

На правах рукописи

**ЗЕЛЕНЕВА ЮЛИЯ ВИТАЛЬЕВНА**

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ  
ОТ ВРЕДНОСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ  
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОГО РЕГИОНА**

**Шифр и наименование научной специальности  
06.01.07 - защита растений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора биологических наук

Пушкин - Санкт-Петербург, 2019

Диссертационная работа выполнена в Среднерусском филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина» (Среднерусский филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»), и в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР).

**Научный консультант:** **Афанасенко Ольга Сильвестровна**, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, заведующая лабораторией иммунитета растений к болезням, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»

**Официальные оппоненты:** **Плотникова Людмила Яковлевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО "Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина"

**Радченко Евгений Евгеньевич**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом генетики ФГБНУ «Федерального исследовательского центра Всероссийский научно-исследовательский институт генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова»

**Сибикеев Сергей Николаевич**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории генетики и цитологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко"

Защита диссертации состоится 21 марта 2019 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01., созданного на базе Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений по адресу: 196608, г. Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3, тел./факс (812) 470-51-10, e-mail: [info@vizr.spb.ru](mailto:info@vizr.spb.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ВИЗР и на сайте [vizr.spb.ru](http://vizr.spb.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
канд. биол. наук

Наседкина Галина Анатольевна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Центральнo-Чернозёмный регион относится к основным сельскохозяйственным районам страны. Более 80% всей территории составляют сельскохозяйственные угодья, в том числе пашни - почти 70%. Поэтому рост сельскохозяйственного производства здесь основывается не на расширении, а на интенсификации имеющихся сельскохозяйственных угодий. Посевная площадь региона около 11 млн. га, зерновыми культурами занято более 50% площади. Развитие агропромышленного комплекса признано приоритетным направлением развития региона [Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. № 922 «О федеральной целевой программе "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы"»].

Агропромышленный комплекс представлен производством зерновых (пшеница, рожь, ячмень, кукуруза), технических, масличных культур (сахарная свёкла, подсолнечник) и плодоводством. Урожайность озимой пшеницы за последние пять лет в среднем по региону составила 48,6 ц/га, яровой пшеницы - 28,4 ц/га.

Среди большого числа болезней, поражающих пшеницу в Центральнo-Чернозёмном регионе, наиболее распространённым и вредоносным является септориоз, бурая ржавчина, мучнистая роса, пыльная и твёрдая головня.

Общеизвестно, что наиболее оправданным во всех отношениях (экономическом, организационно-хозяйственном и экологическом) методом контроля эпифитотийного развития болезней является возделывание устойчивых сортов.

**Цель работы** - биологическое обоснование оптимизации фитосанитарного состояния пшеничных агроценозов в Центральнo-Чернозёмном регионе Европейской части России за счёт использования генетических потенциалов устойчивости пшеницы к болезням.

Для выполнения намеченной цели были поставлены следующие задачи:

1) изучить видовое разнообразие возбудителей болезней на районированных в ЦЧР сортах пшеницы;

2) охарактеризовать структуру популяций основных патогенов, формирующихся на районированных в ЦЧР сортах пшеницы по морфолого-культуральным свойствам, вирулентности и агрессивности;

3) выявить влияние районированных сортов и агроклиматических факторов на формирование популяций возбудителей болезней;

4) создать коллекцию высокоэффективных, экологически пластичных источников для селекции пшеницы на специфическую и неспецифическую устойчивость к септориозу, бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе, пыльной и твёрдой головне в условиях ЦЧР;

5) с использованием ДНК-маркёров идентифицировать генетические детерминанты устойчивости к возбудителям бурой ржавчины у сортов и образцов из созданной коллекции;

6) создать доноры групповой устойчивости пшеницы к возбудителям грибных болезней методами традиционной селекции и отборов с использованием методов маркёр-вспомогательной селекции.

**Научная новизна.** Впервые, по показателям интенсивности поражения пшеницы и частоте встречаемости изолятов, установлено соотношение видов патогенного комплекса, вызывающих септориоз озимой и яровой пшеницы в

Центрально-Чернозёмном регионе РФ. Доминирующим видом является *Septoria tritici* Rob. et. Desm., частота встречаемости которого в среднем за 8 лет (2010 – 2017 г.г.) составила 84,8%. Выявлены корреляционные зависимости доминирования в популяции *S. tritici* определённого морфотипа от жизненной формы сорта-хозяина, температуры и влажности в период вегетации растений.

Впервые в Центрально-Чернозёмном регионе выявлена гетерогенность популяции *S. tritici* по признаку вирулентности на наборе из шести моногенных линий пшеницы (гены *Stb1-5*, *Stb7*). Определены доминирующие фенотипы вирулентности. Ни один из *Stb*-генов данного набора не обеспечивал эффективную защиту от болезни.

Впервые в условиях ЦЧР в результате скрининга 1604 сортообразцов яровой пшеницы зарубежной и отечественной селекции и образцов из Мировой коллекции ВИР на искусственных инфекционных фонах отобраны 162 источника устойчивости к септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне. Определён тип устойчивости для 30 сортов и образцов яровой мягкой пшеницы, из них 9 образцов обладали вертикальной устойчивостью к бурой ржавчине. На основании показателей площади под кривой развития болезни, латентного периода и индекса устойчивости определены доноры неспецифической устойчивости к бурой ржавчине - 21 сортообразец мягкой пшеницы.

Определён характер наследования признака устойчивости к *S. tritici* и *P. triticina* у 34 сортов и селекционных линий с комплексом хозяйственно-ценных свойств.

