская 10, Рикс, восприимчивые – Икар, Терция, Krabat, Laban, Аделина, Серебряна, СКЭНТ-3, Омская 36, АВИАДа, Лютесценс 585 и относительно устойчивые – Тюменская 25, Тюменец 2, Тюменская 27, Тюменская 31, Тюменская 29, Тюменская 33, Тюменская 30, Лютесценс 70, Тюменская 32, CN 06600. Выявлена тесная прямая связь восприимчивости сорта к фузариозу колосу с продолжительностью вегетационного периода.

6. При анализе растений каждого сорта в большинстве случаев симптомы фузариоза в виде оранжевого налёта на колосковых чешуях сильнее проявлялись на более длинных и рыхлых колосьях.

7. В естественных полевых условиях максимальную чувствительность к бурой ржавчине показали сорта Тюменская 27, Тюменская 30 и Лютесценс 70, минимальную – Серебряна, Рикс, Терция. Высокую восприимчивость к мучнистой росе демонстрировали сорта СКЭНТ-3, Икар, Омская 36; у сортов Тюменская 27, Тюменская 29 признаки поражения были выражены в минимальной степени, на растениях сорта Krabat – отсутствовали.

8. В результате фитопатологической экспертизы семенного материала яровой мягкой пшеницы, выращенной в Тюменской области установлено, что заражённость альтернариозом в разные годы составляла 48–51 %, гельминтоспориозом – 2,6–7,1 %, фузариозом – 1,6–4,8 %, сапрофитными плесневыми грибами – 0,2–2,3 %. У семян, инфицированных грибами *Alternaria* spp., по сравнению с семенами, заселёнными *Fusarium* spp. и *Bipolaris sorokiniana*, средний балл поражения проростков был значительно ниже – 1,4 против 2,5–2,6, а показатели всхожести семян выше – 94,1 % против 63,5–64,0 %.

9. Соотношение различных фитопатогенов в микобиоте семян яровой пшеницы зависело от погодных условий. В прохладных и сильно увлажнённых условиях вегетационного периода 2015 г. была выше представленность в семенном материале грибов рода *Fusarium* по сравнению с *B. sorokiniana* (4,8 против 2,6 %). В

жарких условиях 2016 г. преимущество получил гриб *B. sorokiniana* перед *Fusarium* spp. (7,1 против 1,6 %). Различий в распространённости *Alternaria* spp. по годам исследования не выявлено, что указывает на их меньшую зависимость от гидротермических факторов по сравнению с *Fusarium* spp. и *B. sorokiniana*.

10. В годы исследования наибольшая заражённость семян альтернариозом наблюдалась в образцах пшеницы, выращенной на Ишимском ГСУ в северной лесостепи. Максимальная инфицированность семян фузариозом зафиксирована в образцах с Нижнетавдинского ГСУ (2015 г.), расположенного в подтаёжной зоне, характеризующейся более прохладными и влажными условиями. Наиболее сильно фузариозом поражались сорта Икар и Рикс. Заражённость семенного материала гельминтоспориозом была выше в образцах с Ялуторовского, Омутинского и Ишимского ГСУ (2016 г.), находящихся в северной лесостепи.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При подборе исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Тюменской области рекомендуем источники селекционно-ценных признаков: устойчивость к бурой ржавчине – Серебрина, Рикс, Терция; устойчивость к мучнистой росе – Krabat, Тюменская 27, Тюменская 29, Тюменец 2; слабовосприимчивые к фузариозу колоса (искусственный инфекционный фон) – Тюменская 25, Тюменец 2, Тюменская 27, Тюменская 31, Тюменская 29, Тюменская 33, Тюменская 30, Лютесценс 70, Тюменская 32, CN 06600; число зёрен в колосе – Krabat, Laban; масса зерна с колоса – АВИАДа, Серебрина, Икар, СКЭНТ-3, Тюменская 30; число продуктивных побегов – Тюменская 27, Тюменская 33; масса 1000 зёрен – Омская 36, Тюменская 32, Рикс, Казахстанская 10, АВИАДа.

2. Издание «Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области» (Земцова Е. С. с соавт., 2023 г.) рекомендуем селекционерам (методы оценки и отбор генотипов, устойчивых к воздействию фитопатогенных грибов), сотрудникам Государственных сортоиспытательных участков (принятие решения о районировании сортов), специалистам хозяйствующих субъектов АПК (определение болезней в агроценозах зерновых культур и идентификация возбудителей, контроль и управление болезнями), студентам и аспирантам биологических и сельскохозяйственных специальностей, всем заинтересованным в получении знаний в области фитопатологии.

3. Для получения высокой урожайности зерна и полноценных семян, проведения защитных мероприятий на посевах яровой пшеницы необходимо на основании результатов фитопатологической экспертизы учитывать состав, распространённость и вредоносность патогенов в микробиоте семенного материала, полученного в разных агроэкологических условиях Тюменской области.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПК	агропромышленный комплекс
ВИЗР	Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
ВС	всхожесть семян
ГАУ	государственный аграрный университет
ГМС	государственная метрологическая служба
ГОСТ	государственный стандарт
ГСУ	государственный сортоиспытательный участок
ЕС	Европейский союз
ЗСБ	заражённость семян болезнями
ИП	индивидуальный предприниматель
КСИ	конкурсное сортоиспытание
К(Ф)Х	крестьянское (фермерское) хозяйство
НИИСХ	научно-исследовательский институт сельского хозяйства
СНГ	Содружество независимых государств
СО РАН	Сибирское отделение Российской академии наук
СХИ	сельскохозяйственный институт
ТКНС УрО РАН	Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук
ТОО	товарищество с ограниченной ответственностью
ТюмНЦ	Тюменский научный центр
ФГБУ	Федеральное государственное бюджетное учреждение
b_i	показатель пластичности
СИММУТ	Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы
CV	коэффициент вариации
FAO	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
M	среднее значение
max	максимальное значение
min	минимальное значение
P	показатель развития болезни проростков
p	уровень статистической значимости
r	коэффициент корреляции
RRR	сумма выпавших осадков
S^2d_i	показатель стабильности
SD	стандартное отклонение
SE	стандартная ошибка
T	температура воздуха
U	относительная влажность воздуха

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблова, И. Б. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на устойчивость к фузариозу колоса в Краснодарском крае / И. Б. Аблова, Т. И. Грицай // Пшеница и тритикале: материалы научно-практической конференции «Зелёная революция П. П. Лукьяненко». — Краснодар, 2001. — С. 337–352.
2. Аблова, И. Б. Принципы и методы создания сортов пшеницы, устойчивых к болезням (на примере фузариоза колоса) и их роль в становлении агроэкосистем: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И. Б. Аблова. — Краснодар, 2008. — 50 с.
3. Агеева, Е. В. Полегание пшеницы: генетические и экологические факторы и способы преодоления / Е. В. Агеева, И. Н. Леонова, Е. И. Лихенко // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2020. — № 24 (4). — С. 356–362.
4. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения / ред. А. Н. Афонин [и др.], URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
5. Адаптивный, засухоустойчивый сорт яровой пшеницы Омская 36 / И. А. Белан, Л. П. Россеева, В. М. Россеев [и др.] // Вестник Алтайского государственного университета. — 2015. — № 7 (129). — С. 5–11.
6. Александрова, Н. В. Микрофлора растительных остатков в условиях региональных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / Н. В. Александрова, В. В. Евсеев, С. Ю. Жернова // Зыряновские чтения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «XVI Зыряновские чтения». — Курган, 2018. — С. 286–287.
7. Альтернариоз зерна яровой пшеницы и ячменя в Западной Сибири и Восточном Зауралье / Е. Ю. Торопова, А. А. Кириченко, О. А. Казакова, И. Н. Порсев // Защита и карантин растений. — 2015. — № 1. — С. 20–22.
8. Архив погоды в Тобольске [Расписание погоды: сайт], URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Тобольске (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

9. Архив погоды в Тюмени. [Расписание погоды: сайт], URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Тюмени (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
10. Ассоциированные с пшеницей микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России / Ф. Б. Ганнибал, Т. Ю. Гагкаева, М. М. Гомжина [и др.] // Вестник защиты растений. — 2022. — Т. 105, № 4. — С. 164–180.
11. Атлас почв Российской Федерации [Информационная система «Почвенно-географическая база данных России»: официальный сайт], URL: <https://soil-db.ru/soilatlas> (дата обращения 19 ноября 2024 г.)
12. Атлас Тюменской области. — Москва; Тюмень: Изд-во ГУГК, 1976. — Вып. II. — 228 с.
13. Бабкенова, С. А. Генетические ресурсы устойчивости сортообразцов яровой пшеницы к септориозу / С. А. Бабкенова // Новости науки Казахстана. — 2017. — № 2 (132). — С. 123–130.
14. Бабушкина, Т. Д. Исходный материал для селекции скороспелых высокопродуктивных сортов яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Т. Д. Бабушкина. — Ленинград, 1982. — 16 с.
15. Бебякин, В. М. Экологическая устойчивость сортов и форм яровой твёрдой пшеницы по массе зерна с растения и зерновому уборочному индексу / В. М. Бебякин // Селекция и семеноводство. — 1993. — № 1. — С. 28–30.
16. Белкина, Р. И. Проблема повышения качества зерна пшеницы в Тюменской области / Р. И. Белкина, А. А. Казак, Ю. А. Летяго // Продовольственная безопасность: прошлое, настоящее, будущее: материалы круглого стола (с международным участием): в 2 ч. — Луганск, 2023. — С. 34–39.
17. Белкина, Р. И. Пути решения проблемы повышения качества зерна в лесостепной зоне Западной Сибири: дис... д-ра с.-х. наук / Р. И. Белкина. — Тюмень, 2000. — 346 с.
18. Белкина, Р. И. Развитие исследований по качеству зерна пшеницы в ГАУ Северного Зауралья / Р. И. Белкина // Проблемы и пути повышения качества зерна в природно-климатических условиях Западной Сибири: материалы

Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. — Тюмень, 2023. — С. 7–17.

19. Беспалова, Л. А. «Мозаика» сортов как метод управления и контроля за фитопатологической ситуацией в агроценозах пшеницы / Л. А. Беспалова, И. Б. Аблова // Защита растений от вредных организмов: материалы IX Международной научно-практической конференции. — Краснодар, 2019. — С. 28–31.

20. Богородицкая, В. П. Алейкия алиментарно-токсическая / В. П. Богородицкая, Н. П. Нефедьева // Большая медицинская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. Б. В. Петровский. — 3-е изд. — М., 1974. — 576 с.

21. Бриггс, Ф. Научные основы селекции растений / Ф. Бриггс, П. Ноулз; пер. с англ. Л. И. Вайсфельд, Ю. И. Лашкевича / под ред. Г. В. Гуляева. — М.: Колос, 1972. — 398 с.

22. Бурлака, В. В. Яровая пшеница в Северном Зауралье / В. В. Бурлака — М., 1973. — 222 с.

23. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства [Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт], URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

24. В сортах навоза... разбираемся! // Аграрная наука. 2023. — № 368 (3). — С. 20–21.

25. Вавилов, Н. И. Ботанико-географические основы селекции: (учение об исходном материале в селекции) / Н. И. Вавилов. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. — 60 с.

26. Власенко, Н. Г. Влияние фитосанитарных средств на содержание белка и клейковины в зерне среднеранних и среднеспелых сортов яровой пшеницы / Н. Г. Власенко, А. А. Слободчиков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2010. — № 4. — С. 37–44.

27. Влияние инфицированности семян на формирования урожайности зерна яровой пшеницы / В. В. Лапина, Н. В. Смолин, Н. А. Перов [и др.] // Достижения науки и техники — АПК. 2012. — № 3. — С. 30–32.
28. Влияние средств химизации на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / В. И. Каргин, А. А. Ерофеев, Р. А. Захаркина, Ю. И. Каргин // Защита и карантин растений. — 2009. — № 10. — С. 29–31.
29. Гаврилова, О. П. Заражённость зерна овса грибами *Fusarium* и *Alternaria* и её сортовая специфика в условиях северо-запада России / О. П. Гаврилова, Ф. Б. Ганнибал, Т. Ю. Гагкаева // Сельскохозяйственная биология. — 2016. — Т. 51, № 1. — С. 111–118.
30. Гагкаева, Т. Ю. Микробиота зерна – показатель его качества и безопасности / Т. Ю. Гагкаева, А. П. Дмитриев, В. А. Павлюшин // Защита и карантин растений. — 2012. — № 9. — С. 14–18.
31. Гагкаева, Т. Ю. Хорошая новость – грибы микродохиум не продуцируют микотоксины! / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, А. С. Орина // Защита и карантин растений. — 2017. — № 5. — С. 9–12.
32. Ганнибал, Ф. Б. Альтернариоз зерна – современный взгляд на проблему / Ф. Б. Ганнибал // Защита и карантин растений. — 2014. — № 6. — С. 11–15.
33. Ганнибал, Ф. Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*: методическое пособие / Ф. Б. Ганнибал. — Санкт-Петербург, 2011. — 70 с.
34. Гешеле, Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э. Э. Гешеле. — М.: Колос, 1978. — 205 с.
35. Гончаров, П. Л. Селекция растений в Сибири на адаптивность / П. Л. Гончаров // Достижения науки и техники АПК. — 2006. — № 1. — С. 13–15.
36. Гончаров, П. Л. Слагаемые успеха селекции растений / П. Л. Гончаров // Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе: докл. и сообщ. IX генетико-селекц. школы. — Новосибирск, 2005. — С. 3–13.
37. Горленко, М. В. Семена как источник распространения инфекционных

болезней растений / М. В. Горленко // Микология и фитопатология. — 1970. — Т. 4. Вып. 2. — С. 165–169.

38. Горшенин, К. П. Почвы южной части Сибири / К. П. Горшенин. — М., 1955. — 592 с.

39. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зёрен или массы 1000 семян. — М.: Стандартиформ, 2009. — 3 с.

40. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приёмки и методы отбора проб. — М.: Стандартиформ, 2011. — 10 с.

41. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения заражённости болезнями. — М.: Стандартиформ, 2011. — 55 с.

42. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. — М.: Стандартиформ, 2009. — 5 с.

43. ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения. — М.: Стандартиформ, 2014. — 22 с.

44. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. — М.: Стандартиформ, 2011. — 4 с.

45. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её по методу ЦИНАО. — М.: Издательство стандартов, 1985. — 4 с.

46. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. — М.: Издательство стандартов, 1985. — 4 с.

47. ГОСТ 31646-2012. Зерновые культуры. Метод определения содержания фузариозных зёрен. — М.: Стандартиформ, 2019. — 3 с.

48. ГОСТ 9353-90. Пшеница. Требования при заготовках и поставках. — М, 1990. — 10 с.

49. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. — М.: Стандартиформ, 2013. — 7 с.

50. Государственному испытанию новых сортов сельскохозяйственных культур по Тюменской области 80 лет / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, С. Н. Яценко

[и др.] // Агропродовольственная политика России. — 2018. — № 5 (77). — С. 30–35.

51. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию [ФГБУ «Госсорткомиссия»: официальный сайт], URL: <https://gossortrf.ru/registry/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

52. Гультяева, Е. И. Генетическая структура популяций *Rhizoctonia trititica* в России и её изменчивость под влиянием растения-хозяина: дисс. ... д-ра биол. наук. / Е. И. Гультяева. — Санкт-Петербург; Пушкин, 2018. — 312 с.

53. Дёмина, И. Ф. Корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна образцов яровой пшеницы от агроэкологических условий / И. Ф. Дёмина // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2022. — Т. 65, № 3 (387). — С. 278–281.

54. Дёмина, И. Ф. Сопряжённость урожайности и элементов её структуры у образцов яровой мягкой пшеницы / И. Ф. Дёмина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2021. — Т. 22, № 4. — С. 477–484.

55. Диагностика основных грибных болезней зерновых культур / Т. И. Ишкова, Л. И. Берестецкая, Е. Л. Гасич [и др.]. — Санкт-Петербург, 2002. — 76 с.

56. Дифференциация земель сельскохозяйственного назначения агроландшафтов Тюменской области по кадастровой стоимости / П. М. Сапожников, А. К. Оглезнев, Ю. Н. Филиппова, О. Д. Конюшкова // Почвоведение. — 2019. — № 11. — С. 1403–1410.

57. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова. — Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2017. — 106 с.

58. Дорофеев, В. Ф. Пшеницы мира / В. Ф. Дорофеев, Р. А. Удачин, Л. В. Семенова. — Ленинград: ВО Агропромиздат, 1987. — 560 с.

59. Евсеев, В. В. Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья: монография / В. В. Евсеев. — Белгород: ООО «Эпицентр», 2018. — 148 с.

60. Жученко, А. А. Адаптационный потенциал культурных растений: эколого-генетические основы / А. А. Жученко. — Кишинёв: Штиинца, 1988. — 768 с.
61. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений: эколого-генетические основы / А. А. Жученко. — М.: РУДН, 2001. — 780 с.
62. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика [в 3 т.] / А. А. Жученко. — М.: ООО «Издательство Агрорус», 2008. — Т. 1. — 814 с.
63. Жученко, А. А. Основы адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов от вредных видов / А. А. Жученко // Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений. — Саратов, 2012. — С. 180–195.
64. Защита пшеницы от эпифитотий септориоза листьев и колоса / С. С. Санин, А. А. Санина, Е. В. Пахолкова [и др.] // Защита и карантин растений. — 2022. — № 11. — С. 4–13.
65. Защита растений от болезней / под ред. В. А. Шкаликова. — Москва, 2010. — 404 с.
66. Зеленёва, Ю. В. Влияние агроклиматических условий на морфолого-культуральные свойства возбудителя септориоза пшеницы *Zimoseptoria tritici* / Ю. В. Зеленёва, В. П. Судникова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2020. — № 1 (60). — С. 32–37.
67. Земцова, Е. С. Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2021. — Т. 16, № 2 (62). — С. 23–28.
68. Земцова, Е. С. Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области: Учебное пособие / Е. С. Земцова, Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова. — Тюмень: ТюмГУ-Press. — 2023. — 160 с.
69. Земцова, Е. С. Вариативность количественных признаков *Triticum aestivum* L. и их взаимосвязь под влиянием экологических факторов / Е. С. Земцова,

Н. А. Боме, В. В. Новохатин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2017. — № 66. — С. 106–109.

70. Земцова, Е. С. Вариабельность морфологических признаков *Triticum aestivum* L. в условиях резких колебаний гидротермических факторов погоды / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Селекция и технологии производства экологически безопасной продукции растениеводства в условиях меняющегося климата: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. — Тюмень, 2022. — С. 115–124.

71. Земцова, Е. С. Влияние густоты стояния растений на структуру урожая яровой мягкой пшеницы / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2-2. — С. 824.

72. Земцова, Е. С. Дифференциация сортов яровой пшеницы, районированных в Тюменской области, по устойчивости к фузариозу колоса / Е. С. Земцова, Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова // Пермский аграрный вестник. — 2023. — № 2 (42). — С. 20–26.

73. Земцова, Е. С. Изменчивость структуры урожая пшеницы мягкой яровой в условиях Северного Зауралья / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2016. — № 60. — С. 103–107.

74. Земцова, Е. С. Микробиота семян яровой пшеницы, выращенной в контрастных агроклиматических условиях Тюменской области / Е. С. Земцова, Н. А. Боме, В. В. Новохатин // Аграрная наука. — 2024. — № 10. — С. 104–110.

75. Земцова, Е. С. Микробиоты рода *Fusarium* – патогены яровой мягкой пшеницы в Северном Зауралье / Е. С. Земцова, Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова // Тобольск научный – 2015: материалы XII Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. — Тобольск, 2015. — С. 35–37.

76. Земцова, Е. С. Оценка устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к листовым болезням в естественных полевых условиях / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 5. — С. 685.

77. Земцова, Е. С. Оценка устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к

фузариозу зерна на искусственном инфекционном фоне в условиях Северного Зауралья / Е. С. Земцова, Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова // Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС: материалы Международной научно-практической конференции. — Т. 1. — М.: Печатный город, 2016. — С. 520–527.

78. Земцова, Е. С. Полиморфизм сортов *Triticum aestivum* L. по устойчивости к фузариозу колоса в полевых условиях на искусственном инфекционном фоне / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных, лесных культур и винограда юга России: материалы Международной научно-практической конференции. — Ялта, 2016. — 74 с.

79. Земцова, Е. С. Распространённость и вредоносность грибных патогенов в семенном материале пшеницы из разных агроклиматических зон Тюменской области / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы VII Международной научной конференции. — Симферополь, 2022. — С. 27–28.

80. Земцова, Е. С. Сравнительная характеристика генотипов *Triticum aestivum* L. по устойчивости к фузариозу колоса в условиях искусственного заражения / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2022. — № 96. — С. 100–106.

81. Земцова, Е. С. Фенотипическое проявление селекционно-ценных признаков яровой мягкой пшеницы в зависимости от генотипа и метеорологических условий / Е. С. Земцова, Н. А. Боме // Плодоводство и ягодоводство России. — 2017. — Т. 50. — С. 123–126.

82. Зыкин, В. А. Селекция мягкой яровой пшеницы в условиях юга Западно-Сибирской равнины: автореф. дис... д-ра с.-х. наук / В. А. Зыкин. — Новосибирск. 1988. — 45 с.

83. Зыкин, В. А. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к отрицательным абиотическим факторам в условиях Западной Сибири /

В. А. Зыкин, В. В. Мешков // Селекция засухоустойчивых, среднеспелых и скороспелых зерновых культур. — Новосибирск, 1982. — С. 3–14.

84. Иваненко, А. С. Н. Л. Скалозубов и Б. В. Патрикеев – пионеры сельскохозяйственной науки в Зауралье // Современные научно–практические решения в АПК: сб. статей Всероссийской научно-практической конференции / А. С. Иваненко. — 2017. — С. 655–664.

85. Иваненко, А. С. Опыт выращивания белозёрной яровой пшеницы в Тюменской области / А. С. Иваненко // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 7 (99). — С. 5–8.

86. Иваненко, А. С. Причины гибели озимых культур в Тюменской области / А. С. Иваненко, Н. А. Иваненко // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. — 2015. — № 1 (28). — С. 3–7.

87. Иващенко, В. Г. Фузариоз колоса хлебных злаков / В. Г. Иващенко, Н. П. Шипилова, Л. А. Назаровская. — Санкт-Петербург., 2004. — 164 с.

88. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие / Е. Е. Радченко, В. И. Кривченко, О. В. Солодухина [и др.]; под ред. Е. Е. Радченко. — Москва, 2008. — 416 с.

89. Инструкция № 9-7-88 по хранению зерна, маслосемян, муки и крупы (Утверждена Министерством хлебопродуктов СССР 24.06.88). — М.: ЦНИИТЭИ Минхлебпродукта СССР, 1988. — 40 с.