В результате скрининга с использованием молекулярных маркёров у 79 сортов и образцов пшеницы, в том числе созданных в Среднерусском филиале ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина, выявлено наличие генов, контролирующих устойчивость к бурой ржавчине *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr34*, *Lr1*, *Lr10*, *Lr20*, *Lr26* и отсутствие *Lr21*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr37*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr50*.

#### **Теоретическая и практическая значимость исследований.**

Ценность работы заключается в изучении механизмов генетической устойчивости пшеницы к экономически значимым болезням: септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне. На основании изучения видового состава возбудителей болезней пшеницы обоснована необходимость создания исходного материала для селекции пшеницы на устойчивость к доминирующему на всех жизненных формах пшеницы виду *Septoria tritici*. Обоснован качественный состав инокулюма септориоза и бурой ржавчины, обеспечивающий объективную иммунологическую оценку пшеницы. Нарботан биоматериал для проведения иммунологических исследований.

Систематически размножается и поддерживается в биологической чистоте набор сортов-дифференциаторов и моногенных линий, необходимых для изучения вирулентности популяций возбудителей особо опасных болезней зерновых колосовых культур (бурая ржавчина, септориоз).

Установлено, что в полевых условиях устойчивость пшеницы к бурой ржавчине будет обусловлена наличием в генотипе растений генов, отвечающих за ювенильную устойчивость: *Lr9*, *Lr19*, *Lr19+25*, *Lr24*, *Lr38*, *Lr39* (= *Lr41*), *Lr43*, *Lr42*, *Lr47*, *Lr49*. Так как в популяции бурой ржавчины выявляются вирулентные изоляты к линиям с генами *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr38*, для создания сортов с длительной устойчивостью рекомендуется сочетать в одном сорте эффективные и частично эффективные гены, а также объединять в одном сорте гены с раснеспецифической

устойчивостью. Использование генов *Lr28*, *Lr44*, *LrW* (= *Lr52*) позволит обеспечить защиту на более поздних этапах онтогенеза пшеницы.

Моногенное наследование по типу полного доминирования к септориозу установлено у двух селекционных линий: (Новосибирская 15 × Л 144) и Эстивум 476; моногенное наследование по типу неполного доминирования у сорта Лубнинка. Комплементарный характер наследования к септориозу проявили две линии: к-54049, Австралия; Лютесценс 558. У сортообразцов Удача, Лютесценс 620, Эстивум 59 признак устойчивости к септориозу передаётся по типу дигенного наследования: 1 доминантный, 1 рецессивный гены. У пяти линий: Терция, Сибирская 155, Тулайковская 10, Эстивум 529, Новосибирская 44 - выявлено дигенное наследование по типу полного доминирования. Рецессивный характер наследования признака устойчивости к септориозу был обнаружен у четырёх образцов: Лютесценс 599; Эстивум 614 и др.

Ингибирование экспрессии генов устойчивости (дигетерозиготы менее устойчивы к септориозу, чем исходные линии) наблюдали в скрещиваниях  $P_1$ : RL-9-1-2 (10%) × Лютесценс 537 (20%), степень поражения гибридов  $F_1$  септориозом составила 40%;  $P_1$ : Гп-6 (10%) × Эстивум 520 (15%),  $F_1$  - 60%;  $P_1$ : Гп-6 (10%) × Эстивум 61 (10%),  $F_1$  - 80%;  $P_1$ : (Новосибирская 15 × Л 144) (20%) × 33907-1-2, Колумбия (30%),  $F_1$  - 40%.

Аддитивное взаимодействие генов проявилось в трёх скрещиваниях  $P_1$ : Удача × 34267-3-15, США;  $P_1$ : Новосибирская 44 × 33809-7-13, Мексика;  $P_1$ : Новосибирская 44 × 33907-1-2, Колумбия.

Проведённый гибридологический анализ по установлению закономерности наследования признака устойчивости пшеницы к бурой ржавчине 22 комбинаций скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) и восприимчивых и 15 комбинаций скрещиваний устойчивых и устойчивых к патогену сортообразцов пшеницы позволяет предположить, что устойчивость к бурой ржавчине носит доминантный и рецессивный характер наследования. Расщепление по устойчивости соответствует преимущественно моногенному и дигенному наследованию.

У 6 сортообразцов: Новосибирская 44 (*Lr9*, *Lr10*); Удача (*Lr9*); к-54049, Австралия; Лютесценс 599; и др. - предположено моногибридное наследование с полным доминированием. У сорта Сибирская 155 - комплементарное взаимодействие генов. У двух сортов: Тулайковская 10, Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Прохоровка) и четырёх гибридных линий: (Новосибирская 15 × Л 144); Лютесценс 620 (*Lr9*); Эстивум 59 и Эстивум 476 (*Lr19*, *Sr25*) - дигенное наследование: 1 доминантный и 1 рецессивный гены. Дигенное наследование по типу полного доминирования предположено у трёх образцов: Лютесценс 558 (*Lr19*, *Sr25*); Эстивум 614 и др. и сорта Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Воронежская 6). Рецессивный характер наследования устойчивости к бурой ржавчине имели три гибридные линии: к-30304, Австралия и др. Наблюдалось аддитивное взаимодействие генов при пяти скрещиваниях:  $P_1$ : RL-9-1-2 × Эстивум 520;  $P_1$ : RL-9-1-2 × Лютесценс 537 (*Lr19*, *Sr25*) и др.

Выявлен 21 сортообразец мягкой пшеницы, обладающий неспецифической устойчивостью и 9 образцов, обладающих вертикальной устойчивостью к бурой ржавчине.