90. Интенсификация производства зерна пшеницы, фитосанитария и защита растений в Центральном районе России / С. С. Санин, Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов [и др.] // Агрехимия. — 2020. — № 10. — С. 36–44.

91. Информационный листок Россельхозцентра №2/2023 от 24.01.2023 «Рейтинг 10 сортов (гибридов) лидеров с/х культур по объёмам высева в РФ в 2022 г.» [Россельхозцентр: официальный сайт], URL: <https://rosselhoccenter.ru/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

92. Казак, А. А. Научные основы разработки модели сорта яровой мягкой пшеницы для Западной Сибири / А. А. Казак, Ю. П. Логинов // Вестник Курганской ГСХА. — 2019. — № 3. — С. 9–11.

93. Казак, А. А. Продуктивность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Тюменской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук / А. А. Казак. — Тюмень, 2009. — 17 с.
94. Казак, А. А. Распространённость семенной инфекции *Fusarium* sp. и её влияние на качество зерна сортов яровой пшеницы, выращенных на разных предшественниках в условиях Тюменской области / А. А. Казак, С. Н. Ященко, Ю. П. Логинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2023. — № 5 (103). — С. 45–51.
95. Казак, А. А. Сравнительное изучение среднеспелых и среднепоздних сортов сильной пшеницы сибирской селекции в лесостепной зоне Тюменской области / А. А. Казак, Ю. П. Логинов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2018. — № 6 (67). — С. 33–41.
96. Казак, А. А. Урожайность и качество зерна среднеранних сортов яровой пшеницы в различных природно-климатических зонах Тюменской области / А. А. Казак // Аграрный вестник Урала. — 2009. — № 7 (61). — С. 54–56.
97. Казак, А. А. Урожайность и хлебопекарные качества сортов яровой мягкой пшеницы сибирской селекции в северной лесостепи Тюменской области / А. А. Казак, Ю. П. Логинов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. — 2020. — № 2 (59). — С. 6–14.
98. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях подтаёжной зоны Тюменской области / Р. И. Белкина, Ю. А. Летяго, В. В. Выдрин, Т. К. Федорук // Вестник КрасГАУ. — 2021. — № 3 (168). — С. 15–21.
99. Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественников и обработки почвы в условиях Челябинской области / А. В. Соколова, В. С. Мельник, А. А. Агеев, Г. Ф. Манторова // АПК России. — 2021. — № 5. — С. 608–614.
100. Кекало, А. Ю. Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе / А. Ю. Кекало, Н. Ю. Заргарян, В. В. Немченко // — Аграрный вестник Урала. — 2022. — № 11 (226). — С. 14–24.
101. Кекало, А. Ю. Экологизированный способ защиты семян от

фитопатогенов / А. Ю Кекало // Аграрная наука. — 2021. — № 354 (11–12). — С. 129–133.

102. Кириллов, Ю. И. Влияние условий произрастания на структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы / Ю. И. Кириллов, Л. М. Ларионова // Экологические проблемы интенсификации земледелия в Алтайском крае. — Барнаул, 1983. — С. 71–73.

103. Коданёв, И. М. Повышение качества зерна / И. М. Коданёв. — М.: Колос, 1976. — 276 с.

104. Козьмина, Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Н. П. Козьмина. — М.: Колос, 1976. — 374 с.

105. Койшыбаев, М. Болезни пшеницы / М. Койшыбаев. — Анкара: ФАО, 2018. — 365 с.

106. Колмаков, Ю. В. Эффективность зернопроизводства пшеницы в Омской области при контроле качества зерна и продуктов его переработки / Ю. В. Колмаков, В. И. Капис, В. М. Распутин. — Омск: ООО ИПЦ «Сфера», 2004. — 132 с.

107. Колосков, П. И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование / П. И. Колосков. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. — 327 с.

108. Коновалов, Ю. Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям / Ю. Б. Коновалов. — Москва, 2002. — 136 с.

109. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. — М.: Высшая школа. — 1990. — 352 с.

110. Левитин, М. М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений / М. М. Левитин // Микология и фитопатология. — 2012. — Т. 46, № 1. — С. 14–19.

111. Левитин, М. М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата / М. М. Левитин // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — Т. 50, № 5. — С. 641–647.

112. Левитин, М. М. Паразитизм фитопатогенных грибов / М. М. Левитин, Н. В. Мироненко. — М.: Общественная национальная академия микологии, 2022. — 104 с.
113. Левитин, М. М. Современные видовые названия фитопатогенных грибов / М. М. Левитин // Защита и карантин растений. — 2018. — № 8. — С. 8–11.
114. Летяго, Ю. А. Качество зерна пшеницы Тюменской области / Ю. А. Летяго, Р. И. Белкина // Вестник ОрелГИЭТ. — 2018. — № 4 (46). — С. 7–11.
115. Логинов, Ю. П. Импортзамещение зерновых культур в Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, Л. И. Якубышина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2016. — № 7 (141). — С. 14–20.
116. Логинов, Ю. П. Многобиотипные сорта – резерв устойчивого производства зерна яровой пшеницы в Сибири / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, А. А. Юдин // Достижения науки и техники АПК. — 2013. — № 10. — С. 25–28.
117. Логинов, Ю. П. Селекция мягкой яровой пшеницы в лесостепной зоне Сибири: автореф. дис...д-ра с.-х. наук / Ю. П. Логинов. — Новосибирск, 1997. — 57 с.
118. Логинов, Ю. П. Состояние и перспективы возделывания озимой пшеницы в Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, С. Н. Яценко // Аграрная наука и образование Тюменской области: связь времён: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 140-летию Тюменского реального училища, 60-летию Тюменского государственного сельскохозяйственного института. — Тюмень, 2019. — С. 160–170.
119. Логинов, Ю. П. Экологическое состояние в растениеводстве Тюменской области и пути его улучшения / Ю. П. Логинов, А. А. Казак // Проблемы агроэкологии АПК Сибири: сб. трудов Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, посвящённой 50-летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. С. Моторина и 25-летию кафедры Экологии и рационального природопользования. — Тюмень, 2023. — С. 107–114.

120. Логинов, Ю. П. Яровая пшеница в Тюменской области (биологические особенности роста и развития) / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, Л. И. Якубышина. — Тюмень: «Тюменский аграрный академический союз», 2012. — 116 с.

121. Макаров, А. Р. Влагонакопление и урожай полевых культур в засушливых условиях Западной Сибири / А. Р. Макаров, А. Е. Сницарь. — Омск, 2000. — 111 с.

122. Маркерные метаболиты грибов *Alternaria*, *Fusarium* и *Microdochium* как инструмент оценки их взаимоотношений в микобиоте зерна пшеницы / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, А. С. Орина [и др.] // Биотехнология и селекция растений. — 2018. — Т. 1, № 1. — С. 7–15.

123. Мартынов, А. В. Подвижные формы фосфора в пойменных катенах реки Амур / А. В. Мартынов // Бюллетень почвенного института им. В. В. Докучаева. — 2021. — Вып. 107. — С. 61–91.

124. Марченко, Д. М. Взаимосвязи между урожайностью и элементами её структуры у сортов мягкой яровой пшеницы / Д. М. Марченко // Научный журнал — КубГАУ. — 2011. — № 68 (04). — С. 1–12.

125. Марченко, Л. В. Влияние экологических условий на посевные качества семян сортов яровой пшеницы в Тюменской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Л. В. Марченко. — Тюмень, 2007. — 16 с.

126. Методические рекомендации по созданию инфекционных фонов для иммунологических исследований пшеницы / С. С. Санин, Н. П. Неклеса, А. А. Санина, Е. В. Пахолкова. — М., 2008. — 68 с.

127. Методы и подходы в селекции фузариозоустойчивых сортов пшеницы / И. Б. Аблова, Л. А. Беспалова, В. А. Филобок [и др.] // Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России: сб. тезисов докладов IV Всероссийского съезда по защите растений с международным участием. — Санкт-Петербург.: ФГБНУ ВИЗР, 2019. — С. 24.

128. Микромицеты *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском федеральном округе / А. С. Орина, А. П. Гаврилова,

Т. Ю. Гагкаева, Ф. Ю. Ганнибал // Микология и фитопатология. — 2020. — Т. 54, № 5. — С. 365–377.

129. Мониторинг грибов рода *Fusarium* Link. и их микотоксинов на зерне пшеницы в Западной Сибири / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьёва, М. А. Мустафина, М. П. Селюк // Агрехимия. — 2019. — № 5. — С. 76–82.

130. Мониторинг и контроль септориоза пшеницы в Сибири / Е. Ю. Торопова, О. А. Казакова, М. П. Селюк, Е. А. Орлова // АПК России. 2016. Т. 23, № 5. С. 961–968.

131. Мониторинг септориоза пшеницы и проведение защитных опрыскиваний / С. С. Санин, Л. Г. Корнева, Е. А. Акимова, А. А. Мотовилин // Защита и карантин растений. — 2015. — № 7. — С. 30–34.

132. Наумов, Н. А. О проблеме заболевания растений / Н. А. Наумов // Труды ВИЗР, 1951. — Вып. 3. — С. 115–124.

133. Национальный атлас почв Российской Федерации. — М.: Астрель; АСТ, 2011. — 632 с.

134. Немченко, В. В. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / В. В. Немченко, А. Ю. Кекало, Н. Ю. Загарян. — Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография». — 2011. — 525 с.

135. Неттевич, Э. Д. Результаты селекции яровой пшеницы в московском селекцентре / Э. Д. Неттевич, Н. В. Давыдова, А. А. Шарахов // Селекция и семеноводство. 1996. — № 1–2. — С. 2–6.

136. Новохатин, В. В. Биоклиматические ресурсы Северного Зауралья / В. В. Новохатин // Аграрный вестник Урала. — 2015. — № 8 (138). — С. 22–28.

137. Новохатин, В. В. Рост урожайности яровой мягкой пшеницы в Северном Зауралье / В. В. Новохатин, Т. В. Шеломенцева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2014. — № 4. — С. 14–17.

138. Новохатин, В. В. Селекция мягкой яровой пшеницы на устойчивость к септориозу / В. В. Новохатин, В. А. Драгавцев, Т. В. Шеломенцева // Аграрная наука. — 2019. — № 1. — С. 27–32.

139. Новохатин, В. В. Селекция яровой мягкой пшеницы в Северном

Зауралье // Научные результаты – агропромышленному производству: материалы Международной научно-практической конференции. — Курган: ГИПП «Зауралье». — Т. 1. — 2004. — С. 214–218.

140. Новые сорта мягкой яровой пшеницы с высоким потенциалом урожайности и качества зерна для использования в лесостепи Омской области: рекомендации / подгот. П. В. Поползухин, В. Д. Василевский, Ю. Ю. Паршуткин [и др.]. — Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2023. — 24 с.

141. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2023 году и прогноз развития вредных объектов в 2024 году. — М., 2024. — 1281 с.

142. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году и прогноз развития вредных объектов в 2023 году. — М., 2023. — 1459 с.

143. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2021 году и прогноз развития вредных объектов в 2022 году. — М., 2022. — 853 с.

144. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году. — М., 2021. — 912 с.

145. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году. — М., 2020. — 897 с.

146. Озимые зерновые культуры – пшеница, рожь, тритикале – в Северном Зауралье / А. С. Иваненко, В. В. Выдрин, Т. К. Федорук [и др.]. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2016. — 190 с.

147. Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумаков, И. И. Минкевич, Ю. И. Власов, Е. А. Гаврилова / Под общ. ред. А. Е. Чумакова. — Москва: Колос, 1974. — 190 с.

148. Оценка стратегического прогноза изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России

/ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Климатический центр Росгидромета. — Санкт-Петербург: Д'АРТ: Главная географическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2017. — 44 с.

149. Павлов, А. Н. Качество клейковины пшеницы и факторы её определяющие / А. Н. Павлов // Сельскохозяйственная биология. — 1992. — № 1. — С. 3–16.

150. Панников, В. Д. Удобрения, сорт и урожайность / В. Д. Панников // Агрохимия. — 1980. — № 12. — С. 3–11.

151. Пересыпкин, В. Ф. Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания / В. Ф. Пересыпкин, С. Л. Тютюрев, Т. С. Баталова. — М.: Агропромиздат, 1991. — 272 с.

152. Петрушина, О. В. Экспортно-ориентированная стратегия зернового производства / О. В. Петрушина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 2. — С. 90–97.

153. Погода и климат: [официальный сайт], URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28367.htm> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

154. Подвижный фосфор в серых лесных почвах Тулуно-Иркутской лесостепи / М. А. Корзун, Л. Н. Костюхин, Г. Н. Тарасова, В. С. Шевчук // Агрохимия. — 1993. — № 10. — С. 97–103.

155. Показатели экологической изменчивости у сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Тюменской области / В. В. Новохатин, Е. В. Зуев, Т. В. Шеломенцева, Т. А. Леонова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — 2023. — Т. 184, № 3. — С. 70–78.

156. Полевые культуры Западной Сибири / Н. М. Крючков, Е. Н. Гудинова, Л. И. Шанина, В. Н. Кравченко [и др.]. — Омск, 1996. — 303 с.

157. Поляков, М. В. Варьирование признаков качества зерна у сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Зауралья / М. В. Поляков, Р. И. Белкина, Ю. А. Летяго // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. — 2020. — № 4 (61). — С. 20–26.

158. Поляков, М. В. Листостебельные болезни сортов яровой пшеницы в условиях северной лесостепи / М. В. Поляков, В. М. Губанова // Вестник КрасГАУ. 2014. — № 4. — С. 146–148.
159. Поляков, М. В. Яровая пшеница и ячмень в Северном Зауралье: сорта, элементы технологии, урожайность и качество зерна / М. В. Поляков, Р. И. Белкина, О. В. Шулепова. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. — 148 с.
160. Почвенная карта юга Тюменской области / сост. Л. Н. Каретин, И. М. Гаджиев; отв. ред. Г. В. Романова. — Омск: Омская картографическая фабрика, 1992. — 1 с.
161. Проблема контаминации зерна микотоксинами грибов *Alternaria* / А. С. Орина, О. П. Гаврилова, Т. Ю. Гагкаева, Н. Н. Гогина // Успехи медицинской микологии. — 2023. — Т. 24. — С. 355–359.
162. Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация / О. П. Гаврилова, А. С. Орина, Н. Н. Гогина, Т. Ю. Гагкаева // Аграрный вестник Урала. — 2020. — № 7 (198). — С. 29–40.
163. Программа работ комплексного селекционно-семеноводческого центра по растениеводству научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья на период 2011–2030 гг. / РАСХН. Сиб. регион. отд-ние. ГНУ НИИСХ Северного Зауралья Россельхозакадемии / под ред. В. В. Новохатина. — Тюмень, 2011. — 98 с.
164. Разнообразие культурного овса по хозяйственно ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу / И. Г. Лоскутов, Е. В. Блинова, О. П. Гаврилова, Т. Ю. Гагкаева // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2016. — Т. 20, № 3. — С. 286–294.
165. Расовый состав Новосибирской популяции *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* / Е. С. Сколотнева, В. Н. Кельбин, А. И. Моргунов [и др.] // Микология и фитопатология. — 2020. — Т. 54, № 1. — С. 49–58.
166. Расписание погоды: [официальный сайт], URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

167. Растениеводство Северного Зауралья / А. С. Иваненко, Ю. П. Логинов, Р. И. Белкина [и др.]. — Тюмень: Титул, 2017. — 308 с.

168. Результаты фитопатологического анализа семян яровых зерновых и зернобобовых культур [Россельхозцентр: официальный сайт], URL: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/uralskiy/tyumenskaya-oblast/rezultaty-fitopatologicheskogo-analiza-semyan-yarovykh-zernovykh-i-zernobobovykh-kultur/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

169. Роль сортов и фунгицидов в контроле септориоза яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, О. А. Казакова, В. В. Пискарёв [и др.] // *Агрохимия*. — 2019. — № 5. — С. 66–75.

170. Российский сельскохозяйственный центр: [официальный сайт], URL: <https://rosselhoccenter.ru/obzory-i-prognozy/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

171. Санин, С. С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства / С. С. Санин // *Защита и карантин растений*. — 2019. — № 3. — С. 3–10.

172. Санин, С. С. Защита пшеницы от мучнистой росы / С. С. Санин, Н. П. Неклеса, Ю. А. Стрижекозин // *Защита и карантин растений*. — 2008. — № 1. — С. 61–71.

173. Санин, С. С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии / С. С. Санин // *Защита и карантин растений*. — 2020. — № 4. — С. 9–16.

174. Санин, С. С. Контроль болезней сельскохозяйственных растений – важнейший фактор интенсификации растениеводства / С. С. Санин // *Вестник защиты растений*. — 2010. — № 1. — С. 3–14.

175. Санин, С. С. Фитосанитарная мозаика сортов: иммунологическое и эпифитотиологическое обоснование / С. С. Санин, Л. Г. Корнева // *Защита и карантин растений*. — 2012. — № 4. — С. 28–32.

176. Санин, С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства / С. С. Санин // *Защита и карантин растений*. — 2013. — № 12. — С. 3–9.

177. Сапега, В. А. Взаимодействие генотип-среда и параметры экологической пластичности / В. А. Сапега, Г. Ш. Турсумбекова // *Зерновое хозяйство*. — 2000. — № 2. — С. 25.
178. Сапега, В. А. Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы различных групп спелости в условиях лесостепи Северного Зауралья / В. А. Сапега, Г. Ш. Турсумбекова // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. — 2022. — № 3 (64). — С. 67–75.
179. Сапега, В. А. Характеристика агрометеорологических условий почвенно-климатических зон Северного Зауралья и их связь с урожайностью зерновых культур / В. А. Сапега, Н. Н. Журавлёва // *Достижения науки и техники АПК*. — № 1. — 2011. — С. 11–13.
180. Сапега, В. А. Характеристика сортового районирования яровой пшеницы в Тюменской области / В. А. Сапега // *Зерновое хозяйство России*. — 2012. — № 2 (20). — С. 20–24.
181. Селекция адаптивных сортов яровой пшеницы в Сибири / А. А. Казак, Ю. П. Логинов, В. П. Шаманин, А. А. Юдин // *Зерновое хозяйство России*. — 2015. — № 1. — С. 26–30.
182. Синицын, С. С. Сильная и твёрдая пшеницы / С. С. Синицын, Б. С. Кошелев. — Омск: Омское книжное издательство, 1988. — 117 с.
183. Система адаптивно-ландшафтного земледелия в природно-климатических зонах Тюменской области / Н. В. Абрамов, Ю. А. Акимова, Л. Г. Бакшеев [и др.]. — Тюмень: АО «Тюменский издательский дом», 2019. — 472 с.
184. Скрининг гексаплоидных синтетических линий и сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к септориозу / Т. М. Коломиец, В. П. Шаманин, Е. В. Пахолкова [и др.] // *Вестник Омского ГАУ*. — 2018. — № 3 (31). — С. 13–26.
185. Современные методы исследования генетического разнообразия растений с использованием статистических инструментов: учебное пособие / Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова, А. Я. Боме, Е. А. Исаченко-Боме. — Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2021. — 208 с.

186. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2023 год / отв. за выпуск Л. Я. Градобоева. — Тюмень, 2024. — 72 с.

187. Стеблевая ржавчина в Западной Сибири – расовый состав и эффективные гены устойчивости / В. П. Шаманин, И. В. Потоцкая, С. С. Шепелев [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2020. — № 24 (2). — С. 131–138.

188. Стрижова, Ф. М. Влияние предшественников на формирование качества зерна яровой пшеницы / Ф. М. Стрижова, Ю. Н. Титов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2007. — № 4. — С. 37–40.

189. Тимофеев, В. Н. Совершенствование системы защиты яровой пшеницы против основных болезней в условиях Северного Зауралья: автореф. дис. канд. с.-х. наук / В. Н. Тимофеев. — Новосибирск, 2012. — 19 с.

190. Тоболова, Г. В. Мониторинг развития болезней зерновых культур в Тюменской области / Г. В. Тоболова, К. В. Фуртаев, И. Б. Кабанин // Вестник защиты растений. — 2016. — № 3 (89). — С. 168–170.

191. Торопова, Е. Ю. Мониторинг септориоза яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Е. Ю. Торопова, О. А. Казакова, М. П. Селюк // Достижение науки и техники АПК. — 2016. — Т. 30, № 12. — С. 33–35.

192. Торопова, Е. Ю. Поиск сортов яровой пшеницы с групповой устойчивостью к фузариозно-гельминтоспориозным корневым гнилям / Е. Ю. Торопова, В. В. Пискарев, В. Ю. Сухомлинов // Агрехимия. — 2019. — № 11. — С. 57–62.

193. Торопова, Е. Ю. Предпосевная подготовка семян яровой пшеницы в условиях ресурсосберегающих технологий / Е. Ю. Торопова, А. Ф. Захаров. — 2017. — С. 28–31.

194. Торопова, Е. Ю. Эпифитотический процесс септориоза на сортах яровой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции / Е. Ю. Торопова, О. А. Казакова, В. В. Пискарев. — 2020. — № 24 (2). — С. 139–148.

195. Три вопроса эксперту. Предпосевная обработка семян зерновых – «страховка» урожая // *Аграрная наука*. — 2023. — № 3. — С. 9.
196. Турапин, В. П. Ржавчинные болезни зерновых культур в Республике Казахстан и борьба с ними / В. П. Турапин, В. А. Мостовой. — Алматы, 1995. — 141 с.
197. Уразалиев, Р. А. Некоторые аспекты селекции пшеницы на адаптивность и пластичность / Р. А. Уразалиев // *Вестник с.-х. науки Казахстана*. — 1986. — № 2. — С. 24–27.
198. Устойчивость сортов и линий яровой мягкой пшеницы к возбудителям септориозной, пиренофорозной и тёмно-бурой пятнистостей / Ю. В. Зеленёва, В. П. Судникова, Н. М. Коваленко, И. В. Гусев // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. — 2023. — Т. 184, № 3. — С. 196–206.
199. ФАО, 2017. Борьба с формами ржавчины пшеницы: укрепление национального потенциала и международного сотрудничества, URL: <https://www.fao.org/3/i6918r/i6918r.pdf> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
200. Фещенко Е. С. Влияние элементов технологии возделывания на качество зерна яровой пшеницы / Е. С. Фещенко, Е. Ю. Торопова // *Защита растений от вредных организмов: материалы XI Международной научно-практической конференции*. — Краснодар, 2023. — С. 390–393.
201. Физико-географическое районирование Тюменской области / Н. А. Гвоздецкий, А. Е. Криволицкий, А. А. Макушина [и др.]; под ред. Н. А. Гвоздецкого. — М.: Издательство Московского университета, 1973. — 248 с.
202. Фисунов, Н. В. Эффективность возделывания яровой и озимой пшеницы в Тюменской области / Н. В. Фисунов, В. А. Федоткин, А. С. Иваненко // *Агропродовольственная политика России*. — 2015. — № 10 (46). — С. 38–41.
203. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов [и др.]. Барнаул, 2017. 210 с.
204. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьёва, Г. Я. Стецов [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. — 2021. — Т. 35. — № 6. — С. 25–32.

205. Фитосанитарный обзор и прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в Тюменской области за 2002–2015 годы / Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Тюменской области // Изд. ГУП ТО «ТИД» Филиал «Ялуторовская типография».

206. Фляксбергер, К. А. Белок в зерне пшеницы земного шара / К. А. Фляксбергер // Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции. — 1932. — № 2. — С. 32.

207. Фузариоз зерновых культур / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, М. М. Левитин, К. В. Новожилов // Защита и карантин растений. — 2011. — № 5. — С. 69–120.

208. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна / Т. Ю. Гагкаева, А. С. Орина, О. П. Гаврилова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2018. — Т. 22, № 6. — С. 685–692.

209. Харисова, Г. В. Подбор и создание исходного материала для селекции мягкой пшеницы в условиях Северного Зауралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Г. В. Харисова. — Ленинград, 1988. — 18 с.

210. Цильке, Р. А. Изменчивость и наследственность продуктивности колоса у мягкой яровой пшеницы в условиях засухи / Р. А. Цильке // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 1997. — № 1–2. — С. 12–19.

211. Чекалин, Н. М. Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам / Н. М. Чекалин. — Полтава, 2003. — 187 с.

212. Чепец, Т. А. Результаты эколого-хозяйственной оценки сортов яровой пшеницы / Т. А. Чепец, С. А. Чепец, Е. В. Перцева // Вестник Донского государственного аграрного университета. — 2014. — № 1 (11). — С. 48–52.

213. Чулкина, В. А. Биологические основы эпифитотиологии / В. А. Чулкина. — М., 1991. — 287 с.

214. Шашко, Б. К. Устойчивость образцов коллекции яровой пшеницы к фузариозу зерна и колоса на инфекционно-провокационном фоне / Б. К. Шашко, С. И. Гриб, В. Н. Буштевич // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: коллективная монография / под

ред. В. В. Окоркова. 2019. — С. 196–200.

215. Шашко, Ю. К. Вредоносность фузариоза колоса яровой пшеницы в зависимости от фазы развития при искусственном заражении / Ю. К. Шашко, М. Н. Шашко, О. В. Мядель // В сб.: Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России. — Санкт-Петербург, 2019. — С. 92.

216. Шашко, Ю. К. Методические аспекты оценки устойчивости пшеницы к фузариозу колоса в селекционном процессе / Ю. К. Шашко, Г. В. Будевич, М. В. Кадырова // Земледелие и растениеводство. — 2022. — № 5. — С. 21–24.

217. Шашко, Ю. К. Прямые и косвенные потери, определяющие вредоносность грибов р. *Fusarium* – возбудителей фузариоза колоса и зерна пшеницы / Ю. К. Шашко, Е. Л. Долгова, М. Н. Шашко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2020. — Т. 58, № 1. — С. 55-67.

218. Шашко, Ю. К. Создание полевых инфекционных фонов по оценке устойчивости коллекционного и селекционного материала яровой пшеницы к фузариозу колоса и зерна / Ю. К. Шашко, М. Н. Шашко, М. В. Кадырова // Клеточная биология и биотехнология растений: тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. — Минск, 2022. — С. 108–109.

219. Шехурдин, А. П. Избранные сочинения / А. П. Шехурдин. — М.: Колос, 1961. — 328 с.

220. Шипилова, Н. П. Видовой состав и биоэкологические особенности возбудителей фузариоза семян зерновых культур: дис. ... канд. биол. наук / Н. П. Шипилова. — Санкт-Петербург, 1994. — 137 с.

221. Шипилова, Н. П. Влияние хранения на заражённость семян зерновых культур грибами рода *Fusarium* / Н. П. Шипилова // Современная микология в России: материалы III Международного микологического форума. — 2015. — Т. 5. — С. 128–129.

222. Шпаар, Д. Защита растений в устойчивых системах землепользования / Д. Шпаар. — Книга 3. — Берлин: ELLER GmbH, 2004. — 336 с.

223. Щербаков, В. К. Эволюционно-генетическая теория биологических систем: гомеостаз, значение для развития теории селекции / В. К. Щербаков // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1981. — № 43. — С. 56–67.

224. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков / В. И. Танский, М. М. Левитин, В. А. Павлюшин [и др.]: методические рекомендации. — Санкт-Петербург: ВИЗР, 2002. — 76 с.

225. Экономические и агроэкологические аспекты химической защиты зерновых культур от вредных организмов / С. С. Санин, Л. В. Карлова, А. В. Кащеев, Л. Г. Корнева // Защита и карантин растений. — 2022. — № 5. — С. 3–12.

226. Эпидемиологическая ситуация по септориозу на пшенице в 2001–2009 годах / Л. Н. Назарова, Л. Г. Корнева, Т. П. Жохова [и др.] // Защита и карантин растений. — 2010. — № 10. — С. 18–20.

227. Якушев, В. П. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур в России / В. П. Якушев, И. М. Михайленко, В. А. Драгавцев // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — Т. 50, № 5. — С. 550–560.

228. Яхтенфельд, П. А. Культура яровой пшеницы в Сибири / П. А. Яхтенфельд. — М.: Изд. сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. — 360 с.

229. Ablova, I. B. The problems associated with breeding winter wheat for head scab resistance / I. B. Ablova, A. N. Slusarenko // In: Proceedings of the workshop on fusarium head scab: global status and future prospects, CIMMYT, Mexico. — 1996. — Pp. 93–96.

230. *Alternaria* and *Fusarium* fungi: differences in distribution and spore deposition in a topographically heterogeneous wheat field / G. Schiro, G. Verch, V. Grimm, M. E. N. Müller // J. Fungi. — 2018. — Vol. 4 (2). — P. 63.

231. Analysis and modelling of effects of leaf rust and *Septoria tritici* blotch on wheat growth / C. Robert, M.-O. Bancal, P. Nicolas [et al.] // J. Exp. Bot. — 2004. —

Vol. 55 (399). — Pp. 1079–1094.

232. Analysis of toxigenic *Fusarium* species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia / T. Gagkaeva, O. Gavrilova, A. Orina [et al.] // *Toxins*. — 2019. — Vol. 11 (5). — P. 252.

233. Andersen, B. Differentiation of *Alternaria infectoria* and *Alternaria alternata* based on morphology, metabolite profiles, and cultural characteristics / B. Andersen, U. Thrane // *Canadian Journal of Microbiology*. — 1996. — Vol. 42. — Pp. 685–689.

234. Balkandzhieva, Yu. Genetic sources of resistance to *Fusarium* on the ear / Yu. Balkandzhieva, Y. Karadzova // *Plant sci. Sofia*, 1994. — Vol. 31, № 7–10. — Pp. 79–82.

235. Berry, P. M. Lodging resistance in cereals / P. M. Berry // In: *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series*. Springer Nature, 2019. — Pp. 209–227.

236. Bostock, R. M. Predisposition in plant disease: exploiting the nexus in abiotic and biotic stress perception and response / R. M. Bostock, M. F. Pye, T. V. Roubtsova // *Annual Review of Phytopathology*. — 2014. — Vol. 52. — Pp. 517–549.

237. Chakraborty, S. Migrate or evolve: options for plant pathogens under climate change / S. Chakraborty // *Global Change Biology*. — 2013. — Vol. 19. — Pp. 1985–2000.

238. Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe / M. Miraglia, H. J. P. Marvin, G. A. Kleter [et al.] // *Food and Chemical Toxicology*. — 2009. — Vol. 47. — Pp. 1009–1021.

239. Climate change and plant diseases caused by mycotoxigenic fungi: implications for food security / I. B. Pangga, A. R. Salvacion, C. Joseph, R. Cumagun [et al.] // In: MJ Botana, LM Sainz, eds. *Climate Change and Mycotoxins*. — Berlin, Germany: Walter de Gruyter, 2015. — Pp. 1–28.

240. Climate change impacts on mycotoxin risks in US maize / F. Wu, D. Bhatnagar, T. Bui-Klimke [et al.] // *World Mycotoxin Journal*. — 2011. — Vol. 4. — Pp. 79–93.

241. Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough? / A. Medina, A. Akbar, A. Baazeem [et al.] // *Fungal Ecology Reviews*. — 2017. — Vol. 31. — Pp. 143–153.
242. Coakley, S. M. Variation in climate and prediction of disease in plants / S. M. Coakley // *Annual Review of Phytopathology*. — 1988. — Vol. 26. — Pp. 163–181.
243. Common resistance to different *Fusarium* spp. causing Fusarium head blight in wheat / Á. Mesterházy, T. Bartók, G. Kászonyi, M. Varga // *European Journal of Plant Pathology*. — 2005. — Vol. 112 (3). — Pp. 267–281.
244. Diversity of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal crops from the Asian territory of Russia / O. P. Gavrilova, T. Yu. Gagkaeva, A. S. Orina, N. N. Gogina // *Doklady Biological Sciences*. — 2023. — Vol. 508. — Pp. 9–19.
245. Eberhart, S. A. Stability Parameters for Comparing Varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // *Crop Science*. — 1966. — Vol. 6. — Pp. 36–40.
246. Elad, Y. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases / Y. Elad, I. Pertot // *Journal of Crop Improvement*. — 2014. — Vol. 28. — Pp. 99–139.
247. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* Mycotoxins: Occurrence, Toxicity and Toxicokinetics / S. Fraeyman, S. Croubels, M. Devreese, G. Antonissen // *Toxin (Basel)*. — 2017. — Vol. 9 (7). — P. 228.
248. Evaluation of oat germplasm for resistance to Fusarium head blight / T. Gagkaeva, O. Gavrilova, T. Yli-Mattila, I. Loskutov // *Plant Breeding and Seed Science*. — 2011. — Vol. 64. — Pp. 5–22.
249. Exploring the traits for lodging tolerance in wheat genotypes: a review / R. Khobra, S. Sareen, B. K. Meena [et al.] // *Physiol. Mol. Biol. Plants*. — 2019. — Vol. 25 (3). — Pp. 589–600.
250. Eyal, Z. The *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* blotch diseases of wheat / Z. Eyal // *European Journal Plant Pathology*. — 1999. — Vol. 105 (7). — Pp. 629–641.

251. FAO (2022). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook. 2022. Rome, URL: <https://openknowledge.fao.org/items/ffc06bd1-b7e9-4b94-a6a7-9ba45352976b> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
252. Gagkaeva, T. Fusarium head blight in the Russian Far East: 140 years after description of the «drunken bread» problem / T. Gagkaeva, A. Orina, O. Gavrilova // In: EFS15. European Fusarium Seminar. Book of abstract. — 2021. — P. 53.
253. Garrett, K. A. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems / K. A. Garrett, S. P. Dendy, E. E. Frank // Annual Review of Phytopathology. — 2006. — Vol. 44. — Pp. 489–509.
254. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture / D. Tilman, C. Balzer, J. Hill, B. L. Befort // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. — 2011. — Vol. 108 (50). — Pp. 20260–20264.
255. Goswami, R. S. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops / R. S. Goswami, H. C. Kistler // Molecular Plant Pathology. — 2004. — Vol. 5 (6). — Pp. 515–525.
256. How much more global warming and sea level rise? / G. A. Meehl, W. M. Washington, W. D. Collins [et al.] // Science. — 2005. — Vol. 307. — Pp. 1769–1772.
257. Impacts of changing climate and agronomic factors on Fusarium ear blight of wheat in the UK / J. S. West, S. Holdgate, J. A. Townsend [et al.] // Fungal Ecol. — 2012. — Vol. 5 (1). — Pp. 53–61.
258. Impacts of climate change on wheat anthesis and fusarium ear blight in the UK / J. W. Madgwick, J. S. West, R. P. White [et al.] // European Journal of Plant Pathology. — 2011. — Vol. 130. — Pp. 117–131.
259. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate / C. A. Deutsch, J. J. Tewksbury, M. Tigchelaar [et al.] // Science. — 2018. — Vol. 361 (6405). — Pp. 916–919.
260. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)

261. IPCC, 2018: Global Warning of 1,5 °C, URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
262. IPCC, 2019: Climate Change and Land, URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
263. IPCC, 2023: AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023, URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (дата обращения 1 декабря 2024 г.)
264. IPPC Secretariat. 2021. Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat.
265. Jenkins, P. D. The effect of dual inoculation of wheat cultivars with *S. tritici* and *S. nodorum* / P. D. Jenkins, D. G. Jones // *Phytopathologische Zeitschrift*. — 1981. — Vol. 101 (3). — Pp. 210–221.
266. Juroszek, P. Climate change and potential future risks through wheat diseases / P. Juroszek, A. von Tiedemann // *European Journal of Plant Pathology*. — 2013a. — Vol. 136. — Pp. 21–33.
267. Lacey, J. Effects of infection time and moisture on development of ear blight and deoxynivalenol. production by *Fusarium* spp. in wheat / J. Lacey, G. L. Bateman, C. J. Mirocha // *Annals of Applied Biology*. — 1999. — Vol. 134. — Pp. 277–283.
268. Magan, N. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest / N. Magan, A. Medina, D. Aldred // *Plant Pathology*. — 2011. — Vol. 60. — Pp. 150–163.
269. Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Netherlands / C. Waalwijk, P. Kastelein, I. De Vries [et al.] // *European Journal of Plant Pathology*. — 2003. — Vol. 109. — Pp. 743–754.
270. Matny, O. N. *Fusarium* head blight and crown rot on wheat & barley: losses and health risks / O. N. Matny // *Advances in Plants & Agriculture Research*. — 2015. — Vol. 2 (1). — Pp. 38–43.
271. Mauroni, A. Agroterrorism: National defense assessment, strategies, and capabilities / A. Mauroni, R. Norton. — 2020. — 200 p.

272. Mesterházy, Á. Breeding wheat for *Fusarium* head blight resistance in Europe / Á. Mesterházy // In book: Leonard K. J., Bushnell W. R. *Fusarium* head blight of wheat and barley. — APS Press, St. Paul, 2003. — Pp. 211–240.
273. Mesterházy, Á. Methodology of resistance testing and breeding against *Fusarium* head blight in wheat and results of the selection / Á. Mesterházy // *Cereal Research Communications*. — 1997. — Vol. 25. — Pp. 631–637.
274. Mesterházy, Á. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight / Á. Mesterházy // *European Journal of Plant Pathology*. — 2002. — Vol. 108. — Pp. 675–684.
275. Miedaner, T. Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe / T. Miedaner, P. Juroszek // *Theoretical and Applied Genetics*. — 2021. — Vol. 134. — Pp. 1771–1785.
276. Miralles, D. A simple model for non-destructive estimates of leaf area in wheat / D. Miralles, G. Slafer // *Cereal Research Communications*. — 1991. — Vol. 19 (4). — Pp. 439–444.
277. Mittler, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination / R. Mittler // *Trends in Plant Science*. — 2006. — Vol. 11. — Pp. 15–19.
278. Occurrence of *Alternaria* and *Fusarium* mycotoxins in winter wheat from domestic crop in year 2003 / V. Ostry, J. Skarkova, J. Nedelnik [et al.] // *Mycotoxin Research*. — 2005. — Vol. 21 (1). — Pp. 23–25.
279. Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks / P. Juroszek, P. Racca, S. Link [et al.] // *Plant Pathology*. — 2020. — Vol. 69. — Pp. 179–193.
280. Paterson, R. R. M. How will climate change affect mycotoxins in food? / R. R. M. Paterson, N. Lima // *Food Research International*. — 2010. — Vol. 43. — Pp. 1902–1914.
281. Preliminary 2014 Kansas wheat disease loss estimates. / J. A. Appel, E. DeWolf, W. Bockus, T. Todd // In: *Kansas cooperative plant disease survey report*, 2014. — 3 p.

282. Reactive oxygen species signaling and stomatal movement in plant responses to drought stress and pathogen attack / J. Qi, C. P. Song, B. Wang [et al.] // *Journal of Integrative Plant Biology*. — 2018. — Vol. 60. — Pp. 805–826.

283. Scab resistance of international wheat germplasm / H. Buerstmayr, M. Lemmens, H. Grausgruber, P. Ruckenbauer // *Cereal Research Communications*. — 1996. — Vol. 24 (2). — Pp. 195–202.

284. Scharen, A. L. Cultural and inoculation studies of *Septoria nodorum*, cause of glume blotch of wheat / A. L. Scharen, J. M. Krupinsky // *Phytopathology*. — 1970. — Vol. 60 (10). — Pp. 1480–1485.

285. Schroeder, H. W. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae* / H. W. Schroeder, J. J. Christensen // *Phytopathology*. — 1963. — Vol. 53. — Pp. 831–838.

286. Scientific opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food / J. Alexander, D. Benford, A. Boobis [et al.] // *EFSA J*. — 2011. — Vol. 9. — Pp. 2407–2504.

287. Stem rust in western Siberia – race composition and effective resistance genes / V. P. Shamanin, I. V. Pototskaya, S. S. Shepelev [et al.] // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. — 2020. — Vol. 24 (2). — Pp. 131–138.

288. Strange, R. N. A fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat to attack by *Fusarium graminearum* / R. N. Strange, H. Smith // *Physiological Plant Pathology*. — 1971. — Vol. 1 (2). — Pp. 141–150.

289. The global burden of pathogens and pests on major food crops / S. Savary, L. Willocquet, S. J. Pethybridge [et al.] // *Nature Ecology & Evolution* volume. — 2019. — Vol. 3. — Pp. 430–439.

290. Tiessen, H. Pathways of phosphorous transformations in soils of differing pedogenesis / H. Tiessen, J. W. B. Stewart, C. V. Cole // *Soil Science Society of America Journal*. — 1984. — Vol. 48. — P. 853–858.

291. Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk / G. Perrone, M. Ferrara, A. Medina [et al.] // *Microorganisms*. — 2020. — Vol. 8 (10). — P. 1496.

292. Transcriptional basis of drought-induced susceptibility to the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* / P. Bidzinski, E. Ballini, A. Ducasse [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. — 2016. — Vol. 7. — P. 1558.

293. Trebicki, P. Pests and diseases under climate change; its threat to food security / P. Trebicki, K. Finlay // In book: *Food Security and Climate Change*. — New York, NY, USA: John Wiley & Sons Inc., 2019. — Pp. 229–249.

294. Velásquez, A. C. Plant-pathogen warfare under changing climate conditions / A. C. Velásquez, C. D. M. Castroverde, S. Y. He // *Curr. Biol*. — 2018. — Vol. 28 (10). — Pp. 619–634.

295. Xu, X. Community Ecology of Fungal Pathogens Causing Wheat Head Blight / X. Xu, P. Nicholson // *Annual Review of Phytopathology*. — 2009. — Vol. 47. — Pp. 83–103.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Иллюстративный материал и таблицы к главам 1 и 2

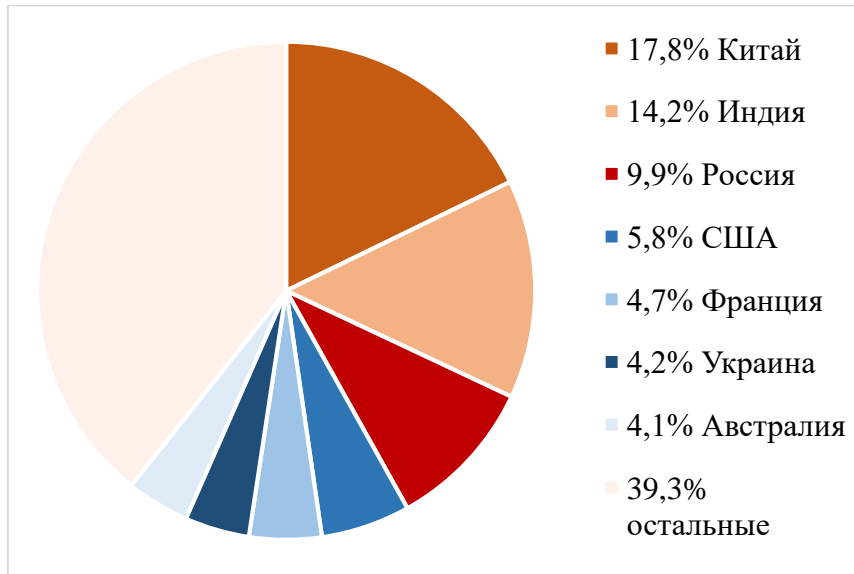


Рисунок А.1 – Крупнейшие производители пшеницы в 2021 г. по данным FAO и их доля в мире

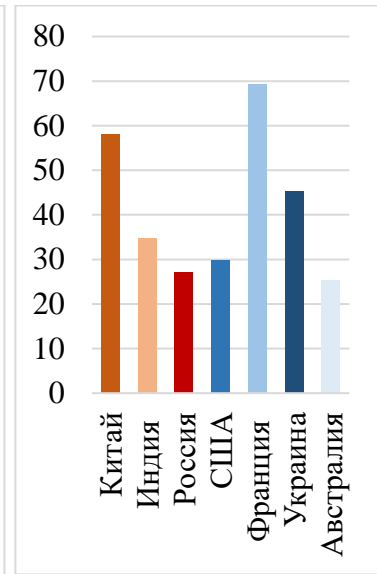


Рисунок А.2 – Урожайность пшеницы (ц/га) в 2021 г. по данным FAO

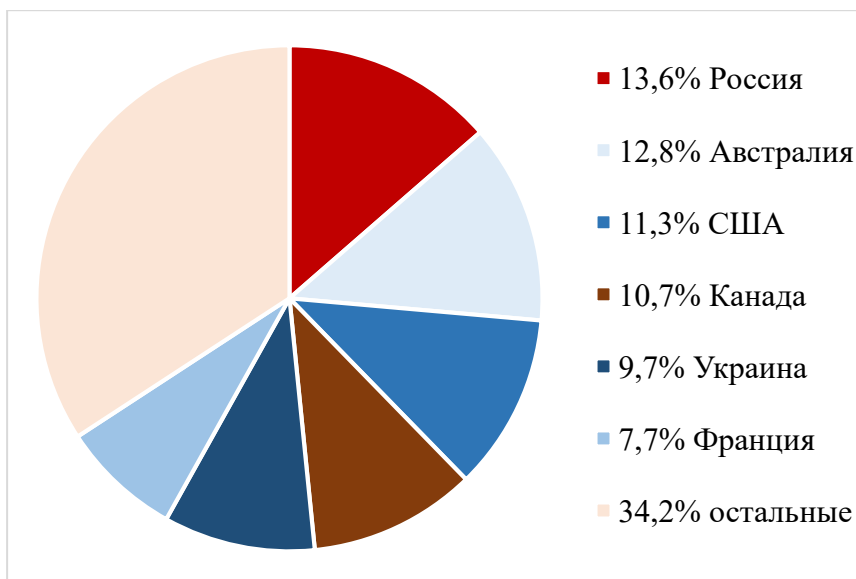


Рисунок А.3 – Крупнейшие экспортёры пшеницы в 2021 г. по данным FAO и их доля в мире