На искусственных инфекционных фонах из 1604 образцов пшеницы отобраны 162 источника устойчивости, наиболее адаптированных к зональным условиям: 135

- к бурой ржавчине, 62 - к септориозу, 77 - к пыльной головне, 18 - к твёрдой головне. Особой ценностью обладают образцы с комплексной устойчивостью к двум и более патогенам.

Из питомников предварительного и конкурсного испытаний на искусственном инфекционном фоне выделено восемь номеров мягкой пшеницы (гибриды F<sub>5</sub> и выше) с групповой устойчивостью к эпифитотийно опасным болезням (септориоз, бурая и стеблевая ржавчины, пыльная и твёрдая головня): 43/10/, 1375/08/, 1452/08/, 1487/08/, 1887/08/, 2017/08/, 2034/08/, 2891/09/.

Устойчивые сорта и линии разосланы для использования в селекции в научных селекционных учреждениях:

- ФГБНУ Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции;
- ФГБНУ Научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока;
- ФГБНУ Научно-исследовательского института Центрально-Чернозёмной полосы имени В.В. Докучаева.

В 2014 и 2017 г.г. в коллекцию ВИР были переданы 25 линий мягкой пшеницы, обладающих устойчивостью к септориозу, бурой ржавчине, мучнистой росе, пыльной и твёрдой головне в условиях ЦЧР.

#### **Методология и методы исследования.**

Методологической основой диссертационной работы являлся системный анализ в планировании и проведении исследований в области защиты растений, фитопатологии и микологии. При выполнении лабораторных и полевых экспериментов применялся комплексный подход, использовались как общепринятые, так и оригинальные методы исследований. В качестве теоретической и информационной базы диссертационного исследования использовались научные труды и разработки ведущих отечественных и зарубежных авторов, материалы конференций, электронные ресурсы, данные официальных организаций. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакетов прикладных компьютерных программ Microsoft Office Excel 2010 и STATISTIKA 6.0 for Windows.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Диссертационная работа обобщает результаты полевых и лабораторных исследований (2005 по 2018 гг.) по обоснованию оптимизации фитосанитарного состояния пшеничных агроценозов на территории ЦЧР. Диссертационная работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы Раздел 10 «10.4. Растениеводство»: Подраздел 150 «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно-ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам». Тема: «Создать новые высокоэффективные источники и доноры яровой пшеницы с групповой устойчивостью к стрессовым факторам среды биотического характера (бурая ржавчина, септориоз, пыльная и твёрдая головня, скрытостебельные вредители)» (0646-2014-0208); в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы. Раздел 10 «10.6. Защита и биотехнология растений»: Подраздел 154 «Молекулярно-биологические и нанобиотехнологические методы молекулярной селекции, ускоряющие

целенаправленное создание новых форм, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур с повышенной урожайностью и качеством продукции, устойчивостью к вредным организмам и неблагоприятным факторам среды». Тема: «Пополнить базу данных патогенных свойств популяций возбудителей особо вредоносных болезней пшеницы и ячменя» (0646-2014-0218).

Проведённые исследования были профинансированы по программам ГНТП и программе фундаментальных и приоритетных прикладных исследований РАСХН, а также по договору № 11-2010-НК на выполнение научно-исследовательских работ по Государственному контракту № П326 от 07.04.2010 г. по проблеме: «Иммунологическое и генетическое обоснование селекции сельскохозяйственных растений на устойчивость к эпифитотийно опасным грибным микроорганизмам в условиях ЦЧР»; «Грантов для проведения прикладных исследований молодых учёных 2012 года» (Приказ управления образования и науки области от 11.11.2011 г. № 2857, название проекта «Разработка иммуногенетического контроля развития особо опасных болезней пшеницы (септориоза) в условиях Тамбовской области», срок выполнения 2011-2012 гг.); проекта № 14-34-50290 «Изучение структуры популяций возбудителей болезней пшеницы по морфолого-культуральным признакам и вирулентности в ЦЧР в 2014 сельскохозяйственном году», РФФИ 2014 г.

Достоверность результатов исследований подтверждается статистической обработкой полученных данных, широким обсуждением их в печати и на научных кворумах разного уровня. По материалам диссертации опубликовано 128 научных работ, в том числе 40 работ в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 1 монография, 15 учебно-методических пособий и методических рекомендаций. Экспериментальные данные, представленные в работе, получены лично соискателем и в результате совместных исследований, что отражено в соавторстве публикаций.

Результаты исследований были доложены на Втором Всероссийском съезде по защите растений «Фитосанитарное оздоровление экосистем». 5-10 декабря 2005 г., Санкт-Петербург; Всероссийской научной конференции «Проблемы стратегии регионального развития». 16 марта 2006 г., Тамбов; Международной научно-практической конференции «Проблемы биологии, экологии и образования: история и современность». 22-24 мая 2006 г., Санкт-Петербург; Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем». Краснодар, 2006; Научно-практической конференции «Современные проблемы отрасли растениеводства и их практические решения». 23 марта 2007 г., Мичуринск; II Вавиловской Международной конференции «Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке; состояние, проблемы, перспективы». 26-30 ноября 2007 г., Санкт-Петербург; Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы иммунитета и защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей». Одесса, 2007; Международной научно-практической конференции «Биотехнология в Казахстане: проблемы и перспективы инновационного развития», посвящённой 50-летию научно-исследовательского института проблем биологической безопасности. 19-22 мая 2008 г., Алматы; Международной II Вавиловской научно-практической конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам». Санкт-Петербург, 2008; Региональной научно-практической конференции «Зональные особенности научного обеспечения

сельскохозяйственного производства Юго-Востока России». Саратов, 2009; Международной научно-методической конференции «Современные проблемы эволюционной биологии» (к 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина и 150-летию выхода в свет «Происхождения видов»). Брянск, 2009; Научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса Поволжья и сопредельных регионов», посвящённой 100-летию Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Пенза, 2009; Третьей Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг природных экосистем». Пенза, 2009; Научно-практической конференции молодых учёных «Молодые учёные - агропромышленному комплексу Поволжья». 15-17 февраля 2010 г., Саратов; 14 Международной Пущинской школе-конференции молодых учёных. Наука XXI века. Москва; Пущино, 2010; Научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в современных условиях». Июль, 2010, Пенза; Международной Пущинской школе-конференции молодых учёных. Наука XXI века. Москва; Пущино, 2011; 16 Международной Пущинской школе-конференции молодых учёных. Биология. Наука XXI века. Пущино, 2012; Международной научно-практической конференции, посвящённой 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова «Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика». 17-21 июля 2012 г., Большие Вязёмы Московской области; Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в условиях изменяющегося климата», посвящённой 100-летию со дня образования ГНУ Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии. Тамбов, 2012; Международной научно-практической конференции «Тритикале и его роль в условиях нарастания аридности климата». Секция тритикале отделения растениеводства РАСХН. Ростов-на-Дону, 2012; Третьей Всероссийской и Международной конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам». 23-26 октября 2012 г., Санкт-Петербург; Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 140-летию Г.К. Мейстера «Инновационное развитие АПК в России». 12-13 марта 2013 г., ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии, Саратов; Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. 18-19 марта 2014 г., Саратов; Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии применения биологических средств защиты растений в производстве органической сельскохозяйственной продукции». Краснодар, 2014; Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов «Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы (посвящается 140-летию со дня рождения Н.М. Тулайкова)». ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов, 2015; Международной научно-практической конференции «Наука: прошлое, настоящее, будущее». 20 мая 2015 г., Уфа; Международной научно-практической конференции «Медико-биологические и психологические аспекты здоровья человека». 22 мая 2015г., Тамбов; Международной конференции с элементами научной школы для молодых учёных, аспирантов и студентов «Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений». 24-27 ноября 2015 г., Большие Вязёмы, Москва; Международной научно-практической конференции молодых учёных и



специалистов «Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве (посвящается 130-летию со дня рождения А.П.Шехурдина)». 24-25 марта 2016 г., ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов; II International scientific conference, Scientific achievements of the third millennium. 30 April 2016, Chicago; XI International research and practice conference «Science and Education». 6-7 April 2016, Germany, Munich; Международной научно-практической конференции СО РАН, ФГБНУ СибНИИСХ «Селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам». 19-21 июля 2016г., Омск; IV International scientific conference «Scientific achievements of the third millennium». 15 October 2016, Los Angeles; IV Международной конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам», 11-13 октября 2016 г., СПб.: ФГБНУ ВИЗР; Всероссийской научно-практической интернет - конференции молодых учёных и специалистов с международным участием, посвящённой 130-летию со дня рождения Р.Э. Давида «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция». 14-15 апреля 2017 г., г. Саратов; XXVIII Международной научно-практической конференции «Тенденции развития науки и образования», 31 июля 2017 г., г. Самара; Международной научной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль», 13-17 ноября 2017 г., Большие Вязёмы, Московская область; Всероссийской научно-практической интернет - конференции молодых учёных и специалистов с международным участием, посвящённой 140-летию со дня рождения Е.М. Плачек «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция». 26-28 февраля 2018 г., г. Саратов.

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

1. Изменчивость популяции *Septoria tritici* по морфолого-культуральным и вирулентным свойствам и *Puccinia triticina* по вирулентности под влиянием биотических и абиотических факторов среды в условиях Центрально-Чернозёмного региона РФ.

2. Коллекция источников расоспецифической и неспецифической устойчивости яровой пшеницы, в том числе обладающих групповой и комплексной устойчивостью к септориозу, бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе, пыльной и твёрдой головне и доноров с идентифицированными генами устойчивости.

3. Гибриды яровой пшеницы, сочетающие различный уровень специфической и неспецифической устойчивости к распространённым в зоне возбудителям болезней с ценными хозяйственными признаками для осуществления генетической защиты от вредоносных болезней в условиях ЦЧР.

**Личный вклад автора.** Определение проблемы, постановка цели и выполнение задач исследований, разработка программы исследований, обеспечение их выполнения, получение основного объёма экспериментальных данных (проведение фитопатологического мониторинга, создание гибридного фонда, проведение гибридизаций, селекционных отборов и лабораторных микробиологических исследований), осуществление анализа и обобщения экспериментальных данных, математическая обработка результатов, участие в практической реализации результатов исследований, написании научных статей, участие в научных съездах и конференциях выполнены лично автором. Помощь и участие сотрудников в выполнении исследовательской работы отражены в совместных публикациях.

**Структура и объём работы.** Работа состоит из введения, шести глав, заключения, практических предложений, списка цитируемой литературы и приложений, содержит 473 страницы машинописного текста, 86 таблиц (из них 23 даны в Приложениях) и 31 рисунок (из них 1 в Приложениях). Список использованной литературы включает 729 источников, из них 384 - на русском языке.