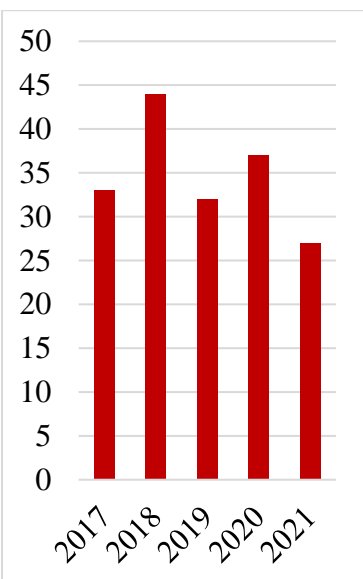


Рисунок А.4 – Объёмы экспорта пшеницы в России (млн. тонн) по данным FAO

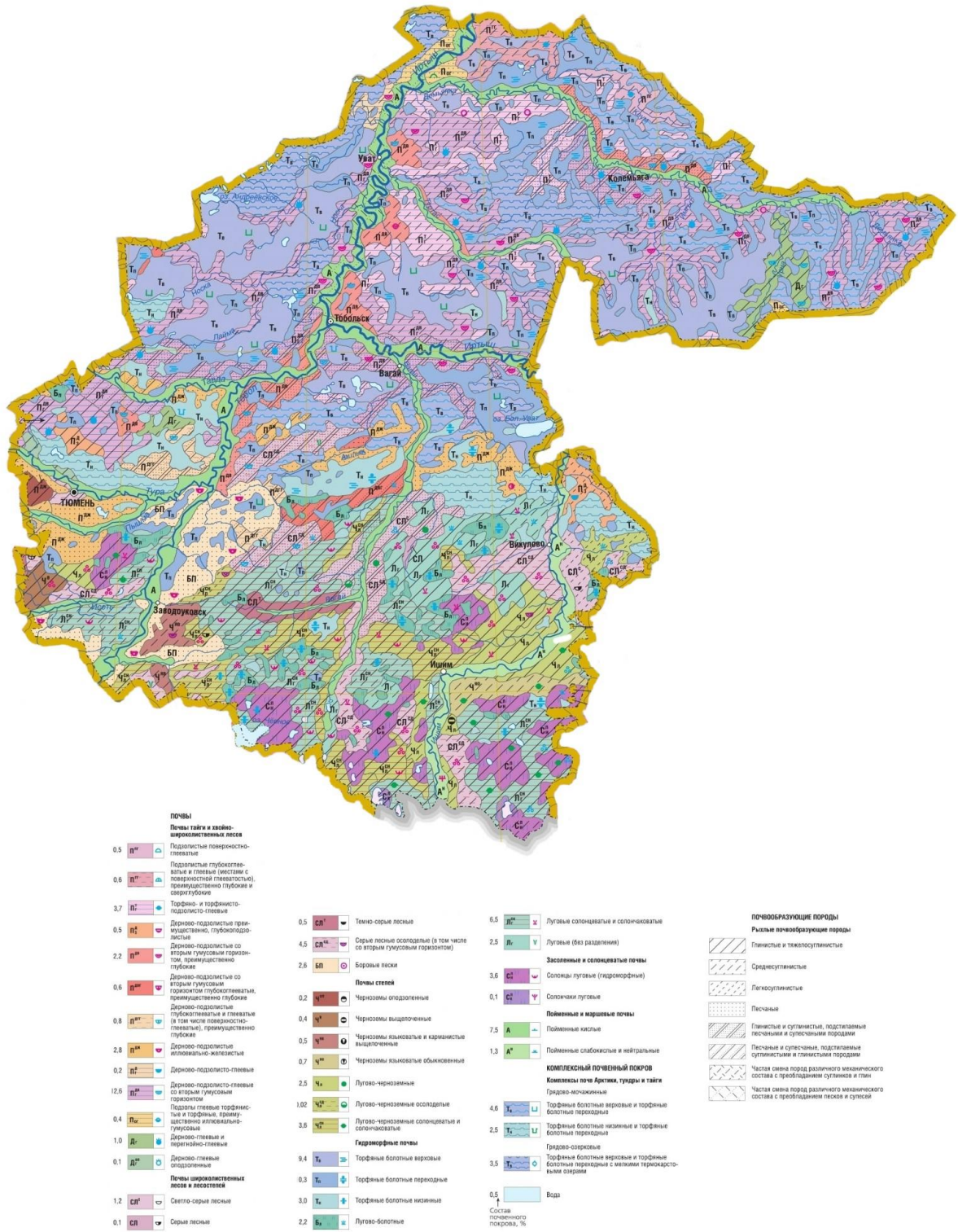


Рисунок А.5 – Почвенная карта Тюменской области [Национальный атлас..., 2011]

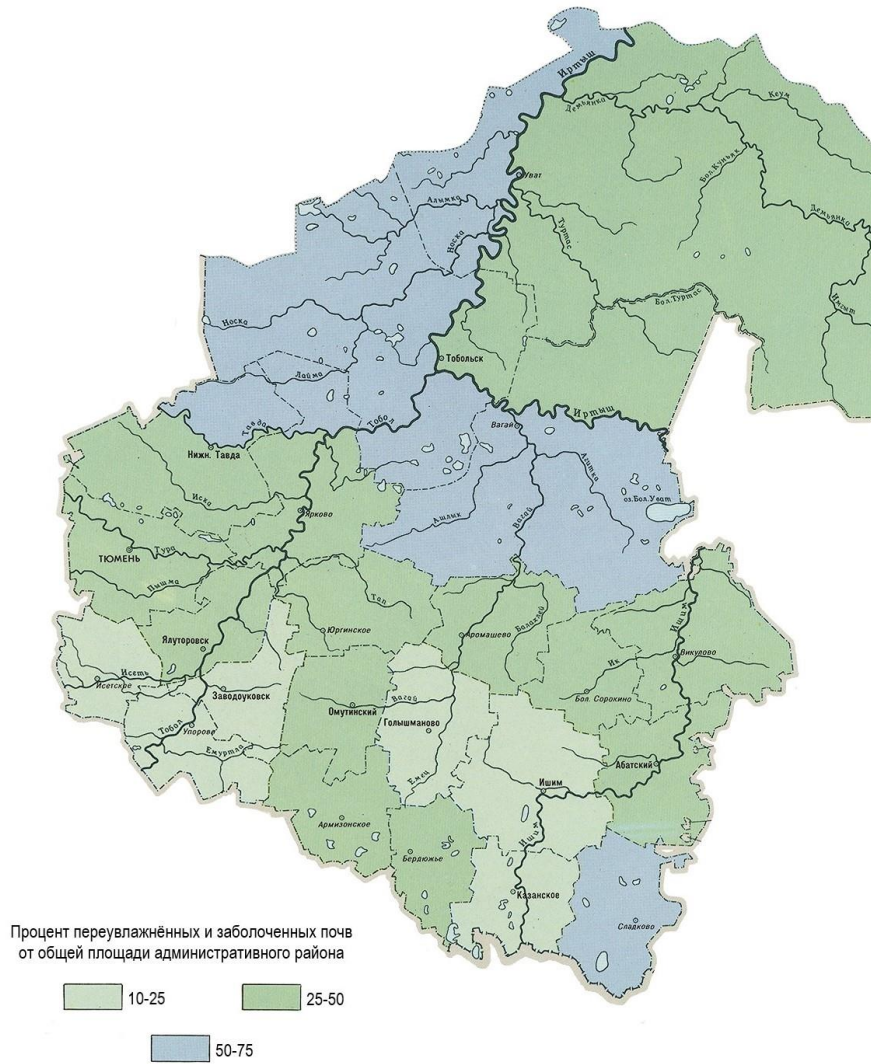


Рисунок А.6 – Переувлажнённость почв юга Тюменской области [Почвенная карта..., 1992]

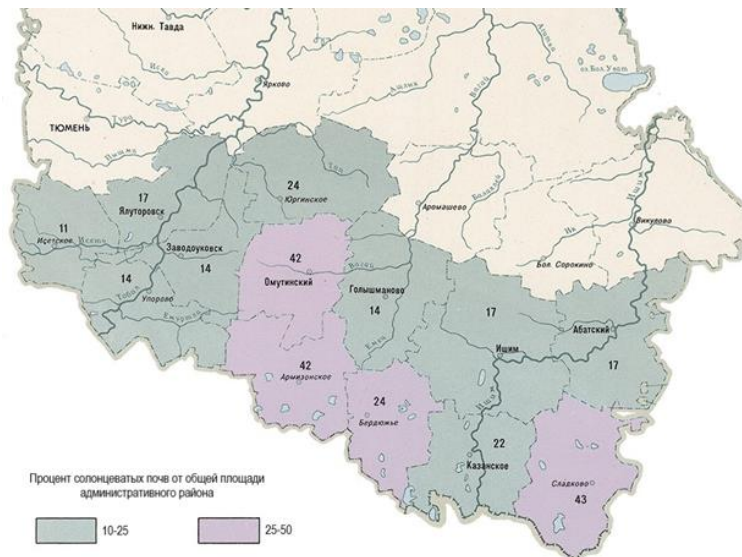


Рисунок А.7 – Солонцеватость почв юга Тюменской области [Почвенная карта..., 1992]

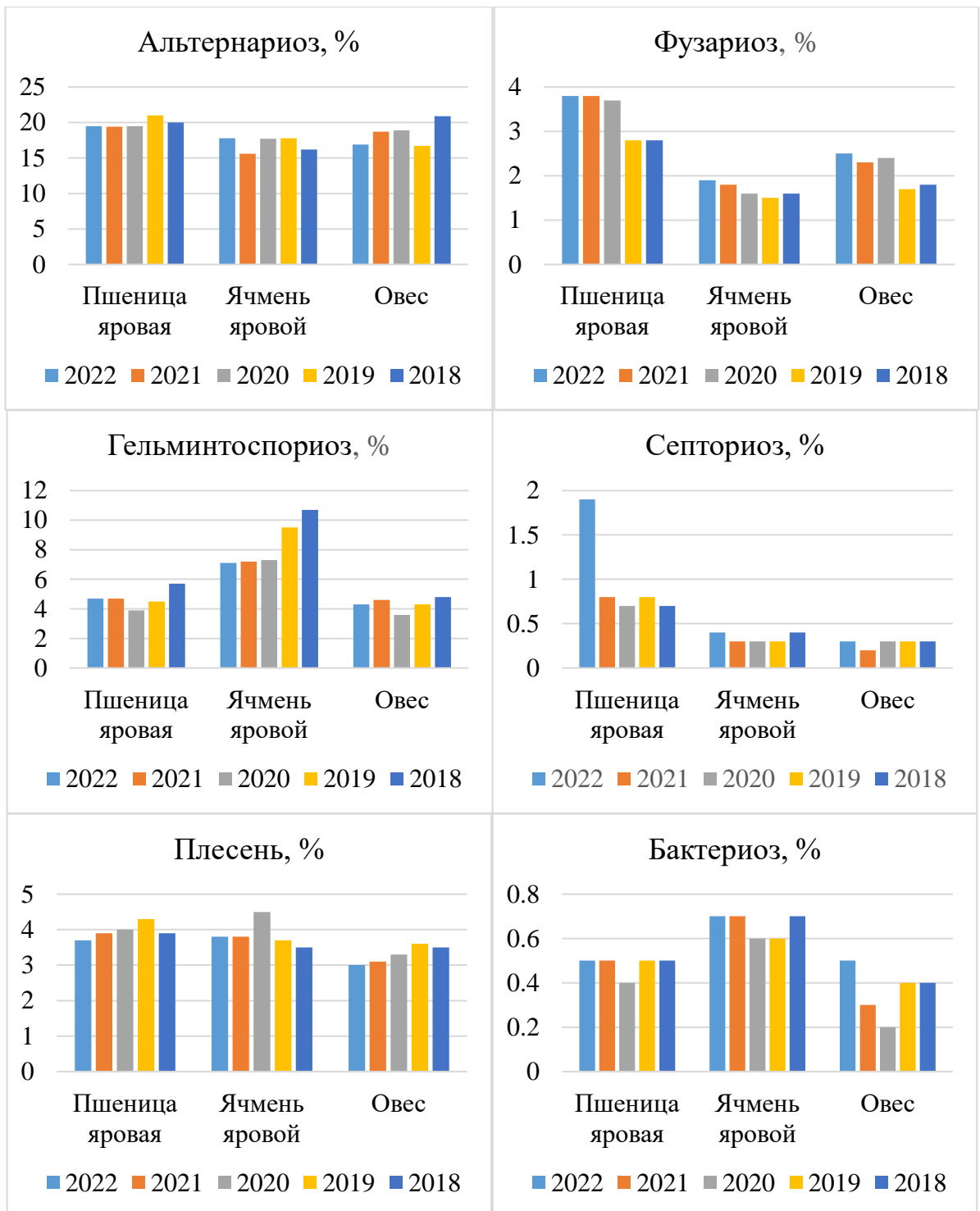


Рисунок А.10 – Заражённость семян болезнями в РФ в период 2018–2022 гг. в зависимости от культуры (разработан автором на основе данных: [Обзоры..., 2019–2023])

Таблица А.1 – Актуальные болезни яровой пшеницы, культивируемой в России [Ассоциированные с пшеницей микромицеты..., 2022]

Название болезни	Название возбудителя: законное и часто используемые синонимы	Частота возникновения/ вредоносность
Бурая ржавчина пшеницы (листовая ржавчина) Leaf rust	<i>Puccinia triticina</i> Erikss. (syn.: <i>Puccinia recondita</i> Rob. ex Desm. f. sp. <i>tritici</i> (Erikss.) D. M. Hend.)	Ежегодное / от умеренной до высокой
Стеблевая ржавчина пшеницы Stem rust (black rust)	<i>Puccinia graminis</i> f. <i>tritici</i> Erikss. & Henning (syn.: <i>Puccinia graminis</i> Pers.)	Отмечено эпифитотийное развитие / от низкой до умеренной
Жёлтая ржавчина пшеницы Stripe rust (yellow rust)	<i>Puccinia striiformis</i> Westend. (syn.: <i>Puccinia glumarum</i> (J.C.Schmidt) Erikss)	Периодическое / от умеренной до высокой
Септориоз листьев Septoria tritici blotch	<i>Zymoseptoria tritici</i> (Desm.) Quaedvlieg & Crous (syn.: <i>Septoria tritici</i> Desm.; <i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	Ежегодное / от низкой до высокой
Септориоз листьев и колоса Stagonospora nodorum blotch	<i>Parastagonospora</i> spp., в частности: <i>P. nodorum</i> (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous (syn.: <i>Septoria nodorum</i> (Berk.) Berk.; <i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) Castell. & E.G. Germano; <i>Phaeosphaeria nodorum</i> (E. Müll.) Hedjar); <i>P. avenae</i> (A.B. Frank) Quaedvlieg, Verkley & Crous (syn.: <i>Septoria avenae</i> A.B. Frank; <i>Stagonospora avenae</i> (A.B. Frank) Bissett)	Ежегодное / умеренная
Тёмно-бурая пятнистость (гельминтоспориоз) Spot blotch	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker (syn.: <i>Cochliobolus sativus</i> (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur; <i>Helminthosporium sativum</i> Pammel, C.M. King, & Bakke; <i>Helminthosporium sorokinianum</i> Sacc.)	Ежегодное / от низкой до умеренной
Мучнистая роса Powdery mildew	<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer. (<i>B. graminis</i> (DC) Speer f. sp. <i>tritici</i> emend. É.J. Marchal) (syn.: <i>Erysiphe graminis</i> DC.)	Ежегодное / от низкой до умеренной
Жёлтая пятнистость листьев (пиренофороз) Tan spot (yellow leaf spot)	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechsler (syn.: <i>Drechslera tritici-repentis</i> (Died.) Shoemaker; <i>Helminthosporium tritici-repentis</i> Died.)	Ежегодное / от низкой до высокой
Пыльная головня Loose smut	<i>Ustilago tritici</i> (Pers.) Rostr. (syn.: <i>Ustilago nuda</i> var. <i>tritici</i> G.W. Fisch. & C.G. Shaw; <i>U. vavilovii</i> Jacz.)	Ежегодное / от умеренной до высокой
Твёрдая головня Common bunt (Stinking smut)	<i>Tilletia caries</i> (DC.) Tul. & C. Tul.; <i>T. laevis</i> J.G. Kühn (syn.: <i>Tilletia tritici</i> (Bjerk.) G. Winter; <i>T. foetida</i> (Wallr.) Liro)	Ежегодное / от низкой до умеренной
Фузариоз колоса и зерна Fusarium head blight (FHB, Fusarium ear blight, scab)	<i>Fusarium</i> spp., в частности: <i>F. sporotrichioides</i> Sherb.; <i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.; <i>F. culmorum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.; <i>F. graminearum</i> Schwabe (syn.: <i>Gibberella zeae</i> (Schwein.) Petch)	Ежегодное / от умеренной до высокой
Гельминтоспориозная (обыкновенная) корневая гниль Common root rot	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker (syn.: <i>Cochliobolus sativus</i> (Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur; <i>Drechslera sorokiniana</i> (Sacc.) Subram. & B.L. Jain; <i>Helminthosporium sativum</i> Pammel, C.M. King, & Bakke; <i>H. sorokinianum</i> Sacc.)	Ежегодное / от низкой до умеренной
Фузариозная корневая гниль и стеблевая гниль (гниль проростков) Fusarium root rot, Fusarium crown and foot rot (Fusarium seedling blight)	<i>Fusarium</i> spp., в частности: <i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.; <i>F. culmorum</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.; <i>F. graminearum</i> Schwabe (syn.: <i>Gibberella zeae</i> (Schwein.) Petch); <i>F. oxysporum</i> Schltdl.; <i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	Ежегодное / от умеренной до высокой

Таблица А.2 – Заражённость семян яровой пшеницы болезнями в РФ в период 2018–2022 гг. [Обзоры..., 2019–2023] (разработана автором)

Год	Болезнь	Средняя заражённость, %	Повышенный уровень зараженности, %	Максимальный уровень зараженности в партии, %
2022	Альтернариоз	19,5	52,8 Омская обл. 52,6 Челябинская обл. 47,5 Тюменская обл.	100 Рязанская обл.
	Фузариоз	3,8	30,2 Томская обл.	74,7 Томская обл.
	Гельминтоспориоз	4,7	36,9 Марий Эл 15,4 Тверская обл. 15,3 Ивановская обл.	99 Томская обл.
	Септориоз	1,9	12,6 Республика Хакасия	66 Челябинская обл.
	Бактериоз	0,5	5,7 Республика Удмуртия 4,7 Чувашия 4,7 Пензенская обл.	66 Челябинская обл.
	Плесень	3,7	55,1 Республика Чувашия 24,2 Ярославская обл.	72 Алтайский край
2021	Альтернариоз	19,4	90,7 Оренбургская обл. 84,0 Самарская обл. 83,0 Республика Коми	100 Рязанская обл.
	Фузариоз	3,8	23,2 Республика Хакасия 15,9 Томская обл.	90 Кировская обл.
	Гельминтоспориоз	4,7	24,2 Республика Марий Эл 18,2 Рязанская обл. 17,4 Московская обл.	98 Нижегородская обл.
	Септориоз	0,8	47,3 Республика Удмуртия 46,0 Хакасия 34,0 Новосибирская обл.	48 Алтайский край
	Бактериоз	0,5	35,0 Республика Чувашия	36 Алтайский край
	Плесень	3,9	92 Ярославская обл. 89 Республика Татарстан 86 Чувашия	96,5 Республика Коми
2020	Альтернариоз	19,5	61,5 Республика Алтай 52,2 Омская обл. 44,5 Челябинская обл. 40,1 Новгородская обл. 38,0 Тюменская обл.	100 Рязанская обл.
	Фузариоз	3,7	19,7 Иркутская обл. 13,3 Республика Хакасия	70,5 Новосибирская обл.
	Гельминтоспориоз	3,9	24,8 Марий Эл 14,5 Хакасия	84 Нижегородская обл.
	Септориоз	0,7	7,4 Амурская обл. 7,0 Приморский край	48 Тюменская обл.
	Бактериоз	0,4	7,1 Респ. Кабардино-Балкария	42 Томская обл.
	Плесень	4	61,6 Ярославская обл. 46,3 Республика Чувашия	98 Ульяновская обл.
2019	Альтернариоз	21	48,0 Ставропольский край 45,1 Рязанская обл.	98 Омская обл.
	Фузариоз	2,8	14,1 Ростовская обл. 13,1 Иркутская обл.	55 Приморский край
	Гельминтоспориоз	4,5	37,5 Республика Марий Эл 29,4 Московская обл. 22,9 Калужская обл.	80 Нижегородская обл.
	Септориоз	0,8	8,1 Амурская обл. 6,8 Приморский край	45,7 Респ. Удмуртия
	Бактериоз	0,5	3,3 Кемеровская обл.	60,8 Самарская обл.
	Плесень	4,3	53,6 Ярославская обл. 49,7 Республика Чувашия	100 Архангельская обл.
2018	Альтернариоз	20	46,0 Челябинская обл. 40,0 Тюменская обл.	100 Омская обл.
	Фузариоз	2,8	18,2 Иркутская обл. 13,0 Республика Коми	64 Алтайский край
	Гельминтоспориоз	5,7	38,2 Республика Марий Эл 21,0 Республика Алтай	90 Томская обл.
	Септориоз	0,7	9,6 Амурская обл.	44 Новосибирская обл.
	Бактериоз	0,5	9,1 Ростовская обл.	94 Алтайский край
	Плесень	3,9	58,8 Ярославская обл.	98 Красноярский край

Градуировочный раствор	Оптическая плотность (Y) (кювета – 1 см, длина волны – 710 нм)	Массовая концентрация P ₂ O ₅ в почве, мг/кг
1	0	0
2	0,058	25
3	0,120	50
4	0,177	75
5	0,231	100
6	0,345	150
7	0,450	200
8	0,574	250

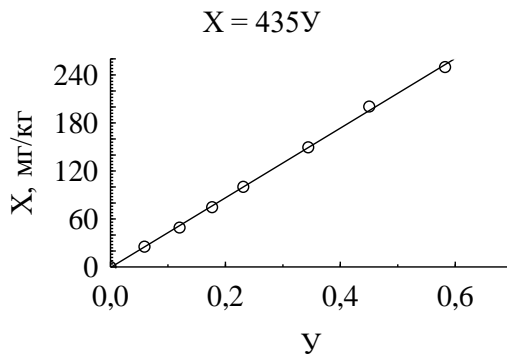


Рисунок А.11 – Построение градуировочного графика и определение массовой концентрации подвижного фосфора в пахотном слое почвы экспериментального участка по методике ГОСТ Р 54650-2011

Примечание: после добавления окрашивающего реактива в фильтрат кислотной вытяжки почвы (на фото – раствор D₂) величина оптической плотности вышла за пределы градуировочного графика. После четырёхкратного уменьшения объёма фильтрата, оптическая плотность составила 0,662, что соответствует массовой концентрации P₂O₅ в почве экспериментального участка – $435 \times 0,662 \times 4 = 1151$ мг/кг.