**Благодарности.** Считаю своим долгом выразить глубокую и искреннюю благодарность всем сотрудникам и техническим помощникам коллективов лабораторий Среднерусского филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» за участие в проведении многочисленных полевых и лабораторных исследований, особенно старшим научным сотрудникам лаборатории иммунитета растений к.б.н. В.В. Плахотнику, к.с.-х.н. В.П. Судниковой, старшему научному сотруднику лаборатории патофизиологии к.с.-х.н. В.В. Чекмарёву, во многом определившим направление исследований, об участии и помощи которых я вспоминаю с чувством большой признательности. Благодарю ведущего научного сотрудника лаборатории микологии и фитопатологии им. А.А.Ячевского ФБГНУ ВИЗР к.б.н. Е.И. Гулятьеву, помогавшую в разные годы в проведении исследований по определению генов устойчивости с использованием молекулярных маркёров. Выполнению работы в значительной мере содействовали помощь и консультации д.б.н., академика О.С. Афанасенко (ВИЗР), которой приношу свою особую благодарность и искреннюю признательность.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности и апробация результатов, личный вклад автора, состав и структура диссертационной работы.

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

В главе освещаются механизмы устойчивости пшеницы к возбудителям эпифитотийно опасных микозных болезней. Приводятся данные по характеристике патогенного комплекса грибов-микромикетов, возбудителей опасных и особо опасных болезней пшеницы в Российской Федерации, биологическим особенностям возбудителей особо опасных микозных болезней пшеницы: септориоза, бурой ржавчины, пыльной и твёрдой головни. Приведён обзор результатов по определению генетической детерминации устойчивости пшеницы к болезням (механизмы конституционального иммунитета пшеницы к фитопатогенам, идентифицированные гены устойчивости пшеницы, генетический контроль неспецифической устойчивости пшеницы к бурой ржавчине).

### **ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Среднерусский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина», на базе которого проводились лабораторные и полевые исследования, расположен на территории Тамбовской области. Для полевых экспериментов использовался опытный участок. Он размещался на равнинном пониженном месте, окружённом защитными лесополосами.

В период проведения исследований погодные условия значительно изменялись по годам и не всегда были благоприятными для развития растений и формирования хорошего урожая пшеницы. За время исследований отмечены отклонения количества осадков, выпавших в период вегетации, и в целом за год от

среднемноголетних значений. Наибольшей влагообеспеченностью в вегетационный период характеризовались 2012, 2014 и 2015 годы. Экстремально жаркая и сухая погода установилась в летний период 2010 года, когда выпало рекордно низкое количество осадков - в 2,5 раза ниже средних многолетних показателей. Воздушная и почвенная засуха с третьей декады июня и до середины августа сопровождалась экстремально высокими температурами воздуха.

Озимая пшеница, как и озимая рожь, является основной продовольственной культурой области. По данным Управления сельского хозяйства Тамбовской области, ежегодно эти две культуры занимают не менее 18% всей посевной площади. Погодные условия являются благоприятными для формирования урожая озимых на большей части территории.

По данным Управления сельского хозяйства Тамбовской области, ранние яровые зерновые культуры занимают около 29% общей посевной площади. Это преимущественно яровая пшеница, яровой ячмень и овёс. Условия произрастания яровой пшеницы на территории области вполне благоприятны, однако в отдельные годы условия вегетации бывают напряжёнными из-за недостаточной влагообеспеченности, что требует применения агротехнических приёмов, направленных на накопление и сохранение влаги в почве. Посев яровой пшеницы в оптимальные сроки также является важным резервом повышения урожайности.

Материалом для исследования служили:

- 1) сортообразцы из коллекций районированных и допущенных к возделыванию на территории ЦЧР сортов пшеницы, международного питомника (СИММУТ), национальных питомников США, Бразилии, Эфиопии, России и др., регионального питомника лаборатории иммунитета Среднерусского филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина»;
- 2) гибриды яровой пшеницы первого, второго и последующих поколений;
- 3) инбредные линии яровой пшеницы.

Объектом исследований были моноспоровые изоляты септориоза, бурой ржавчины, изоляты пыльной и твёрдой головни, выделенные с поражённых растений сортов яровой и озимой пшеницы, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений и допущены к использованию в Центрально-Чернозёмном районе (5 регион районирования).

Для проведения диссертационных исследований использовались стандартные методики отечественных и зарубежных учёных в области защиты растений, фитопатологии и микологии. Сбор поражённых образцов пшеницы осуществляли во время маршрутных обследований посевов зерновых в пяти областях ЦЧР (Липецкой, Тамбовской, Курской, Воронежской и Белгородской). Планировали маршрут заранее так, чтобы вся территория была равномерно обследована. Инфекционный материал собирали на производственных посевах и на посевах селекционных учреждений в соответствии с методическими рекомендациями [Методика учёта и прогноза развития вредителей и болезней полевых культур в Центрально-Чернозёмной полосе, под редакцией Лахидова, 1976; Санин, 2002].

Микологические опыты проводили в специально оборудованных помещениях [Пидопличко, 1978; Санин, 2002]. Посев *Septoria tritici* на питательную среду осуществляли в стерильном боксе [Санина, 1991; Санина, Анциферова, 1989, 1991; Зеленева и др., 2011; Плахотник и др. 2013]. Интенсивность споруляции в культуре определяли на 30 день, согласно разработанной методике Г.В. Пыжиковой и соавторов [Пыжикова и др., 1988]. Вирулентность септориоза определяли в

лабораторных условиях, используя метод оценки на изолированных листьях пшеницы [Пыжикова, Карасева, 1985; Санина, Анциферова, 1991; Судникова и др., 2011; Зеленева, Судникова, 2012].

Исследования по сбору, культивированию, изучению фенотипа клонов бурой ржавчины проводили по разработанным ранее и общепринятым методикам: ВНИИФ [1989], Л.А. Михайловой, К.В. Квитко [1970], Л.А. Михайловой [2006], Л.А. Михайловой, Е.И. Гульяевой [2006]. Полевые исследования осуществляли в инфекционных, гибридных и контрольных питомниках на опытном поле согласно принятым методикам: [Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса, 1971, Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, ч. II, 1971; Методика Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1975; Судникова и др., 2011; Зеленева, Судникова, 2012, Анпилогова, Левашова и др., 1995; Стрижова, 2003; Цыганков, Цыганков, 2003]. Интенсивность поражения учитывали по модернизированной шкале Джеймса [ВНИИФ, 1989] и Международной шкале СЭВ [1988].

Для инокуляции пшеницы твёрдой головнёй использовали метод В.И. Кривченко [1984]. Для инокуляции пшеницы пыльной головнёй использовали вакуумный метод, который впервые был предложен Муром в 1936 г. [Кривченко, Хохлова, 2008], доработанный в лаборатории иммунитета растений (Среднерусский филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина») В.В. Плахотником.

Идентификация *Lr-генов* с использованием ПЦР-маркёров выполнялась в лаборатории микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского на базе ЦКП ИТЗР ФБГНУ ВИЗР [Edwards et al., 1991; Дорохов, Клоке, 1997; Гульяева и др., 2008].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **ГЛАВА 3. ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЧР**

Начиная с 2008 года нами ежегодно проводились маршрутные обследования производственных полей, Госсортучастков и опытных полей научно-исследовательских институтов пяти областей Центрально-Чернозёмного региона Российской Федерации: Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской и Белгородской. Средние показатели частоты встречаемости изученных фитопатогенов на естественном инфекционном фоне за период 2008-2017 г.г. представлены на рисунках 1, 2.

Наблюдения за развитием наиболее вредоносных заболеваний в Центрально-Чернозёмном регионе позволили выявить поражение озимой пшеницы бурой ржавчиной в 2012 году до 60%. Интенсивность поражения на естественном инфекционном фоне превысила порог 40%: в 2016г. (43%), 2014г. (47%), 2011г. (49%), 2013г. (54%), в 2008г. (50%) и в 2009г. (57%). Интенсивность поражения сортов озимой мягкой пшеницы в 2015г. составила 38%, а в 2017г. - 36%.

Сорта яровой пшеницы поражались бурой ржавчиной так же сильно, как и озимой. Сильное поражение отмечено в 2009 году (60%). Поражение, превысившее порог 40%, отмечалось в 2008 г. (45%), 2011г. (47%), 2014г. (47%), 2012г. (50%) и в 2013г. (54%). В 2015 г. интенсивность поражения сортов яровой пшеницы составила 24%, в 2017г. - 32%, в 2016г. - 37%.

Интенсивность поражения озимой пшеницы септориозом была сильная в 2012 году (47%), а яровой - в 2009 году (39%). На протяжении остальных лет

проведённых исследований интенсивность поражения септориозом сортов яровой и озимой пшеницы не превысила пороговое значение 40%.

Показатель степени поражения растений мучнистой росой за годы исследований не превысил 5%.

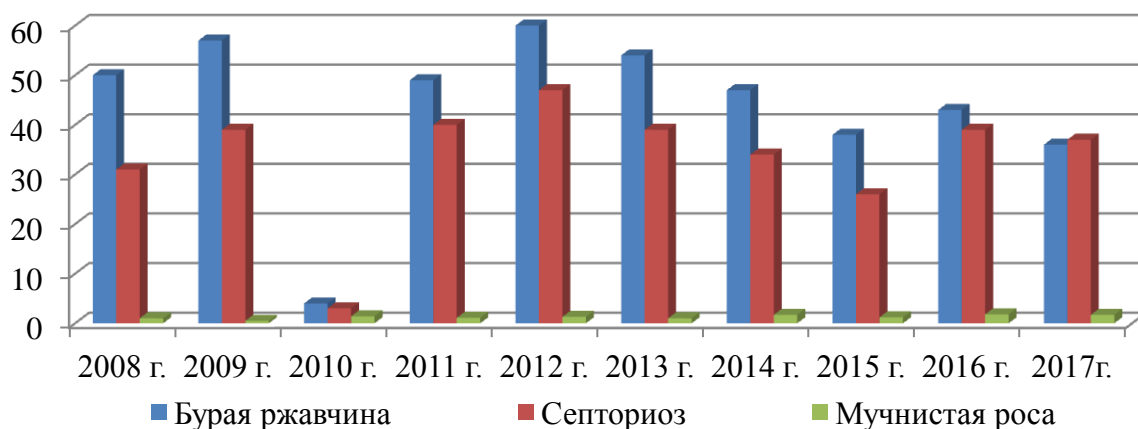


Рисунок 1. Интенсивность поражения листовыми болезнями посевов озимой мягкой пшеницы в Центрально-Чернозёмном регионе (2008-2017 гг.), %.