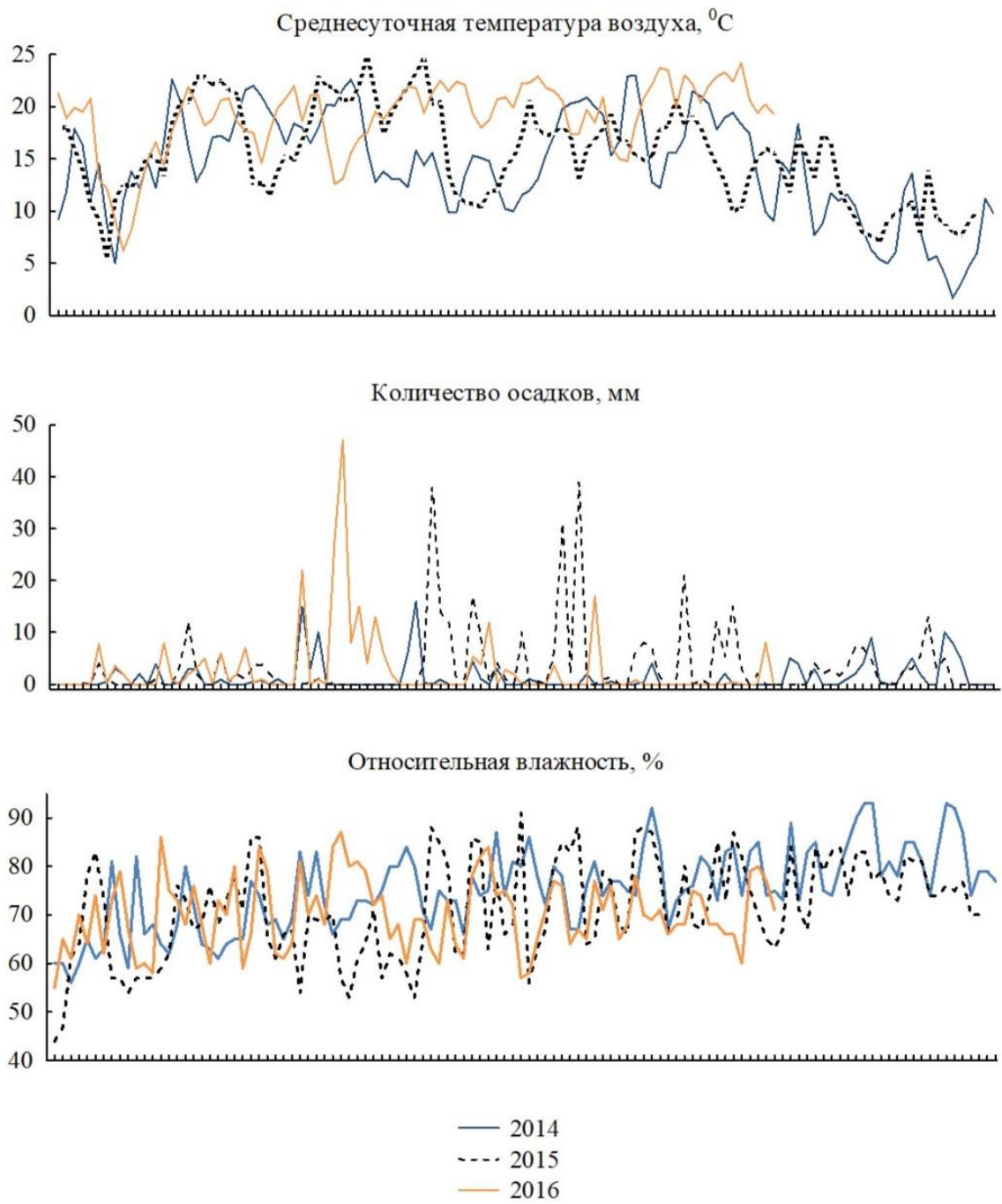


Рисунок А.12– Посуточная динамика метеорологических показателей в вегетационные периоды 2014, 2015 и 2016 гг. в Тобольском районе Тюменской обл.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Результаты статистического анализа экспериментальных данных

Таблица В.1 – Показатели количественных признаков растений яровой мягкой пшеницы в разные годы исследования (среднее по сортам (n = 22) ± стандартная ошибка)

Сорт	Полевая всхожесть семян, %	Сохраняемость растений, %	Число растений, шт./м ²	Общее число побегов, шт./м ²	Число продуктивных побегов, шт./м ²	Кустистость, побегов/растение	Продуктивная кустистость, побегов/растение	Доля продуктивных побегов, %	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Площадь флагового листа, см ²	Число колосков в колосе, шт.	Число зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с колоса, г	Урожайность, г/м ³
2014 (1)	77,9±0,9	91,9±0,8	356±8	1047±18	846±15	3,0±0,1	2,4±0,1	81±1	101±75	8,6±0,1	26,1±0,8	15,8±0,2	31,3±0,7	26,3±0,6	0,82±0,02	689±16
2015 (2)	82,8±1,4	86,4±1,1	356±6	988±27	624±13	2,8±0,1	1,8±0,0	65±2	75±1	9,0±0,1	32,8±1,1	15,1±0,3	32,7±1,0	39,1±0,7	1,27±0,03	787±16
2016 (3)	73,1±1,3	85,5±0,8	310±6	705±16	646±14	2,3±0,0	2,1±0,0	92±1	112±2	8,7±0,1	24,6±0,8	18,0±0,2	30,6±0,6	35,4±0,8	1,09±0,02	700±13
p < 0,05*	2-1	1-2	3-1	3-1	1-2	3-1	2-1	2-1	2-1	-	2-1	3-1	-	1-2	1-2	2-1
	2-3	1-3	3-2	3-2	1-3	3-2	2-3	2-3	2-3		2-2	3-2		1-3	1-3	
CV, %	6	4	8	20	17	13	15	17	20	2	16	9	3	20	22	7

Примечание: *различия в уровне признака между годами исследования достоверны

Таблица В.2 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в уровне исследуемых признаков яровой мягкой пшеницы между годами исследования

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		2014	2015	2016
Полевая всхожесть	2014	---	14,2727273	12,0909091
	2015	14,2727273	---	26,3636364
	2016	12,0909091	26,3636364	---
Сохраняемость растений	2014	---	21,5	24,8636364
	2015	21,5	---	3,36363636
	2016	24,8636364	3,36363636	---
Число растений на 1 м ²	2014	---	1,47727273	24,0909091
	2015	1,47727273	---	22,6136364
	2016	24,0909091	22,6136364	---
Число побегов на 1 м ²	2014	---	7,86363636	35,7727273
	2015	7,86363636	---	27,9090909
	2016	35,7727273	27,9090909	---
Число продуктивных побегов	2014	---	34,8409091	30,3409091
	2015	34,8409091	---	4,5
	2016	30,3409091	4,5	---
Общая кустистость	2014	---	10,1363636	34,7954545
	2015	10,1363636	---	24,6590909
	2016	34,7954545	24,6590909	---
Продуктивная кустистость	2014	---	37,6590909	16,2727273
	2015	37,6590909	---	21,3863636
	2016	16,2727273	21,3863636	---
Доля продуктивных побегов	2014	---	20,4545455	22,3636364
	2015	20,4545455	---	42,8181818
	2016	22,3636364	42,8181818	---
Длина стебля	2014	---	23,4318182	15,5909091
	2015	23,4318182	---	39,0227273
	2016	15,5909091	39,0227273	---
Длина колоса	2014	---	11,1818182	0,204545455
	2015	11,1818182	---	10,9772727
	2016	0,204545455	10,9772727	---
Площадь флагового листа	2014	---	23,7954545	5,25
	2015	23,7954545	---	29,0454545
	2016	5,25	29,0454545	---
Число колосков в колосе	2014	---	7,75	23,5
	2015	7,75	---	31,25
	2016	23,5	31,25	---
Число зёрен в колосе	2014	---	5,13636364	2,95454545
	2015	5,13636364	---	8,09090909
	2016	2,95454545	8,09090909	---
Масса 1000 зёрен	2014	---	38,1818182	24,3409091
	2015	38,1818182	---	13,8409091
	2016	24,3409091	13,8409091	---
Масса зерна с колоса	2014	---	40,8863636	24,2954545
	2015	40,8863636	---	16,5909091
	2016	24,2954545	16,5909091	---
Урожайность	2014	---	22,2045455	0,909090909
	2015	22,2045455	---	21,2954545
	2016	0,909090909	21,2954545	---

Таблица В.3 – Сортные показатели количественных признаков растений яровой мягкой пшеницы (среднее по годам (2014–2016) ± стандартная ошибка)

Сорт	Полевая всхожесть семян, %	Сохраняемость растений, %	Число растений, шт./м ²	Общее число побегов, шт./м ²	Число продуктивных побегов, шт./м ²	Кустистость, побегов/растение	Продуктивная кустистость, побегов/растение	Доля продуктивных побегов, %	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Площадь флагового листа, см ²	Число колосков в колосе, шт.	Число зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с колоса, г	Урожайность, г/м ²
Среднеранние (Р)																
Тюменская 25	79,1±5,6	88,5±1,8	346±33	938±91	762±59	2,77±0,12	2,30±0,25	82,6±7,3	90,0±12,0	8,2±0,1	25,5±2,7	15,2±0,9	29,3±0,7	35,1±4,3	1,03±0,15	770±67
Тюменская 27	79,2±1,9	89,6±2,1	353±7	1001±89	762±85	2,87±0,24	2,27±0,27	81,1±7,7	99,0±10,6	8,4±0,1	26,7±1,3	15,9±0,8	31,4±1,0	31,9±4,4	1,00±0,11	777±22
Тюменская 29	79,8±7,5	90,6±0,8	359±39	924±106	728±57	2,60±0,06	2,10±0,21	81,0±9,0	93,7±9,2	8,4±0,2	27,1±2,6	16,2±0,8	30,5±0,3	35,4±3,8	1,07±0,12	769±38
Тюменская 32	82,3±2,8	87,8±3,8	356±10	931±105	747±95	2,63±0,23	2,10±0,26	82,0±8,3	98,3±15,4	9,0±0,1	25,6±2,4	15,4±1,0	28,8±1,1	36,7±3,4	1,04±0,07	765±47
Тюменская 33	81,6±1,7	86,8±3,1	365±15	989±100	792±79	2,73±0,18	2,20±0,17	81,1±6,6	98,6±10,5	8,3±0,1	25,8±3,1	15,8±1,0	30,2±1,2	32,3±3,4	0,98±0,12	758±35
Тюменская 30	69,1±0,8	86,4±1,6	300±3,5	872±88	683±86	2,97±0,29	2,37±0,33	79,5±6,5	94,3±12,1	8,8±0,2	28,1±5,0	16,0±1,1	33,5±2,0	33,6±2,7	1,12±0,14	746±29
Лютесценс 70	76,4±1,2	85,5±1,6	323±8	906±87	708±43	2,83±0,35	2,20±0,15	78,7±7,4	96,6±11,1	8,6±0,2	31,1±3,8	16,2±0,9	33,3±0,2	32,2±4,2	1,07±0,15	745±65
Тюменская 31	78,6±2,7	86,9±1,2	336±7	908±92	762±85	2,73±0,33	2,30±0,32	84,4±4,7	89,5±13,5	8,0±0,2	21,4±2,5	14,3±0,9	28,8±1,0	33,1±3,3	0,95±0,11	706±18
Среднее	78,3±1,5	87,8±0,6	342±8	934±15	743±12	2,77±0,04	2,23±0,03	81,3±0,6	95,0±1,3	8,4±0,1	26,4±1,0	15,6±0,2	30,7±0,7	33,8±0,6	1,03±0,02	754±8
Среднепоздние (С)																
Омская 36	77,4±4,9	91,3±2,9	353±28	958±150	762±80	2,70±0,25	2,20±0,12	82,3±8,8	109,2±11,3	8,9±0,2	24,1±2,3	14,9±0,8	29,1±1,0	37,3±4,2	1,08±0,12	807±24
СКЭНТ-3	74,0±3,0	89,6±3,0	327±27	854±118	667±60	2,60±0,15	2,03±0,18	80,7±10	95,0±13,1	8,5±0,2	24,4±3,3	15,6±1,1	32,6±1,1	35,4±5,1	1,15±0,18	755±88
Лютесценс 585	78,9±2,6	87,0±3,2	344±16	945±132	736±71	2,73±0,27	2,13±0,09	79,5±7,8	98,6±12,5	8,4±0,2	27,4±3,2	15,9±0,9	30,9±1,3	33,2±3,2	1,03±0,12	748±54
Laban	80,5±4,0	82,5±4,9	334±34	922±116	723±76	2,77±0,07	2,17±0,15	79,6±5,8	89,2±9,3	8,9±0,2	29,6±5,2	16,6±0,7	36,0±2,2	29,1±4,6	1,07±0,20	746±75
Аделина	77,6±4,9	88,2±4,2	339±27	922±131	701±83	2,70±0,21	2,07±0,15	78,3±7,4	100,3±11,2	8,9±0,2	27,3±1,0	15,8±1,2	31,6±1,0	34,1±3,6	1,07±0,15	729±44
Икар	76,6±6,1	87,4±2,5	302±35	864±142	633±75	2,57±0,23	1,93±0,20	76,9±9,2	91,8±8,7	8,4±0,1	29,9±2,3	15,7±1,0	33,3±0,7	35,2±4,0	1,17±0,13	722±43
АВИАДа	73,3±3,2	91,9±3,7	337±30	838±133	613±78	2,50±0,21	1,80±0,15	74,7±10	99,8±12,8	9,9±0,1	33,2±2,8	17,3±1,3	34,4±1,0	36,0±4,8	1,23±0,18	713±43
Тюменец 2	74,7±2,8	88,8±1,2	323±13	799±104	622±73	2,47±0,23	1,93±0,20	78,7±6,5	103,2±12,6	8,3±0,2	27,0±2,9	16,8±0,9	30,7±1,2	34,2±3,7	1,05±0,15	632±24
CN 06600	79,3±6,9	87,4±2,4	351±25	919±106	741±80	2,63±0,15	2,17±0,20	83,2±7,6	94,6±8,6	8,0±0,1	25,3±3,6	15,3±1,0	27,2±0,8	35,3±3,9	0,98±0,12	705±31
Среднее	76,9±0,8	88,2±0,9	334±5	891±18	689±19	2,63±0,03	2,05±0,05	79,3±0,9	98,0±2,0	8,7±0,2	27,6±1,0	16,0±0,3	31,8±0,9	34,4±0,8	1,09±0,03	729±16
Среднепоздние (П)																
Рикс	80,1±3,2	83,6±4,4	337±25	909±132	682±78	2,67±0,19	2,03±0,23	78,0±11	101,8±10,3	10,4±0,2	33,8±2,8	18,9±0,7	28,0±1,0	36,6±4,2	1,01±0,08	679±29
Серебряна	71,1±4,5	92,7±2,9	328±10	877±79	597±73	2,70±0,31	1,87±0,23	72,6±11	103,4±9,0	9,8±0,3	31,9±3,6	17,6±0,9	35,2±1,7	33,3±4,0	1,20±0,19	706±39
Казахстанская 10	77,1±5,1	90,6±3,2	363±32	1063±175	733±96	2,87±0,26	2,07±0,19	73,8±12	97,4±13,3	9,6±0,2	32,7±3,0	19,2±0,7	27,1±1,0	36,3±4,0	0,97±0,11	692±34
Терция	84,6±2,4	91,1±2,8	385±10	1014±112	702±25	2,63±0,22	1,83±0,09	70,5±9,7	100,3±10,2	8,5±0,3	24,8±3,9	16,8±0,7	30,6±0,9	29,2±3,4	0,93±0,12	646±61
Krбат	83,3±3,0	81,0±2,2	338±3	741±98	632±73	2,20±0,26	1,87±0,22	85,3±4,4	70,8±5,0	8,9±0,2	29,7±3,5	17,4±0,7	41,2±2,8	24,7±3,9	1,07±0,21	646±74
Среднее	79,2±2,4	87,8±2,3	350±10	921±56	669±24	2,6±0,1	1,93±0,05	76,0±2,6	94,7±6,1	9,4±0,3	30,6±1,6	18,0±0,5	32,4±2,6	32,0±2,3	1,04±0,05	674±12
p < 0,05*	-	-	-	-	Р-П	-	Р-С Р-П	-	-	Р-П	-	П-Р П-С	-	-	-	Р-П
CV, %	5	3	6	8	8	6	8	5	8	7	12	7	10	9	8	6

Примечание: *различия в уровне признака между группами спелости достоверны

Таблица В.4 – Полевая всхожесть семян у сортов яровой мягкой пшеницы, %

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Терция	82,3	89,3	82,1	84,6	4,1	2,4	4,8
Krabat	78,8	88,9	82,3	83,3	5,1	3,0	6,2
Тюменская 32	79,5	87,9	79,4	82,3	4,9	2,8	5,9
Тюменская 33	81,8	84,5	78,6	81,6	3,0	1,7	3,6
Laban	85,0	83,9	72,5	80,5	6,9	4,0	8,6
Рикс	78,0	86,4	75,8	80,1	5,6	3,2	7,0
Тюменская 29	85,0	89,3	65,1	79,8	12,9	7,5	16,2
CN 06600	81,0	90,3	66,6	79,3	11,9	6,9	15,1
Тюменская 27	79,0	82,6	76,1	79,2	3,3	1,9	4,1
Тюменская 25	77,3	89,7	70,4	79,1	9,8	5,6	12,4
Лютесценс 585	79,0	83,3	74,3	78,9	4,5	2,6	5,7
Тюменская 31	74,0	78,3	83,4	78,6	4,7	2,7	6,0
Аделина	77,8	86,1	69,0	77,6	8,6	4,9	11,0
Омская 36	78,8	85,1	68,2	77,4	8,5	4,9	11,0
Казахстанская 10	79,8	84,2	67,3	77,1	8,8	5,1	11,4
Икар	75,5	87,7	66,7	76,6	10,5	6,1	13,8
Лютесценс 70	74,0	77,6	77,6	76,4	2,1	1,2	2,7
Тюменец 2	76,5	78,3	69,2	74,7	4,8	2,8	6,5
СКЭНТ-3	76,0	77,8	68,1	74,0	5,2	3,0	7,0
АВИАДа	77,5	75,3	67,1	73,3	5,5	3,2	7,5
Серебряна	69,5	64,3	79,6	71,1	7,8	4,5	10,9
Тюменская 30	67,8	70,6	69,0	69,1	1,4	0,8	2,0

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.5 – Сохраняемость растений у сортов яровой мягкой пшеницы, %

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Серебряна	95,1	96,2	86,9	92,7	5,1	2,9	5,5
АВИАДа	97,6	93,0	85,1	91,9	6,3	3,7	6,9
Омская 36	97,2	88,4	88,4	91,3	5,1	2,9	5,6
Терция	96,8	88,1	88,5	91,1	4,9	2,8	5,4
Тюменская 29	90,2	92,2	89,5	90,6	1,4	0,8	1,5
Казахстанская 10	96,9	87,0	87,8	90,6	5,5	3,2	6,1
Тюменская 27	86,2	89,2	93,3	89,6	3,6	2,1	4,0
СКЭНТ-3	89,5	94,8	84,4	89,6	5,2	3,0	5,8
Тюменец 2	91,0	87,0	88,3	88,8	2,0	1,2	2,3
Тюменская 25	90,4	90,2	84,9	88,5	3,1	1,8	3,5
Аделина	96,6	84,1	84,0	88,2	7,2	4,2	8,2
Тюменская 32	94,9	81,8	86,6	87,8	6,6	3,8	7,6
CN 06600	91,6	83,2	87,5	87,4	4,2	2,4	4,8
Икар	92,2	86,0	83,9	87,4	4,3	2,5	4,9
Лютесценс 585	93,2	82,5	85,3	87,0	5,5	3,2	6,4
Тюменская 31	87,7	88,4	84,5	86,9	2,1	1,2	2,4
Тюменская 33	92,9	82,4	85,1	86,8	5,5	3,1	6,3
Тюменская 30	89,4	84,1	85,6	86,4	2,7	1,6	3,2
Лютесценс 70	87,2	82,2	87,0	85,5	2,8	1,6	3,3
Рикс	89,0	86,9	75,0	83,6	7,6	4,4	9,0
Laban	92,2	77,4	77,8	82,5	8,4	4,9	10,2
Krabat	84,1	76,7	82,3	81,0	3,9	2,2	4,8

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.6 – Число растений у сортов яровой мягкой пшеницы, шт./м²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Терция	398,0	392,0	365,0	385,0	17,6	10,1	4,6
Тюменская 33	389,0	367,0	338,0	364,7	25,6	14,8	7,0
Казахстанская 10	409,0	377,0	302,0	362,7	54,9	31,7	15,1
Тюменская 29	383,0	412,0	282,0	359,0	68,2	39,4	19,0
Тюменская 32	373,0	357,0	337,0	355,7	18,0	10,4	5,1
Омская 36	392,0	369,0	299,0	353,3	48,4	28,0	13,7
Тюменская 27	342,0	367,0	349,0	352,7	12,9	7,4	3,7
CN 06600	381,0	371,0	302,0	351,3	43,0	24,8	12,2
Тюменская 25	352,0	401,0	286,0	346,3	57,7	33,3	16,7
Лютесценс 585	374,0	339,0	320,0	344,3	27,4	15,8	8,0
Аделина	378,0	351,0	288,0	339,0	46,2	26,7	13,6
Krabat	333,0	342,0	339,0	338,0	4,6	2,6	1,4
Рикс	352,0	371,0	287,0	336,7	44,0	25,4	13,1
АБИИДа	381,0	349,0	280,0	336,7	51,6	29,8	15,3
Тюменская 31	323,0	337,0	348,0	336,0	12,5	7,2	3,7
Laban	398,0	322,0	282,0	334,0	58,9	34,0	17,6
Серебряна	336,0	308,0	341,0	328,3	17,8	10,3	5,4
СКЭНТ-3	337,0	367,0	277,0	327,0	45,8	26,5	14,0
Тюменец 2	341,0	332,0	297,0	323,3	23,2	13,4	7,2
Лютесценс 70	313,0	319,0	338,0	323,3	13,1	7,5	4,0
Икар	256,0	371,0	279,0	302,0	60,9	35,1	20,1
Тюменская 30	303,0	304,0	293,0	300,0	6,1	3,5	2,0