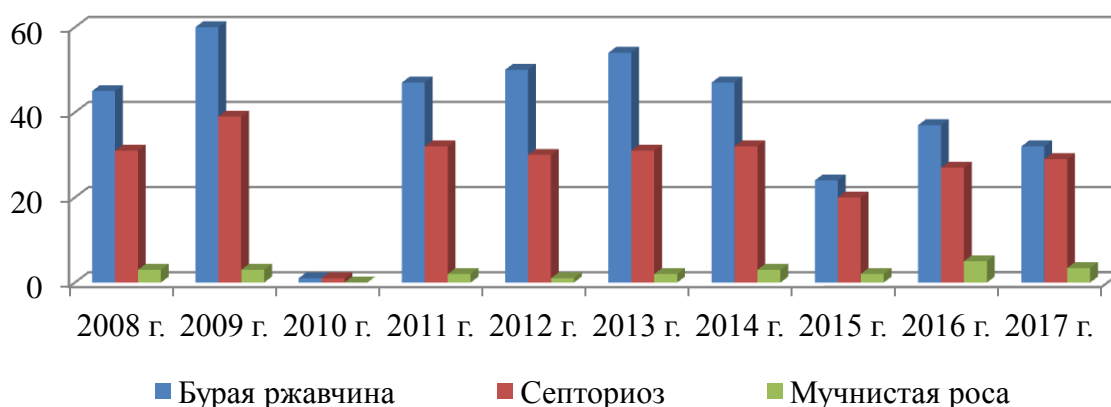


Рисунок 2. Интенсивность поражения листовыми болезнями посевов яровой пшеницы в Центрально-Чернозёмном регионе (2008-2017 гг.), %.

По методике С.С. Санина [2002, 2018] определяли потери урожая зерна пшеницы в зависимости от степени поражённости бурой ржавчиной, септориозом и мучнистой росой на естественном инфекционном фоне. На сортах озимой пшеницы недобор урожая из-за болезней, вызванных септориозом и бурой ржавчиной, в среднем за 9 лет составил 21,6%, на сортах яровой пшеницы - 18,2%.

Показатель степени поражения растений мучнистой росой за годы проведённых исследований не превысил 5%, составив несущественные потери зерна пшеницы в регионе.

Развитие стеблевой и жёлтой ржавчин отмечалось единично на некоторых сортах и не получало массового распространения. Исключением стал 2016 г., когда распространение стеблевой ржавчины на пшенице наблюдалось в регионе повсеместно, развитие болезни на восприимчивых сортах достигало 90%.

По-прежнему большую значимость для региона имеют виды пыльной и твёрдой голови, несмотря на то что проводится обязательная обработка

фунгицидами посевного материала. За годы проведённых исследований средневзвешенный % поражённых колосьев в среднем не превышал 5% по региону.

Для изучения влияния возделываемых сортов пшеницы на частоту встречаемости видов возбудителей септориоза в течение 2011 - 2017г.г. были проведены исследования с использованием модельных экспериментов без применения фунгицидов на естественном инфекционном фоне. Высеивались сорта пшеницы, имеющие наибольшее распространение (по данным управления сельского хозяйства по Тамбовской области).

Вид *S. tritici* занимал лидирующее положение среди септориозных пятнистостей в патогенном комплексе. Частота встречаемости вида на озимых сортах Московская 39 и Северодонецкая Юбилейная составляла 90%. На сорте озимой мягкой пшеницы Донская Лира данный вид имел частоту встречаемости 73%, что было самым низким показателем. На сорте яровой пшеницы Л 503 вид *S. tritici* имел наибольшую частоту встречаемости - 84%, наименьшую - 72% - на сорте Гранни. Частота встречаемости вида *S. tritici* на сортах яровой твёрдой пшеницы изменялась от 74% на сорте Оренбургская 10 до 81% на сорте Донская Элегия.

Вид *S. nodorum* занимал второе место по частоте встречаемости в патогенном комплексе септориоза. Чаще он отмечался на сортах озимой мягкой пшеницы Бирюза (18%), Донская Лира (22%), на сорте яровой мягкой пшеницы сорта Гранни (22%). Среди сортов озимой твёрдой пшеницы данный вид чаще отмечался на сортах Валентина и Оренбургская 10 (по 19% соответственно).

В патогенном комплексе септориозных пятнистостей вид *S. avenae* занимал третье место. Частота встречаемости данного вида на сортах озимой мягкой пшеницы была незначительной по сравнению с видами *S. tritici* и *S. nodorum* и изменялась от 1% на сорте Северодонецкая Юбилейная до 5% на сорте Московская 56. На сортах яровой мягкой пшеницы Воронежская 12 и Л 503 отмечалось сходство встречаемости вида *S. avenae* (по 6% соответственно), реже патоген встречался на сорте Дарья (1%). На сорте яровой твёрдой пшеницы Донская Элегия частота встречаемости вида *S. avenae* составила 3%, на сортах Безенчукская 182 и Оренбургская 10 - по 7% соответственно.

Для каждого сорта, находящегося в испытании, была рассчитана степень поражения отдельным видом септориоза на основании частоты встречаемости каждого вида возбудителя (видовой состав) и поражённости растений септориозом.

Сорта яровой мягкой пшеницы Л 503, Фаворит и Тулайковская 10 можно классифицировать как слабовосприимчивые. Степень поражения их септориозом составила 27,9% , 23,6% и 29, 3% соответственно. Так как частота встречаемости вида *S. tritici* на этих сортах была выше по сравнению с другими (84%, 78% и 83% соответственно), то можно констатировать определённый уровень неспецифической устойчивости именно к этому патогену.

Сорта яровой твёрдой пшеницы обладают большей устойчивостью к септориозу. Из них сильнее поразились сорт Краснокутка 10 - 37,9%. Особенно можно выделить сорт Оренбургская 10. Его степень поражения составила 17,1%.