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.7 – Кустистость у сортов яровой мягкой пшеницы у сортов яровой мягкой пшеницы, побегов/растение

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Тюменская 30	3,50	2,90	2,50	2,97	0,50	0,29	17,0
Тюменская 27	3,20	3,00	2,40	2,87	0,42	0,24	14,5
Казахстанская 10	2,90	3,30	2,40	2,87	0,45	0,26	15,7
Лютесценс 70	3,40	2,90	2,20	2,83	0,60	0,35	21,3
Laban	2,90	2,70	2,70	2,77	0,12	0,07	4,2
Тюменская 25	3,00	2,60	2,70	2,77	0,21	0,12	7,5
Тюменская 33	3,00	2,80	2,40	2,73	0,31	0,18	11,2
Тюменская 31	3,40	2,40	2,40	2,73	0,58	0,33	21,1
Лютесценс 585	3,10	2,90	2,20	2,73	0,47	0,27	17,3
Серебряна	2,90	3,10	2,10	2,70	0,53	0,31	19,6
Омская 36	2,90	3,00	2,20	2,70	0,44	0,25	16,1
Аделина	3,00	2,80	2,30	2,70	0,36	0,21	13,4
Рикс	2,80	2,90	2,30	2,67	0,32	0,19	12,1
Тюменская 32	3,00	2,70	2,20	2,63	0,40	0,23	15,3
CN 06600	2,90	2,60	2,40	2,63	0,25	0,15	9,6
Терция	2,90	2,80	2,20	2,63	0,38	0,22	14,4
Тюменская 29	2,50	2,70	2,60	2,60	0,10	0,06	3,8
СКЭНТ-3	2,70	2,80	2,30	2,60	0,26	0,15	10,2
Икар	2,80	2,80	2,10	2,57	0,40	0,23	15,7
АБИИДа	2,60	2,80	2,10	2,50	0,36	0,21	14,4
Тюменец 2	2,90	2,40	2,10	2,47	0,40	0,23	16,4
Krabat	2,70	2,10	1,80	2,20	0,46	0,26	20,8

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.8 – Число побегов у сортов яровой мягкой пшеницы, шт./м²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Казахстанская 10	1191,0	1280,0	717,0	1062,7	302,6	174,7	28,5
Терция	1143,0	1107,0	791,0	1013,7	193,7	111,8	19,1
Тюменская 27	1080,0	1101,0	823,0	1001,3	154,8	89,4	15,5
Тюменская 33	1141,0	1024,0	801,0	988,7	172,7	99,7	17,5
Омская 36	1115,0	1101,0	659,0	958,3	259,3	149,7	27,1
Лютесценс 585	1144,0	996,0	694,0	944,7	229,3	132,4	24,3
Тюменская 25	1032,0	1026,0	757,0	938,3	157,1	90,7	16,7
Тюменская 32	1102,0	949,0	741,0	930,7	181,2	104,6	19,5
Тюменская 29	948,0	1094,0	731,0	924,3	182,7	105,5	19,8
Аделина	1117,0	976,0	674,0	922,3	226,3	130,7	24,5
Laban	1141,0	879,0	745,0	921,7	201,4	116,3	21,9
CN 06600	1074,0	965,0	717,0	918,7	183,0	105,6	19,9
Рикс	987,0	1089,0	651,0	909,0	229,2	132,3	25,2
Тюменская 31	1092,0	812,0	821,0	908,3	159,1	91,9	17,5
Лютесценс 70	1041,0	932,0	744,0	905,7	150,2	86,7	16,6
Серебряна	959,0	952,0	719,0	876,7	136,6	78,9	15,6
Тюменская 30	1023,0	877,0	717,0	872,3	153,1	88,4	17,5
Икар	950,0	1054,0	587,0	863,7	245,2	141,6	28,4
СКЭНТ-3	906,0	1028,0	628,0	854,0	205,0	118,4	24,0
АВИАДа	972,0	970,0	571,0	837,7	230,9	133,3	27,6
Тюменец 2	973,0	813,0	612,0	799,3	180,9	104,4	22,6
Krabat	913,0	701,0	610,0	741,3	155,5	89,8	21,0

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.9 – Доля продуктивных побегов у сортов яровой мягкой пшеницы, %

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Krabat	84,5	78,1	93,3	85,3	7,6	4,4	8,9
Тюменская 31	85,0	76,0	92,2	84,4	8,1	4,7	9,6
CN 06600	87,2	68,4	93,9	83,2	13,2	7,6	15,9
Тюменская 25	86,1	68,6	93,2	82,6	12,7	7,3	15,3
Омская 36	82,7	66,9	97,3	82,3	15,2	8,8	18,5
Тюменская 32	87,7	65,6	92,6	82,0	14,4	8,3	17,5
Тюменская 33	83,0	68,8	91,4	81,1	11,4	6,6	14,1
Тюменская 27	86,6	65,9	90,7	81,1	13,3	7,7	16,4
Тюменская 29	88,8	63,0	91,1	81,0	15,6	9,0	19,3
СКЭНТ-3	86,8	61,0	94,4	80,7	17,5	10,1	21,7
Laban	76,8	71,3	90,7	79,6	10,0	5,8	12,6
Тюменская 30	83,8	66,8	88,0	79,5	11,2	6,5	14,1
Лютесценс 585	76,4	67,8	94,4	79,5	13,6	7,8	17,1
Лютесценс 70	74,0	68,9	93,2	78,7	12,8	7,4	16,3
Тюменец 2	78,9	67,3	89,8	78,7	11,3	6,5	14,3
Аделина	78,7	65,3	90,9	78,3	12,8	7,4	16,4
Рикс	85,2	55,6	93,2	78,0	19,8	11,4	25,4
Икар	81,9	59,0	89,7	76,9	16,0	9,2	20,8
АВИАДа	77,1	55,7	91,2	74,7	17,9	10,3	23,9
Казахстанская 10	78,4	51,2	91,9	73,8	20,7	12,0	28,1
Серебряна	80,7	50,6	86,4	72,6	19,2	11,1	26,5
Терция	62,4	59,3	89,9	70,5	16,8	9,7	23,9

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.10 – Кустистость продуктивная у сортов яровой мягкой пшеницы, побегов/растение

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Тюменская 30	3,00	1,90	2,20	2,37	0,57	0,33	24,03
Тюменская 31	2,90	1,80	2,20	2,30	0,56	0,32	24,21
Тюменская 25	2,60	1,80	2,50	2,30	0,44	0,25	18,95
Тюменская 27	2,80	1,90	2,10	2,27	0,47	0,27	20,85
Тюменская 33	2,50	1,90	2,20	2,20	0,30	0,17	13,64
Омская 36	2,40	2,00	2,20	2,20	0,20	0,12	9,09
Лютесценс 70	2,50	2,00	2,10	2,20	0,26	0,15	12,03
CN 06600	2,50	1,80	2,20	2,17	0,35	0,20	16,21
Laban	2,20	1,90	2,40	2,17	0,25	0,15	11,62
Лютесценс 585	2,30	2,00	2,10	2,13	0,15	0,09	7,16
Тюменская 32	2,60	1,70	2,00	2,10	0,46	0,26	21,82
Тюменская 29	2,20	1,70	2,40	2,10	0,36	0,21	17,17
Аделина	2,30	1,80	2,10	2,07	0,25	0,15	12,18
Казахстанская 10	2,30	1,70	2,20	2,07	0,32	0,19	15,55
СКЭНТ-3	2,30	1,70	2,10	2,03	0,31	0,18	15,02
Рикс	2,40	1,60	2,10	2,03	0,40	0,23	19,88
Тюменец 2	2,30	1,60	1,90	1,93	0,35	0,20	18,16
Икар	2,30	1,60	1,90	1,93	0,35	0,20	18,16
Серебряна	2,30	1,50	1,80	1,87	0,40	0,23	21,65
Krabat	2,30	1,60	1,70	1,87	0,38	0,22	20,28
Терция	1,80	1,70	2,00	1,83	0,15	0,09	8,33
АВИАДа	2,00	1,50	1,90	1,80	0,26	0,15	14,70

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.11 – Число продуктивных побегов у сортов яровой мягкой пшеницы, шт/м²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Тюменская 27	941,0	696,0	744,0	793,7	129,8	75,0	16,4
Тюменская 33	949,0	696,0	730,0	791,7	137,3	79,3	17,3
Тюменская 31	912,0	619,0	756,0	762,3	146,6	84,6	19,2
Омская 36	913,0	731,0	642,0	762,0	138,1	79,8	18,1
Тюменская 25	880,0	700,0	705,0	761,7	102,5	59,2	13,5
Тюменская 32	933,0	623,0	686,0	747,3	163,8	94,6	21,9
CN 06600	900,0	650,0	673,0	741,0	138,2	79,8	18,6
Лютесценс 585	878,0	674,0	655,0	735,7	123,6	71,4	16,8
Казахстанская 10	923,0	618,0	659,0	733,3	165,5	95,6	22,6
Тюменская 29	842,0	679,0	664,0	728,3	98,7	57,0	13,6
Laban	872,0	623,0	673,0	722,7	131,7	76,0	18,2
Лютесценс 70	788,0	642,0	693,0	707,7	74,1	42,8	10,5
Терция	740,0	654,0	711,0	701,7	43,8	25,3	6,2
Аделина	867,0	628,0	609,0	701,3	143,8	83,0	20,5
Тюменская 30	851,0	568,0	631,0	683,3	148,6	85,8	21,7
Рикс	838,0	601,0	606,0	681,7	135,4	78,2	19,9
СКЭНТ-3	785,0	624,0	593,0	667,3	103,1	59,5	15,4
Икар	778,0	596,0	526,0	633,3	130,1	75,1	20,5
Krabat	777,0	549,0	570,0	632,0	126,0	72,8	19,9
Тюменец 2	768,0	548,0	550,0	622,0	126,4	73,0	20,3
Серебряна	743,0	473,0	622,0	612,7	135,2	78,1	22,1
АВИАДа	743,0	529,0	520,0	597,3	126,2	72,9	21,1

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.12 – Масса зерна с колоса у сортов яровой мягкой пшеницы, г

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
АВИАДа	0,90	1,51	1,29	1,23	0,31	0,18	25,0
Серебряна	1,00	1,58	1,01	1,20	0,33	0,19	27,7
Икар	0,92	1,34	1,24	1,17	0,22	0,13	18,8
СКЭНТ-3	0,87	1,49	1,10	1,15	0,31	0,18	27,2
Тюменская 30	0,90	1,38	1,09	1,12	0,24	0,14	21,5
Омская 36	0,85	1,17	1,23	1,08	0,20	0,12	18,9
Тюменская 29	0,85	1,24	1,13	1,07	0,20	0,12	18,7
Laban	0,71	1,41	1,10	1,07	0,35	0,20	32,7
Лютесценс 70	0,78	1,26	1,17	1,07	0,26	0,15	23,8
Аделина	0,80	1,30	1,11	1,07	0,25	0,15	23,6
KrabaT	0,70	1,44	1,06	1,07	0,37	0,21	34,7
Тюменец 2	0,76	1,20	1,19	1,05	0,25	0,15	23,9
Тюменская 32	0,92	1,16	1,04	1,04	0,12	0,07	11,5
Тюменская 25	0,74	1,26	1,10	1,03	0,27	0,15	25,8
Лютесценс 585	0,85	1,25	1,00	1,03	0,20	0,12	19,6
Рикс	0,86	1,15	1,03	1,01	0,15	0,08	14,4
Тюменская 27	0,78	1,16	1,06	1,00	0,20	0,11	19,7
Тюменская 33	0,77	1,19	0,98	0,98	0,21	0,12	21,4
CN 06600	0,75	1,18	1,00	0,98	0,22	0,12	22,1
Казахстанская 10	0,76	1,02	1,13	0,97	0,19	0,11	19,6
Тюменская 31	0,75	1,12	0,98	0,95	0,19	0,11	19,7
Терция	0,73	1,15	0,91	0,93	0,21	0,12	22,7

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.13 – Число зёрен в колосе у сортов яровой мягкой пшеницы, шт.

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
KrabaT	40,4	46,4	36,9	41,2	4,8	2,8	11,7
Laban	35,0	40,2	32,8	36,0	3,8	2,2	10,6
Серебряна	34,2	38,4	32,9	35,2	2,9	1,7	8,2
АВИАДа	33,6	36,3	33,2	34,4	1,7	1,0	4,9
Тюменская 30	31,7	37,4	31,3	33,5	3,4	2,0	10,2
Икар	32,8	32,5	34,7	33,3	1,2	0,7	3,6
Лютесценс 70	32,8	33,6	33,4	33,3	0,4	0,2	1,3
СКЭНТ-3	33,3	34,1	30,4	32,6	1,9	1,1	6,0
Аделина	30,1	33,6	31,2	31,6	1,8	1,0	5,7
Тюменская 27	33,5	30,3	30,5	31,4	1,8	1,0	5,7
Лютесценс 585	31,7	32,6	28,4	30,9	2,2	1,3	7,2
Тюменец 2	28,4	32,0	31,8	30,7	2,0	1,2	6,6
Терция	30,2	32,2	29,3	30,6	1,5	0,9	4,9
Тюменская 29	30,3	30,1	31,1	30,5	0,5	0,3	1,7
Тюменская 33	30,0	32,5	28,2	30,2	2,2	1,2	7,1
Тюменская 25	27,9	30,4	29,6	29,3	1,3	0,7	4,4
Омская 36	29,1	27,3	30,9	29,1	1,8	1,0	6,2
Тюменская 31	28,3	30,8	27,4	28,8	1,8	1,0	6,1
Тюменская 32	31,0	27,6	27,8	28,8	1,9	1,1	6,6
Рикс	29,9	26,7	27,4	28,0	1,7	1,0	6,0
CN 06600	27,0	28,8	25,9	27,2	1,5	0,8	5,4
Казахстанская 10	27,3	25,3	28,6	27,1	1,7	1,0	6,1

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.14 – Масса 1000 зёрен у сортов яровой мягкой пшеницы, г

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Омская 36	29,2	42,9	39,9	37,3	7,2	4,2	19,3
Тюменская 32	30,2	41,9	37,9	36,7	5,9	3,4	16,2
Рикс	28,7	43,0	38,1	36,6	7,3	4,2	19,9
Казахстанская 10	28,3	40,2	40,3	36,3	6,9	4,0	19,0
АВИАДа	26,4	41,7	39,9	36,0	8,4	4,8	23,2
Тюменская 29	28,3	41,2	36,8	35,4	6,6	3,8	18,5
СКЭНТ-3	26,0	43,6	36,5	35,4	8,9	5,1	25,0
CN 06600	27,9	40,9	37,2	35,3	6,7	3,9	19,0
Икар	27,7	41,3	36,6	35,2	6,9	4,0	19,6
Тюменская 25	26,8	41,4	37,1	35,1	7,5	4,3	21,4
Тюмонец 2	26,8	37,4	38,4	34,2	6,4	3,7	18,8
Аделина	27,0	38,7	36,6	34,1	6,2	3,6	18,3
Тюменская 30	28,2	36,8	35,8	33,6	4,7	2,7	14,0
Серебряна	29,3	41,2	29,4	33,3	6,8	4,0	20,5
Лютесценс 585	27,2	38,3	34,1	33,2	5,6	3,2	16,9
Тюменская 31	26,6	36,2	36,5	33,1	5,6	3,3	17,0
Тюменская 33	25,6	36,7	34,5	32,3	5,9	3,4	18,2
Лютесценс 70	23,9	37,5	35,1	32,2	7,3	4,2	22,6
Тюменская 27	23,5	38,2	34,0	31,9	7,6	4,4	23,7
Терция	24,1	35,7	27,7	29,2	5,9	3,4	20,4
Laban	20,0	35,0	32,3	29,1	8,0	4,6	27,5
Krabat	17,4	30,9	25,8	24,7	6,8	3,9	27,6

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.15 – Число колосков в колосе у сортов яровой мягкой пшеницы, шт.

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Казахстанская 10	18,7	18,4	20,5	19,2	1,1	0,7	5,9
Рикс	18,2	18,3	20,2	18,9	1,1	0,7	6,0
Серебряна	16,5	17,0	19,4	17,6	1,6	0,9	8,8
Krabat	16,8	16,7	18,7	17,4	1,1	0,7	6,5
АВИАДа	17,0	15,3	19,7	17,3	2,2	1,3	12,8
Тюмонец 2	16,6	15,4	18,4	16,8	1,5	0,9	9,0
Терция	15,9	16,2	18,2	16,8	1,3	0,7	7,5
Laban	16,4	15,5	17,8	16,6	1,2	0,7	7,0
Тюменская 29	15,4	15,3	17,8	16,2	1,4	0,8	8,8
Лютесценс 70	15,2	15,4	17,9	16,2	1,5	0,9	9,3
Тюменская 30	15,2	14,6	18,1	16,0	1,9	1,1	11,7
Лютесценс 585	15,2	14,8	17,6	15,9	1,5	0,9	9,5
Тюменская 27	15,5	14,7	17,4	15,9	1,4	0,8	8,7
Аделина	15,3	14,0	18,2	15,8	2,2	1,2	13,6
Тюменская 33	14,7	14,8	17,8	15,8	1,8	1,0	11,2
Икар	15,7	14,0	17,4	15,7	1,7	1,0	10,8
СКЭНТ-3	15,0	14,2	17,7	15,6	1,8	1,1	11,7
Тюменская 32	15,3	13,6	17,2	15,4	1,8	1,0	11,7
CN 06600	15,1	13,7	17,1	15,3	1,7	1,0	11,2
Тюменская 25	15,2	13,7	16,8	15,2	1,6	0,9	10,2
Омская 36	14,9	13,4	16,3	14,9	1,5	0,8	9,8
Тюменская 31	13,9	13,0	16,0	14,3	1,5	0,9	10,8

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.16 – Длина колоса у сортов яровой мягкой пшеницы, см

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Рикс	10,30	10,90	10,00	10,40	0,46	0,26	4,4
АВИАДа	9,80	9,90	10,00	9,90	0,10	0,06	1,0
Серебряна	9,30	10,20	10,00	9,83	0,47	0,27	4,8
Казахстанская 10	9,30	10,00	9,40	9,57	0,38	0,22	4,0
Тюменская 32	8,80	9,00	9,20	9,00	0,20	0,12	2,2
Аделина	8,70	8,90	9,20	8,93	0,25	0,15	2,8
Омская 36	9,10	9,00	8,60	8,90	0,26	0,15	3,0
KrabaT	8,90	9,20	8,60	8,90	0,30	0,17	3,4
Laban	9,10	9,10	8,40	8,87	0,40	0,23	4,6
Тюменская 30	8,40	8,90	9,00	8,77	0,32	0,19	3,7
Лютесценс 70	8,40	9,10	8,40	8,63	0,40	0,23	4,7
СКЭНТ-3	8,20	8,70	8,50	8,47	0,25	0,15	3,0
Тюменская 27	8,50	8,60	8,20	8,43	0,21	0,12	2,5
Лютесценс 585	8,50	8,80	8,00	8,43	0,40	0,23	4,8
Тюменская 29	8,20	8,80	8,10	8,37	0,38	0,22	4,5
Икар	8,10	8,50	8,50	8,37	0,23	0,13	2,8
Тюменец 2	8,00	8,50	8,40	8,30	0,26	0,15	3,2
Тюменская 25	8,00	8,40	8,20	8,20	0,20	0,12	2,4
Тюменская 33	8,00	8,30	8,10	8,13	0,15	0,09	1,9
Терция	8,50	9,00	8,10	8,53	0,45	0,26	5,3
Тюменская 31	8,10	8,30	7,70	8,03	0,31	0,18	3,8
CN 06600	7,90	8,10	7,90	7,97	0,12	0,07	1,4

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.17 – Площадь флагового листа у сортов яровой мягкой пшеницы, см²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Рикс	35,9	37,4	28,2	33,8	4,9	2,8	14,6
АВИАДа	28,1	37,8	33,6	33,2	4,9	2,8	14,7
Казахстанская 10	32,8	37,8	27,5	32,7	5,2	3,0	15,8
Серебряна	28,1	39,1	28,4	31,9	6,3	3,6	19,7
Лютесценс 70	25,4	38,4	29,5	31,1	6,6	3,8	21,4
Икар	28,0	34,5	27,1	29,9	4,0	2,3	13,5
KrabaT	31,2	34,9	23,1	29,7	6,0	3,5	20,3
Laban	27,1	39,6	22,0	29,6	9,1	5,2	30,6
Тюменская 30	25,1	37,9	21,3	28,1	8,7	5,0	31,0
Лютесценс 585	24,7	33,8	23,8	27,4	5,5	3,2	20,2
Аделина	27,8	28,7	25,5	27,3	1,7	1,0	6,0
Тюменская 29	25,4	32,1	23,7	27,1	4,4	2,6	16,4
Тюменец 2	26,3	32,3	22,4	27,0	5,0	2,9	18,5
Тюменская 27	24,2	28,6	27,2	26,7	2,2	1,3	8,4
Тюменская 33	26,1	30,9	20,3	25,8	5,3	3,1	20,6
Тюменская 32	22,4	30,2	24,1	25,6	4,1	2,4	16,0
Тюменская 25	20,5	29,7	26,2	25,5	4,6	2,7	18,2
CN 06600	21,8	32,5	21,7	25,3	6,2	3,6	24,5
Терция	27,1	30,2	17,2	24,8	6,8	3,9	27,3
СКЭНТ-3	22,9	30,7	19,6	24,4	5,7	3,3	23,4
Омская 36	19,8	27,8	24,8	24,1	4,0	2,3	16,7
Тюменская 31	23,5	16,4	24,3	21,4	4,3	2,5	20,3

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.18 – Площадь предфлагового листа у сортов яровой мягкой пшеницы, см²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Казахстанская 10	24,5	39,9	26,4	30,3	8,4	4,8	27,7
Серебряна	25,6	36,1	26,8	29,5	5,7	3,3	19,5
Рикс	28,7	31,8	27,0	29,2	2,4	1,4	8,3
Икар	26,2	30,4	26,6	27,7	2,3	1,3	8,4
АВИАДа	25,7	27,1	30,2	27,7	2,3	1,3	8,3
Laban	25,6	30,8	23,8	26,7	3,6	2,1	13,6
Krabať	26,2	29,0	23,5	26,2	2,8	1,6	10,5
Тюменская 33	23,1	31,4	23,8	26,1	4,6	2,7	17,6
Тюменская 30	21,4	32,7	23,8	26,0	6,0	3,4	22,9
СКЭНТ-3	22,0	32,3	23,1	25,8	5,7	3,3	21,9
Лютесценс 70	18,2	31,6	27,5	25,8	6,9	4,0	26,6
Тюменская 27	23,1	28,6	25,1	25,6	2,8	1,6	10,9
Тюмонец 2	21,5	28,4	26,7	25,5	3,6	2,1	14,1
Тюменская 25	24,0	26,1	26,3	25,5	1,3	0,7	5,0
Тюменская 29	24,0	27,7	22,6	24,8	2,6	1,5	10,6
Тюменская 32	21,6	28,6	23,9	24,7	3,6	2,1	14,4
Аделина	24,7	23,3	25,7	24,6	1,2	0,7	4,9
Лютесценс 585	19,3	29,1	25,2	24,5	4,9	2,8	20,1
CN 06600	20,0	25,7	26,2	24,0	3,4	2,0	14,4
Терция	23,0	27,4	20,8	23,7	3,4	1,9	14,2
Омская 36	19,3	23,4	23,5	22,1	2,4	1,4	10,9
Тюменская 31	19,7	17,4	24,5	20,5	3,6	2,1	17,6

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.19 – Длина стебля у сортов яровой мягкой пшеницы, см

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Омская 36	117,3	86,8	123,5	109,2	19,6	11,3	18,0
Серебряна	107,7	86,1	116,4	103,4	15,6	9,0	15,1
Тюмонец 2	112,0	78,3	119,3	103,2	21,9	12,6	21,2
Рикс	100,9	84,5	120,1	101,8	17,8	10,3	17,5
Аделина	103,0	79,7	118,1	100,3	19,3	11,2	19,3
Терция	109,3	79,9	111,7	100,3	17,7	10,2	17,7
АВИАДа	106,7	75,1	117,7	99,8	22,1	12,8	22,2
Тюменская 27	106,0	78,2	112,7	99,0	18,3	10,6	18,5
Лютесценс 585	105,4	74,4	116,1	98,6	21,7	12,5	22,0
Тюменская 33	100,5	79,5	115,7	98,6	18,2	10,5	18,4
Тюменская 32	108,6	68,1	118,2	98,3	26,6	15,4	27,1
Казахстанская 10	103,8	71,8	116,6	97,4	23,1	13,3	23,7
Лютесценс 70	100,7	75,7	113,4	96,6	19,2	11,1	19,9
СКЭНТ-3	99,5	70,5	115,1	95,0	22,6	13,1	23,8
CN 06600	101,2	77,6	105,0	94,6	14,8	8,6	15,7
Тюменская 30	100,7	70,8	111,3	94,3	21,0	12,1	22,3
Тюменская 29	97,0	76,4	107,6	93,7	15,9	9,2	16,9
Икар	98,7	74,5	102,3	91,8	15,1	8,7	16,5
Тюменская 25	98,3	66,3	105,3	90,0	20,8	12,0	23,1
Тюменская 31	94,1	64,1	110,2	89,5	23,4	13,5	26,2
Laban	81,7	78,1	107,7	89,2	16,2	9,3	18,1
Krabať	76,6	60,9	74,8	70,8	8,6	5,0	12,1

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.20 – Плотность колоса у сортов яровой мягкой пшеницы, колосков/см²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Тюменец 2	2,23	1,91	2,34	2,16	0,22	0,13	10,3
Казахстанская 10	2,12	1,91	2,30	2,11	0,20	0,11	9,3
Терция	1,99	1,92	2,42	2,11	0,27	0,16	12,8
KrabaT	2,01	1,93	2,37	2,10	0,23	0,14	11,1
Тюменская 29	2,01	1,84	2,37	2,07	0,27	0,16	13,1
Тюменская 33	1,95	1,88	2,35	2,06	0,25	0,15	12,3
CN 06600	2,04	1,79	2,34	2,06	0,28	0,16	13,4
Лютесценс 70	1,92	1,81	2,33	2,02	0,27	0,16	13,6
Лютесценс 585	1,89	1,78	2,37	2,01	0,31	0,18	15,6
Тюменская 27	1,95	1,81	2,27	2,01	0,24	0,14	11,7
Laban	1,90	1,79	2,29	1,99	0,26	0,15	13,2
СКЭНТ-3	1,99	1,74	2,25	1,99	0,26	0,15	12,8
Тюменская 25	2,03	1,71	2,21	1,98	0,25	0,15	12,8
Икар	2,03	1,69	2,14	1,95	0,23	0,14	12,0
Рикс	1,87	1,78	2,16	1,94	0,20	0,11	10,3
Тюменская 31	1,85	1,68	2,26	1,93	0,30	0,17	15,4
Тюменская 30	1,91	1,72	2,16	1,93	0,22	0,13	11,4
Серебряна	1,92	1,77	2,09	1,93	0,16	0,09	8,3
Аделина	1,85	1,65	2,10	1,87	0,23	0,13	12,1
АВИАДа	1,82	1,63	2,09	1,85	0,23	0,13	12,5
Тюменская 32	1,86	1,58	2,02	1,82	0,22	0,13	12,2
Омская 36	1,72	1,57	2,03	1,77	0,23	0,14	13,2

Примечание: М – среднее 2014–2016, SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.21 – Урожайность у сортов яровой мягкой пшеницы, г/м²

Сорт	2014	2015	2016	М	SD	SE	CV
Омская 36	776,0	855,0	790,0	807,0	42,2	24,3	5,2
Тюменская 27	734,0	807,0	789,0	776,7	38,0	22,0	4,9
Тюменская 25	651,0	882,0	776,0	769,7	115,6	66,8	15,0
Тюменская 29	716,0	842,0	750,0	769,3	65,2	37,6	8,5
Тюменская 32	858,0	723,0	713,0	764,7	81,0	46,8	10,6
Тюменская 33	731,0	828,0	715,0	758,0	61,1	35,3	8,1
СКЭНТ-3	683,0	930,0	652,0	755,0	152,3	88,0	20,2
Лютесценс 585	746,0	843,0	655,0	748,0	94,0	54,3	12,6
Тюменская 30	766,0	784,0	688,0	746,0	51,0	29,5	6,8
Laban	619,0	878,0	740,0	745,7	129,6	74,8	17,4
Лютесценс 70	615,0	809,0	811,0	745,0	112,6	65,0	15,1
Аделина	694,0	816,0	676,0	728,7	76,2	44,0	10,5
Икар	716,0	799,0	652,0	722,3	73,7	42,6	10,2
АВИАДа	669,0	799,0	671,0	713,0	74,5	43,0	10,4
Тюменская 31	684,0	693,0	741,0	706,0	30,6	17,7	4,3
Серебряна	743,0	747,0	628,0	706,0	67,6	39,0	9,6
CN 06600	675,0	767,0	673,0	705,0	53,7	31,0	7,6
Казахстанская 10	701,0	630,0	745,0	692,0	58,0	33,5	8,4
Рикс	721,0	691,0	624,0	678,7	49,7	28,7	7,3
Терция	540,0	752,0	647,0	646,3	106,0	61,2	16,4
KrabaT	544,0	791,0	604,0	646,3	128,8	74,4	19,9
Тюменец 2	584,0	658,0	655,0	632,3	41,9	24,2	6,6

Примечание: М – среднее 2014-2016 гг., SD – стандартное отклонение, SE – ошибка среднего, CV – коэффициент вариации

Таблица В.22 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в уровне количественных признаков между среднеранними (Р), среднеспелыми (С) и среднепоздними (П) сортами яровой мягкой пшеницы

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Р	С	П
Полевая всхожесть	Р	---	3,27777778	1,5
	С	3,27777778	---	4,77777778
	П	1,5	4,77777778	---
Сохраняемость растений	Р	---	2,51388889	2,625
	С	2,51388889	---	0,11111111
	П	2,625	0,11111111	---
Число растений на 1 м ²	Р	---	3,34722222	1,075
	С	3,34722222	---	4,42222222
	П	1,075	4,42222222	---
Число побегов на 1 м ²	Р	---	3,93055556	1,175
	С	3,93055556	---	2,75555556
	П	1,175	2,75555556	---
Число продуктивных побегов	Р	---	6,46527778	8,9875
	С	6,46527778	---	2,52222222
	П	8,9875	2,52222222	---
Общая кустистость	Р	---	6,53472222	5,0125
	С	6,53472222	---	1,52222222
	П	5,0125	1,52222222	---
Продуктивная кустистость	Р	---	7,59722222	12,175
	С	7,59722222	---	4,57777778
	П	12,175	4,57777778	---
Доля продуктивных побегов	Р	---	4,23611111	8,325
	С	4,23611111	---	4,08888889
	П	8,325	4,08888889	---
Длина стебля	Р	---	3,74305556	5,0875
	С	3,74305556	---	1,34444444
	П	5,0875	1,34444444	---
Длина колоса	Р	---	2,625	9,025
	С	2,625	---	6,4
	П	9,025	6,4	---
Площадь флагового листа	Р	---	1,63888889	6,95
	С	1,63888889	---	5,31111111
	П	6,95	5,31111111	---
Число колосков в колосе	Р	---	1,34722222	11,325
	С	1,34722222	---	9,97777778
	П	11,325	9,97777778	---
Число зёрен в колосе	Р	---	2,88194444	1,1375
	С	2,88194444	---	1,74444444
	П	1,1375	1,74444444	---
Масса 1000 зёрен	Р	---	2,85416667	0,0875
	С	2,85416667	---	2,76666667
	П	0,0875	2,76666667	---
Масса зерна с колоса	Р	---	4,81944444	0,425
	С	4,81944444	---	5,24444444
	П	0,425	5,24444444	---
Урожайность	Р	---	4,5	11,7
	С	4,5	---	7,2
	П	11,7	7,2	---

Таблица В.23 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в уровне исследуемых признаков между среднеранными (Р), среднеспелыми (С) и среднепоздними (П) сортами яровой мягкой пшеницы

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Р	С	П
Количество клейковины	Р	---	4,70833333	8,575
	С	4,70833333	---	3,86666667
	П	8,575	3,86666667	---
ИДК	Р	---	1,07638889	3,2875
	С	1,07638889	---	2,21111111
	П	3,2875	2,21111111	---

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .07 significance level

Признак		Р	С	П
Количество клейковины	Р	---	4,70833333	8,575
	С	4,70833333	---	3,86666667
	П	8,575	3,86666667	---
ИДК	Р	---	1,07638889	3,2875
	С	1,07638889	---	2,21111111
	П	3,2875	2,21111111	---

Таблица В.24 – Результаты Mann-Whitney U Test при определении различий в уровне исследуемых признаков между инокулированными растениями и контролем

Marked tests are significant at $p < .05000$

	Rank Sum Инок.	Rank Sum Контр.	U	Z	p-value	Z adjuste d	p-value	N Инок.	N Контр.	2*1side d
Среднеранние сорта										
Число зёрен в колосе	44,000	92,000	8,0000	-2,467	0,0135	-2,469	0,0135	8	8	0,0104
Масса 1000 зёрен	37,500	98,500	1,5000	-3,150	0,0016	-3,155	0,0016	8	8	0,0003
Урожайность	42,000	94,000	6,0000	-2,678	0,0074	-2,678	0,0074	8	8	0,0046
Среднеспелые сорта										
Число зёрен в колосе	61,000	110,00	16,000	-2,119	0,0340	-2,119	0,0340	9	9	0,0314
Масса 1000 зёрен	54,000	117,00	9,000	-2,737	0,0061	-2,738	0,0061	9	9	0,0039
Урожайность	53,000	118,00	8,000	-2,825	0,0047	-2,825	0,0047	9	9	0,0027
Среднепоздние сорта										
Число зёрен в колосе	21,000	34,000	6,0000	-1,253	0,2100	-1,253	0,2100	5	5	0,2222
Масса 1000 зёрен	16,000	39,000	1,0000	-2,297	0,0215	-2,311	0,0207	5	5	0,0158
Урожайность	15,000	40,000	0,0000	-2,506	0,0121	-2,506	0,0121	5	5	0,0079

Таблица В.25 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в уровне исследуемых признаков между среднеранними (Р), среднеспелыми (С) и среднепоздними (П) сортами яровой мягкой пшеницы

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Р	С	П
Снижение числа зёрен у инокулированных растений по сравнению с контролем	Р	---	2,47222222	9,85
	С	2,47222222	---	7,37777778
	П	9,85	7,37777778	---
Снижение массы 1000 зёрен у инокулированных растений по сравнению с контролем	Р	---	1,09027778	4,9875
	С	1,09027778	---	6,07777778
	П	4,9875	6,07777778	---
Снижение массы зерна с колоса у инокулированных растений по сравнению с контролем	Р	---	1,22222222	8,8
	С	1,22222222	---	7,57777778
	П	8,8	7,57777778	---
Снижение урожайности у инокулированных растений по сравнению с контролем	Р	---	1,09722222	10,675
	С	1,09722222	---	9,57777778
	П	10,675	9,57777778	---

Таблица В.26 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в уровне исследуемых признаков между среднеранними (Р), среднеспелыми (С) и среднепоздними (П) сортами яровой мягкой пшеницы

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Р	С	П
Фузариоз колоса (распространённость, 2014)	Р	---	6,58333333	13,45
	С	6,58333333	---	6,86666667
	П	13,45	6,86666667	---
Фузариоз колоса (развитие, 2014)	Р	---	6,40277778	13,225
	С	6,40277778	---	6,82222222
	П	13,225	6,82222222	---
Фузариоз колоса (заражённость зерна, 2014)	Р	---	7,81944444	11,775
	С	7,81944444	---	3,95555556
	П	11,775	3,95555556	---
Фузариоз колоса (распространённость, 2015)	Р	---	4,46527778	12,5875
	С	4,46527778	---	8,12222222
	П	12,5875	8,12222222	---
Фузариоз колоса (развитие, 2015)	Р	---	2,47222222	9,85
	С	2,47222222	---	7,37777778
	П	9,85	7,37777778	---
Фузариоз колоса (содержание фузариозных зёрен, 2015)	Р	---	3,75694444	10,0125
	С	3,75694444	---	6,25555556
	П	10,0125	6,25555556	---
Бурая ржавчина (развитие)	Р	---	3,84027778	8,7625
	С	3,84027778	---	4,92222222
	П	8,7625	4,92222222	---
Мучнистая роса (развитие)	Р	---	4,63194444	3,4875
	С	4,63194444	---	1,14444444
	П	3,4875	1,14444444	---
Пятнистости листьев	Р	---	5,32638889	5,5375
	С	5,32638889	---	0,21111111
	П	5,5375	0,21111111	---

Таблица В.27 – Результаты Mann-Whitney U Test при определении различий в уровне заражённости семян пшеницы болезнями между годами исследования (2015 и 2016 гг.)
Marked tests are significant at $p < .05000$

	Rank Sum Инок	Rank Sum Конт	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	N Инок	N Конт	2*1sided
Альтер-нариоз	5227	4225	2014	1,41	0,157674	1,41	0,157532	71	66	0,157501
Фузариоз	6190	3262	1051	5,56	0,000000	5,61	0,000000	71	66	0,000000
Гельминто-спориоз	3545	5908	989	-5,83	0,000000	-5,85	0,000000	71	66	0,000000
Бактериоз	6666	2786	575	7,61	0,000000	7,79	0,000000	71	66	0,000000
Плесень	3743	5710	1187	-4,97	0,000001	-5,69	0,000000	71	66	0,000000

Таблица В.28 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в заражённости семян болезнями между образцами пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области в 2015 г.
Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Н	А	Я	О	И	Б
Альтернариоз	Н	---	3,5	4,29166667	7,95833333	26,7916667	7,29166667
	А	3,5	---	0,791666667	11,45833333	30,2916667	10,7916667
	Я	4,29166667	0,791666667	---	12,25	31,0833333	11,5833333
	О	7,95833333	11,45833333	12,25	---	18,8333333	0,66666667
	И	26,7916667	30,2916667	31,0833333	18,8333333	---	19,5
	Б	7,29166667	10,7916667	11,5833333	0,66666667	19,5	---
Фузариоз	Н	---	17,625	15,375	26	28,875	9,125
	А	17,625	---	2,25	8,375	11,25	8,5
	Я	15,375	2,25	---	10,625	13,5	6,25
	О	26	8,375	10,625	---	2,875	16,875
	И	28,875	11,25	13,5	2,875	---	19,75
	Б	9,125	8,5	6,25	16,875	19,75	---
Гельминтоспориоз	Н	---	11,58333333	10,20833333	8,5	22,45833333	22,33333333
	А	11,58333333	---	1,375	3,08333333	34,0416667	33,9166667
	Я	10,20833333	1,375	---	1,70833333	32,6666667	32,5416667
	О	8,5	3,08333333	1,70833333	---	30,9583333	30,8333333
	И	22,45833333	34,0416667	32,6666667	30,9583333	---	0,125
	Б	22,33333333	33,9166667	32,5416667	30,8333333	0,125	---
Бактериоз	Н	---	5,875	11,58333333	6,29166667	9,54166667	25,4583333
	А	5,875	---	17,45833333	12,1666667	3,66666667	19,5833333
	Я	11,58333333	17,45833333	---	5,29166667	21,125	37,0416667
	О	6,29166667	12,1666667	5,29166667	---	15,83333333	31,75
	И	9,54166667	3,66666667	21,125	15,83333333	---	15,9166667
	Б	25,4583333	19,5833333	37,0416667	31,75	15,9166667	---
Плесень	Н	---	9,41666667	5,91666667	8,875	0	14,7916667
	А	9,41666667	---	3,5	0,541666667	9,41666667	5,375
	Я	5,91666667	3,5	---	2,95833333	5,91666667	8,875
	О	8,875	0,541666667	2,95833333	---	8,875	5,91666667
	И	0	9,41666667	5,91666667	8,875	---	14,7916667
	Б	14,7916667	5,375	8,875	5,91666667	14,7916667	---

Примечание: Н – Нижнетавдинский, А – Аромашевский, Я – Ялуторовский, О – Омутинский, И – Ишимский, Б – Бердюжский

Таблица В.29 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в заражённости семян болезнями между образцами пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области в 2016 г.

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		Н	А	Я	О	И	Б
Альтернариоз	Н	---	5,68181818	1,18181818	17,8636364	25	15,3636364
	А	5,68181818	---	6,86363636	12,1818182	30,6818182	21,0454545
	Я	1,18181818	6,86363636	---	19,0454545	23,8181818	14,1818182
	О	17,8636364	12,1818182	19,0454545	---	42,8636364	33,2272727
	И	25	30,6818182	23,8181818	42,8636364	---	9,63636364
	Б	15,3636364	21,0454545	14,1818182	33,2272727	9,63636364	---
Фузариоз	Н	---	6,40909091	14,1818182	3,86363636	3,31818182	6,68181818
	А	6,40909091	---	20,5909091	10,2727273	3,09090909	0,272727273
	Я	14,1818182	20,5909091	---	10,3181818	17,5	20,8636364
	О	3,86363636	10,2727273	10,3181818	---	7,18181818	10,5454545
	И	3,31818182	3,09090909	17,5	7,18181818	---	3,36363636
	Б	6,68181818	0,272727273	20,8636364	10,5454545	3,36363636	---
Гельминтоспориоз	Н	---	15,0909091	44,3636364	28,6363636	29,2272727	8,95454545
	А	15,0909091	---	29,2727273	13,5454545	14,1363636	6,13636364
	Я	44,3636364	29,2727273	---	15,7272727	15,1363636	35,4090909
	О	28,6363636	13,5454545	15,7272727	---	0,590909091	19,6818182
	И	29,2272727	14,1363636	15,1363636	0,590909091	---	20,2727273
	Б	8,95454545	6,13636364	35,4090909	19,6818182	20,2727273	---
Бактериоз	Н	---	8,22727273	5,68181818	10,0454545	7,18181818	12,1363636
	А	8,22727273	---	2,54545455	18,2727273	1,04545455	20,3636364
	Я	5,68181818	2,54545455	---	15,7272727	1,5	17,8181818
	О	10,0454545	18,2727273	15,7272727	---	17,2272727	2,09090909
	И	7,18181818	1,04545455	1,5	17,2272727	---	19,3181818
	Б	12,1363636	20,3636364	17,8181818	2,09090909	19,3181818	---
Плесень	Н	---	26,8636364	2,09090909	0	14,4090909	32,5454545
	А	26,8636364	---	28,9545455	26,8636364	12,4545455	5,68181818
	Я	2,09090909	28,9545455	---	2,09090909	16,5	34,6363636
	О	0	26,8636364	2,09090909	---	14,4090909	32,5454545
	И	14,4090909	12,4545455	16,5	14,4090909	---	18,1363636
	Б	32,5454545	5,68181818	34,6363636	32,5454545	18,1363636	---

Примечание: Н – Нижнетавдинский, А – Аромашевский, Я – Ялуторовский, О – Омутинский, И – Ишимский, Б – Бердюжский

Таблица В.30 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в заражённости семян болезнями между сортами яровой мягкой пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области (2015–2016 гг.)

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

	АВИАДа	Икар	Казахстанская 10	Лютесценс 70	Новосибирская 15	Новосибирская 31	Омская 36	Рикс	СКЭНТ-3	Тобольская	Тюменская 25	Тюменская 29	Тюменская 33	Черныя 13
Альтернариоз														
АВИАДа	---	2,4	28,6	24,0	18,6	24,0	5,8	1,8	25,0	30,0	22,6	34,0	27,0	4,7
Икар	2,4	---	26,2	26,3	21,0	26,3	8,2	4,1	27,3	32,4	25,0	36,4	29,3	7,0
Казахстанская 10	28,6	26,2	---	52,5	47,2	52,6	34,4	30,3	53,5	58,6	51,2	62,6	55,6	33,3
Лютесценс 70	24,0	26,3	52,5	---	5,4	0,0	18,1	22,2	1,0	6,0	1,3	10,1	3,0	19,3
Новосибирская 15	18,6	21,0	47,2	5,4	---	5,4	12,7	16,8	6,4	11,4	4,0	15,4	8,4	13,9
Новосибирская 31	24,0	26,3	52,6	0,0	5,4	---	18,1	22,2	1,0	6,0	1,3	10,1	3,0	19,3
Омская 36	5,8	8,2	34,4	18,1	12,7	18,1	---	4,1	19,1	24,2	16,8	28,2	21,1	1,2
Рикс	1,8	4,1	30,3	22,2	16,8	22,2	4,1	---	23,2	28,3	20,9	32,3	25,2	2,9
СКЭНТ-3	25,0	27,3	53,5	1,0	6,4	1,0	19,1	23,2	---	5,0	2,3	9,1	2,0	20,3
Тобольская	30,0	32,4	58,6	6,0	11,4	6,0	24,2	28,3	5,0	---	7,4	4,0	3,0	25,3
Тюменская 25	22,6	25,0	51,2	1,3	4,0	1,3	16,8	20,9	2,3	7,4	---	11,4	4,3	18,0
Тюменская 29	34,0	36,4	62,6	10,1	15,4	10,1	28,2	32,3	9,1	4,0	11,4	---	7,1	29,4
Тюменская 33	27,0	29,3	55,6	3,0	8,4	3,0	21,1	25,2	2,0	3,0	4,3	7,1	---	22,3
Черныя 13	4,7	7,0	33,3	19,3	13,9	19,3	1,2	2,9	20,3	25,3	18,0	29,4	22,3	---
Фузариоз														
АВИАДа	---	21,0	38,4	2,8	5,2	26,6	5,6	5,5	11,0	5,5	13,9	27,5	1,2	1,9
Икар	21,0	---	17,4	23,8	26,2	47,7	26,6	15,6	32,0	26,6	34,9	48,5	22,2	22,9
Казахстанская 10	38,4	17,4	---	41,2	43,6	65,0	44,0	33,0	49,4	44,0	52,3	65,9	39,6	40,3
Лютесценс 70	2,8	23,8	41,2	---	2,4	23,9	2,8	8,2	8,2	2,8	11,1	24,8	1,6	0,9
Новосибирская 15	5,2	26,2	43,6	2,4	---	21,4	0,4	10,6	5,8	0,4	8,7	22,3	4,0	3,3
Новосибирская 31	26,6	47,7	65,0	23,9	21,4	---	21,0	32,1	15,7	21,1	12,7	0,9	25,5	24,8
Омская 36	5,6	26,6	44,0	2,8	0,4	21,0	---	11,1	5,4	0,1	8,3	21,9	4,4	3,7
Рикс	5,5	15,6	33,0	8,2	10,6	32,1	11,1	---	16,4	11,0	19,3	33,0	6,6	7,3
СКЭНТ-3	11,0	32,0	49,4	8,2	5,8	15,7	5,4	16,4	---	5,4	2,9	16,5	9,8	9,1
Тобольская	5,5	26,6	44,0	2,8	0,4	21,1	0,1	11,0	5,4	---	8,3	22,0	4,4	3,7
Тюменская 25	13,9	34,9	52,3	11,1	8,7	12,7	8,3	19,3	2,9	8,3	---	13,6	12,7	12,0
Тюменская 29	27,5	48,5	65,9	24,8	22,3	0,9	21,9	33,0	16,5	22,0	13,6	---	26,3	25,6
Тюменская 33	1,2	22,2	39,6	1,6	4,0	25,5	4,4	6,6	9,8	4,4	12,7	26,3	---	0,7
Черныя 13	1,9	22,9	40,3	0,9	3,3	24,8	3,7	7,3	9,1	3,7	12,0	25,6	0,7	---
Гельминтоспориоз														
АВИАДа	---	13,3	9,6	5,3	7,1	1,4	4,0	4,2	3,7	26,4	0,8	1,6	15,0	6,6
Икар	13,3	---	3,7	18,6	6,1	11,9	9,2	9,0	16,9	13,1	12,4	11,6	1,8	6,6
Казахстанская 10	9,6	3,7	---	14,9	2,4	8,2	5,6	5,4	13,3	16,8	8,8	8,0	5,4	3,0
Лютесценс 70	5,3	18,6	14,9	---	12,5	6,7	9,4	9,5	1,7	31,7	6,2	7,0	20,3	11,9
Новосибирская 15	7,1	6,1	2,4	12,5	---	5,8	3,1	2,9	10,8	19,2	6,3	5,5	7,9	0,5
Новосибирская 31	1,4	11,9	8,2	6,7	5,8	---	2,7	2,8	5,0	25,0	0,5	0,3	13,7	5,3
Омская 36	4,0	9,2	5,6	9,4	3,1	2,7	---	0,2	7,7	22,3	3,2	2,4	11,0	2,6
Рикс	4,2	9,0	5,4	9,5	2,9	2,8	0,2	---	7,9	22,2	3,4	2,6	10,8	2,4
СКЭНТ-3	3,7	16,9	13,3	1,7	10,8	5,0	7,7	7,9	---	30,0	4,5	5,3	18,7	10,3
Тобольская	26,4	13,1	16,8	31,7	19,2	25,0	22,3	22,2	30,0	---	25,5	24,8	11,4	19,8
Тюменская 25	0,8	12,4	8,8	6,2	6,3	0,5	3,2	3,4	4,5	25,5	---	0,8	14,2	5,8
Тюменская 29	1,6	11,6	8,0	7,0	5,5	0,3	2,4	2,6	5,3	24,8	0,8	---	13,4	5,0
Тюменская 33	15,0	1,8	5,4	20,3	7,9	13,7	11,0	10,8	18,7	11,4	14,2	13,4	---	8,4
Черныя 13	6,6	6,6	3,0	11,9	0,5	5,3	2,6	2,4	10,3	19,8	5,8	5,0	8,4	---

Продолжение таблицы В.30

	АВИАДа	Икар	Казахстанская 10	Лютесценс 70	Новосибирская 15	Новосибирская 31	Омская 36	Рикс	СКЭНТ-3	Тобольская	Тюменская 25	Тюменская 29	Тюменская 33	Чернява 13
Бактериоз														
АВИАДа	---	3,0	24,3	2,5	22,9	15,2	2,8	27,0	3,8	40,7	13,0	2,3	31,3	2,2
Икар	3,0	---	27,3	5,4	20,0	12,3	0,1	29,9	0,8	43,7	16,0	5,3	34,3	0,8
Казахстанская 10	24,3	27,3	---	21,8	47,2	39,5	27,1	2,7	28,1	16,4	11,3	22,0	7,0	26,5
Лютесценс 70	2,5	5,4	21,8	---	25,4	17,7	5,3	24,5	6,3	38,3	10,5	0,2	28,8	4,6
Новосибирская 15	22,9	20,0	47,2	25,4	---	7,7	20,1	49,9	19,1	63,6	35,9	25,2	54,2	20,8
Новосибирская 31	15,2	12,3	39,5	17,7	7,7	---	12,4	42,2	11,4	55,9	28,2	17,5	46,5	13,1
Омская 36	2,8	0,1	27,1	5,3	20,1	12,4	---	29,8	0,9	43,6	15,8	5,1	34,1	0,7
Рикс	27,0	29,9	2,7	24,5	49,9	42,2	29,8	---	30,8	13,8	14,0	24,7	4,3	29,1
СКЭНТ-3	3,8	0,8	28,1	6,3	19,1	11,4	0,9	30,8	---	44,5	16,8	6,1	35,1	1,6
Тобольская	40,7	43,7	16,4	38,3	63,6	55,9	43,6	13,8	44,5	---	27,7	38,4	9,4	42,9
Тюменская 25	13,0	16,0	11,3	10,5	35,9	28,2	15,8	14,0	16,8	27,7	---	10,7	18,3	15,2
Тюменская 29	2,3	5,3	22,0	0,2	25,2	17,5	5,1	24,7	6,1	38,4	10,7	---	29,0	4,5
Тюменская 33	31,3	34,3	7,0	28,8	54,2	46,5	34,1	4,3	35,1	9,4	18,3	29,0	---	33,5
Чернява 13	2,2	0,8	26,5	4,6	20,8	13,1	0,7	29,1	1,6	42,9	15,2	4,5	33,5	---
Плесень														
АВИАДа	---	2,6	35,3	9,8	10,0	6,5	12,1	6,2	8,3	35,3	13,4	6,3	24,4	10,1
Икар	2,6	---	37,9	12,4	7,3	9,1	14,7	8,8	10,9	37,9	16,0	8,9	27,0	12,7
Казахстанская 10	35,3	37,9	---	25,5	45,2	28,8	23,1	29,1	27,0	0,0	21,8	29,0	10,9	25,2
Лютесценс 70	9,8	12,4	25,5	---	19,7	3,3	2,4	3,6	1,5	25,5	3,7	3,5	14,6	0,3
Новосибирская 15	10,0	7,3	45,2	19,7	---	16,5	22,1	16,1	18,3	45,2	23,4	16,2	34,3	20,1
Новосибирская 31	6,5	9,1	28,8	3,3	16,5	---	5,6	0,3	1,8	28,8	6,9	0,3	17,9	3,6
Омская 36	12,1	14,7	23,1	2,4	22,1	5,6	---	5,9	3,8	23,1	1,3	5,9	12,2	2,0
Рикс	6,2	8,8	29,1	3,6	16,1	0,3	5,9	---	2,1	29,1	7,3	0,1	18,2	3,9
СКЭНТ-3	8,3	10,9	27,0	1,5	18,3	1,8	3,8	2,1	---	27,0	5,1	2,0	16,1	1,8
Тобольская	35,3	37,9	0,0	25,5	45,2	28,8	23,1	29,1	27,0	---	21,8	29,0	10,9	25,2
Тюменская 25	13,4	16,0	21,8	3,7	23,4	6,9	1,3	7,3	5,1	21,8	---	7,2	10,9	3,3
Тюменская 29	6,3	8,9	29,0	3,5	16,2	0,3	5,9	0,1	2,0	29,0	7,2	---	18,1	3,8
Тюменская 33	24,4	27,0	10,9	14,6	34,3	17,9	12,2	18,2	16,1	10,9	10,9	18,1	---	14,3
Чернява 13	10,1	12,7	25,2	0,3	20,1	3,6	2,0	3,9	1,8	25,2	3,3	3,8	14,3	---

Таблица В.31 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в показателях всхожести и баллах поражения проростков между семенами пшеницы, заражёнными разными болезнями

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

Признак		А	Ф	Г	Б	П
Всхожесть семян, урожай 2015 г.	А	---	47,7222222	47,6090147	69,6360153	23,2606838
	Ф	47,7222222	---	0,113207547	21,9137931	24,4615385
	Г	47,6090147	0,113207547	---	22,0270007	24,3483309
	Б	69,6360153	21,9137931	22,0270007	---	46,3753316
	П	23,2606838	24,4615385	24,3483309	46,3753316	---
Всхожесть семян, урожай 2016 г.	А	---	38,032241	47,3905594	43,4840067	12,0055283
	Ф	38,032241	---	9,35831843	5,45176572	26,0267128
	Г	47,3905594	9,35831843	---	3,90655271	35,3850312
	Б	43,4840067	5,45176572	3,90655271	---	31,4784785
	П	12,0055283	26,0267128	35,3850312	31,4784785	---
Балл поражения, проростков урожай 2015 г.	А	---	86,1111111	90,9365828	78,4818008	58,4380342
	Ф	86,1111111	---	4,8254717	7,62931034	27,6730769
	Г	90,9365828	4,8254717	---	12,454782	32,4985486
	Б	78,4818008	7,62931034	12,454782	---	20,0437666
	П	58,4380342	27,6730769	32,4985486	20,0437666	---
Балл поражения, проростков урожай 2016 г.	А	---	68,5821001	75,3184149	76,1178451	17,4111384
	Ф	68,5821001	---	6,73631485	7,53574505	51,1709617
	Г	75,3184149	6,73631485	---	0,799430199	57,9072765
	Б	76,1178451	7,53574505	0,799430199	---	58,7067067
	П	17,4111384	51,1709617	57,9072765	58,7067067	---

Примечание: А – альтернариоз, Ф – фузариоз, Г – гельминтоспориоз, Б – бактериоз, П – плесень хранения

Таблица В.32 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в содержании фузариозных зёрен между образцами пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области в 2015 г.

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

	Н	А	Я	О	И	Б
Н	---	8,1125	0,679166667	14,0791667	17,0625	23,4522059
А	8,1125	---	7,43333333	5,96666667	8,95	31,5647059
Я	0,679166667	7,43333333	---	13,4	16,3833333	24,1313725
О	14,0791667	5,96666667	13,4	---	2,98333333	37,5313725
И	17,0625	8,95	16,3833333	2,98333333	---	40,5147059
Б	23,4522059	31,5647059	24,1313725	37,5313725	40,5147059	---

Примечание: Н – Нижнетавдинский, А – Аромашевский, Я – Ялуторовский, О – Омутинский, И – Ишимский, Б – Бердюжский

Таблица В.33 – Результаты теста Kruskal-Wallis ANOVA при определении различий в содержании фузариозных зёрен между сортами яровой мягкой пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области (2015 г.)

Absolute Differences between Mean Rank Approx. significant if highlighted at .05 significance level

	АВИАДа	Ирень	Лютесценс 70	Казахстанская 10	Рикс	СКЭНТ-3	Тобольская	Икар	Тюменская 33	Ямальская	Сонетт	Тюменская 25	Чернява 13	Тюменская 29	Новосибирская 15	Омская 36	Ингала
АВИАДа	---	46	24	7	21	31	54	15	48	11	2	39	22	35	32	21	3
Ирень	46	---	23	53	25	15	8	31	1	35	44	7	25	11	14	25	49
Лютесценс 70	24	23	---	31	2	7	31	9	24	13	22	16	2	12	8	2	26
Казахстанская 10	7	53	31	---	28	38	61	22	55	18	9	46	29	42	39	28	5
Рикс	21	25	2	28	---	10	33	6	26	10	19	18	0	14	11	0	24
СКЭНТ-3	31	15	7	38	10	---	23	16	17	20	29	8	9	4	1	9	33
Тобольская	54	8	31	61	33	23	---	39	7	43	52	15	33	19	22	33	57
Икар	15	31	9	22	6	16	39	---	33	4	13	24	7	20	17	6	17
Тюменская 33	48	1	24	55	26	17	7	33	---	37	46	9	26	12	16	26	50
Ямальская	11	35	13	18	10	20	43	4	37	---	9	28	11	24	21	10	13
Сонетт	2	44	22	9	19	29	52	13	46	9	---	37	20	33	30	19	4
Тюменская 25	39	7	16	46	18	8	15	24	9	28	37	---	18	4	7	18	42
Чернява 13	22	25	2	29	0	9	33	7	26	11	20	18	---	14	10	0	24
Тюменская 29	35	11	12	42	14	4	19	20	12	24	33	4	14	---	3	14	38
Новосибирская 15	32	14	8	39	11	1	22	17	16	21	30	7	10	3	---	11	34
Омская 36	21	25	2	28	0	9	33	6	26	10	19	18	0	14	11	---	24
Ингала	3	49	26	5	24	33	57	17	50	13	4	42	24	38	34	24	---

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Справки о внедрении результатов исследования и диплом лауреата

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
 Федеральный исследовательский центр
 Тюменский научный центр
 Сибирского отделения Российской академии наук
 филиал
 Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
 Северного Зауралья

Российская Федерация,
 Тюменский район, п. Московский
 ул. Бурлаки д.2

Телефон: (3452) 76-40-54;76-42-59
 Факс: (3452) 76-40-54
 E-mail: gnu_niicx@mail.ru

ИНН 7202004498 КПП 722443002БИК 047102001ОКПО 16398996

Отделение Тюмень г. Тюмень р/счет 40501810165772500002

ИСХ. No. 199
 «АВ» 10 2024 г.

Утверждаю:
 и.о. директора
 НИИСХ Северного Зауралья-
 филиал ТюмНЦ СО РАН


Ярославцев А.А. Ярославцев
 «10» октября 2024 г.

СПРАВКА

дана Земцовой Елене Сергеевне в том, что ею в условиях таёжной зоны (Тобольский район Тюменской обл.) изучено 22 генотипа конкурсного сортоиспытания лаборатории селекции пшеницы НИИСХ Северного Зауралья. На основании исследований ею детализированы особенности проявления у них периода вегетации, продуктивности и составляющих её элементов, иммунности к распространённым патогенам. Рекомендованные ею в качестве источников для селекции на озёрность и массу зерна с колоса генотипы – Икар, СКЭНТ-3, АВИАДа, Тюменская 30, Laban (Норвегия); крупности зерна – Рикс, Казахстанская 10, АВИАДа; выносливость к бурой ржавчине – Серебряна, Рикс (несущие гены пырея сизого) и Терция (Курган); мучнистой росе – Тюменская 27, Тюменская 29, Тюменец 2 (АД), Krbat (Норвегия); фузариозу колоса – Тюменская 25, Тюменец 2 (АД), Тюменская 27, Тюменская 29, Лютесценс 70, Тюменская 30, Тюменская 31, Тюменская 32, Тюменская 33, CN 06600 (Норвегия) включены в рабочую коллекцию и используются в гибридизации при выполнении системных скрещиваний (топкросс) и беккроссировании. В 2024 году, в старших питомниках: КП (221 шт.), ПСИ (44), КСИ (52 шт.) в изучении находилось 63 %, 73 % и 54 % генотипов, созданных с участием вышеназванных сортов. Лучшей сортообразующей способностью выделяются: Лютесценс 70, Казахстанская 10, АВИАДа, Тюменская 29, Тюменская 27, Тюменская 25 и Терция. Они, как хорошо адаптированные к местным условиям широко используются в беккроссировании В₁-В₄. Из данного набора сортов восемь зарегистрированы Госкомиссией: Казахстанская 10, СКЭНТ-3, АВИАДа,

Икар, АВИАДа, Рикс, Тюменская 29 (ст.), Тюменская 25 (ст.) (Западная Сибирь, Зауралье, Предуралье, Казахстан, Киргизия). С участием генетической плазмы Казахской 10 созданы широко распространенные сорта: Икар (Тюмень), Башкирская 26, Уяровка, Курагинская (Красноярск); Лютесценс 70 в родословной Тюменская 29. В ГСИ изучаются полученные с участием Тюменской 29 – Кристина, и с Тюменской 25 – Сибирячка 2.

Представленные Земцовой Е.С. экспериментальные данные по изученным сортам представляют научный интерес и используются при обосновании подбора исходных форм для создания адаптированных к местным условиям генотипов, выносливых к абиотическим факторам среды, с зерном высокого качества. Они также используются при разработке элементов технологий возделывания создаваемых сортов для агроклиматических условий Зауралья.

Ведущий научный сотрудник лаборатории
селекции пшеницы НИИСХ СЗ-филиал
ТюмНЦ СО РАН, кандидат с.-х. наук,
Заслуженный агроном РФ



В.В. Новохатин

Подпись Новохатина Владимира Васильевича
Удостоверено

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ
ПО КАДРАМ
И. В. ПАВЛУЧЕНКО

28.10.2024



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Председателя
Правления по науке
ТОО «Научно-производственный
центр зернового хозяйства
им. А.И. Бараева»
Долинный Ю.Ю.



[Handwritten signature]
 «17» _____ 2024 г.

Справка
об использовании в селекционном процессе
ТОО «НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева» сортов яровой мягкой пшеницы

В период с 2018 по 2022 года на полевых стационарах ТОО «Научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И. Бараева» изучались 9 сортов яровой мягкой пшеницы: Казахстанская 10, Лютесценс 70, Икар, СКЭНТ-3, Авиада, Омская 36, Рикс, Тюменская 25, Тюменская 29, полученные от Земцовой Е.С.

В ходе экологического сортоиспытания проведена сравнительная оценка переданных сортов с сортами местной казахстанской селекции по признакам продуктивности и качества зерна.

В питомниках гибридизации сорта яровой мягкой пшеницы были включены в селекционный процесс в качестве исходного материала с учетом данных (полученных Земцовой Е.С.) об устойчивости к болезням - фузариозу колоса и зерна, бурой ржавчине и мучнистой росе.

Ведущий научный сотрудник,
 лаборатории биохимии и технологической
 оценки качества с/х культур, к.б.н.

[Handwritten signature]
 Утебаев М.У.

021601 Казахстан, Акмолинская обл.,
 п. Шортанды-1, ул. Бараева, 15
 E-mail: tsenter-zerna@mail.ru
 Тел.: +7 (71631) 2 30 29

ИП Глава К(Ф)Х
Прокопьев А.А.
Армизонского района Тюменской области

Справка
об использовании материалов издания
«Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области»

Научно-методические материалы, представленные в Атласе, служат руководством при диагностике болезней зерновых культур, оценки их вредоносности, прогнозе возможных потерь урожая и организации защитных мероприятий.

О достоинстве Атласа свидетельствуют оригинальные фотографии симптомов болезней растений и идентификации возбудителей на основе микроскопирования.

Приведенные сведения об устойчивости сортов позволяют выстроить наиболее оптимальную структуру посевов, позволяющую снизить инфекционную нагрузку.

Прокопьев А.А. 02.10.2024г.



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
Лаборатория микологии и фитопатологии



СПРАВКА

Коллекция чистых культур фитопатогенных грибов, созданная на базе лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР и являющаяся частью Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей (VIZR), пополнена 30 культурами (моноспоровые изоляты) микромицетов рода *Fusarium*, выявленных Земцовой Е.С. и Колоколовой Н.Н. в агроэкосистемах Тюменской области (Приложение). Фузариевые грибы выделены из пораженных частей растений яровой мягкой пшеницы, преимущественно из семян сортообразцов пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках Тюменской области, расположенных в четырех природно-климатических зонах региона – тайги, подтайги, северной и южной лесостепи.

Кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник

Гагкаева Татьяна Юрьевна

196608 Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3
e-mail: t.gagkaeva@mail.ru
Тел.: +7 (812) 470-51-10

Гагкаева - Т.Ю. Гагкаева



УТВЕРЖДАЮ

Директор Школы компьютерных
наук, проректор
Тюменского государственного
университета

Е.П. Вдовин

17.05. 2024

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационного исследования
Е.С. Земцовой в учебном процессе «Иммунологическая оценка сортов яровой
мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) во взаимосвязи с продуктивностью в
агроклиматических условиях Тюменской области»

Результаты диссертационного исследования Е.С. Земцовой используются в учебном процессе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» в качестве фотоматериалов, графических данных и репрезентативного материала по дисциплинам: «Биоразнообразие фитопатогенных грибов», «Болезни зерновых культур», «Грибы и безопасность продуктов питания», «Экология микроорганизмов» при подготовке аспирантов по направлению 06.06.01 – Биологические науки (микология, экология (биология)); «Биотехнология микроорганизмов», «Адаптивный потенциал и повышение резистентности растений», «Биотехнология в селекции растений» – магистрантов по направлению 06.04.01 Биология (магистерская программа Биотехнология); «Фитопатология» – бакалавров по направлению 35.03.10 – Ландшафтная архитектура; «Генетические ресурсы растений» (Мастерская).

Практическую ценность для углубленного изучения культурно-морфологических признаков токсигенных грибов на лабораторных занятиях представляет коллекция чистых культур фитопатогенов, выделенных автором из семенного материала сортов яровой мягкой пшеницы разных агроэкологических зон Тюменской области, а также гербарные образцы растений пшеницы с симптомами поражения.

Опубликованное учебное пособие «Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области» (в соавторстве) предназначено для непосредственного использования в учебном процессе аспирантов и студентов биологических и сельскохозяйственных специальностей (лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа, научные исследования), рекомендовано специалистам в области патологии и защиты растений от вредных организмов, селекционерам, работникам Государственных сортоиспытательных участков, селекционерам, фермерам, производителям химических средств защиты растений, био- и нанопрепаратов. Разработка по атласу представлена на заседании Научно-технического совета ТюмГУ и рекомендована Сибирскому отделению РАН для подготовки ежегодного доклада РАН Президенту РФ и в Правительство РФ за 2023 год.

Заведующий кафедрой ботаники,
биотехнологии и ландшафтной
архитектуры, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор

 Боме Нина Анатольевна

Директор Школы естественных наук,
кандидат химических наук



Елышев Андрей Владимирович