Изучалась зависимость между частотой встречаемости видов септориоза и агроклиматическими условиями, складывающимися в разные годы. Инфекционный материал был собран на производственных посевах, Госсортучастках и в коллекциях НИИ с шестидесяти сортов озимой мягкой (*Triticum aestivum* L.), тридцати трёх яровой мягкой (*Triticum aestivum* L.) и шестнадцати яровой твёрдой

пшеницы (*Triticum durum* Desf) в 5 областях ЦЧР (Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской и Белгородской).

С использованием критерия Фишера и метода попарного сравнения с поправкой Бонферрони показано достоверное влияние агроклиматических условий года, жизненной формы и вида на формирование видового состава септориозной пятнистости пшеницы.

Изученные показатели коэффициентов корреляции позволили установить, что тёплый температурный режим мая и апреля оказывает положительное влияние на частоту встречаемости вида *S. tritici*. Более прохладные дни этих месяцев скажутся на лучшем развитии видов *S. avenae* и *S. nodorum*. Вид *S. nodorum* получает преимущественное развитие в годы с более влажной погодой во время вегетации пшеницы, в отличие от вида *S. tritici*, который является более устойчивым к пониженным показателям влажности. Эти данные демонстрируют адаптацию патогена к условиям повышения температурного режима и уменьшения количества осадков.

#### **ГЛАВА 4. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ПШЕНИЦЫ ПО МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ И ВИРУЛЕНТНОСТИ В ЦЧР**

Для популяции вида *S. tritici*, выделенной с сортов пшеницы на территории ЦЧР на протяжении 2006-2017гг. изучения, было характерно преобладание дрожжеподобных (фенотип 2б - чёрные гофрированные), быстрорастущих, среднеспорулирующих колоний.

Впервые с использованием моногенных линий пшеницы (Oasis (*Stb1*), Veranopolis (*Stb2*), Israel (*Stb3*), Tadinia (*Stb4*), CS/Synthetic (*Stb5*), Estanzuela Federal (*Stb7*)) была протестирована популяция *S. tritici* в Центральном-Чернозёмном регионе по признаку вирулентности. Изученные изоляты были получены с тридцати сортов озимой мягкой пшеницы: Мироновская 808, Лагуна, Базальт, Антонивка, Бирюза, Белгородская 12, Белгородская 16, Волжская 100, Львовская 4, Львовская 167, Латыневка, Московская 56, Мироновская 65, Ариадна, Богданка, Волжская 100, Дон 85, Дон 93, Донская Безостая, Донская Лира, Донская Юбилейная, Заря, Звонница, Инна, Круиз, Корочанка, Львовская 4, Северодонецкая Юбилейная, Синтетик, Одесская 200; с сорта яровой твёрдой пшеницы Валентина; с восьми сортов яровой мягкой пшеницы: Тризо, Кинельская 97, Саратовская 42, Альбидум 28, Биора, Дарья, Гранни, Иволга.

Среди изученных моноконидиальных изолятов преобладали колонии со II группой вирулентности (среднее поражение проростков пшеницы 2 балла), их частота встречаемости составила 63,6%.

Показатель числа вирулентных изолятов к моногенным линиям пшеницы позволил отнести изученные *Stb-гены* к среднеэффективным. Ни один из *Stb-генов* не обуславливал признака высокой эффективности устойчивости пшеницы ко всем изученным изолятам *S. tritici*. Наибольшей эффективностью обладали гены *Stb1*, *Stb7*, *Stb5*, детерминирующие устойчивость более чем к 70% изолятов.

Из 44 выделенных моноконидиальных изолятов было определено 12 фенотипов вирулентности (13, 10, 03, 11, 00, 17, 31, 33, 73, 30, 71, 77). Доминирующими фенотипами оказались 13 и 10. Их частота встречаемости составила по 19,35% соответственно.

Изучение генотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины позволило выявить вирулентность к 24 изогенным линиям пшеницы из 29. В 2014 г. в популяции патогена не обнаружено изолятов, вирулентных к линиям с генами *Lr9*, *Lr41*, *Lr43*. Изоляты, вирулентные к линиям с генами *Lr24*, *Lr32*, имели низкую встречаемость (< 10%). В 2015 г. в популяции бурой ржавчины не выявлены изоляты, вирулентные к линиям с генами *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr43*; с низкой частотой (до 10%) отмечены изоляты, вирулентные к линиям с генами *Lr9*, *Lr17*, *Lr36*, *Lr38*, *Lr39*. В 2016г. с низкой частотой - к *Lr9*, *Lr19*, и не обнаружены изоляты, вирулентные к линиям с генами *Lr24*, *Lr41*, *Lr43*.

Таким образом, эффективная олигогенная устойчивость пшеницы на территории ЦЧР будет обусловлена наличием в генотипе растений ювенильных генов: *Lr9*, *Lr19*, *Lr19+25*, *Lr24*, *Lr38*, *Lr39* (= *Lr41*), *Lr43*, *Lr42*, *Lr47*, *Lr49*.

Так как в популяции бурой ржавчины выявляются вирулентные изоляты к *Lr 9*, *19*, *24*, *38*, для создания сортов с длительной устойчивостью рекомендуется сочетать в одном сорте эффективные и частично эффективные гены, а также объединять в одном сорте гены с расонеспецифической и возрастной устойчивостью *Lr28*, *Lr44*, *LrW* (= *Lr52*).

#### **ГЛАВА 5 ПУТИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭПИФИТОТИЙНОГО РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЧР**

Изучение типа эпидемической устойчивости сортов к септориозу и бурой ржавчине проводили по методике Санина и др. [2010], по которой все сорта, находящиеся в испытании, были разделены на 3 класса: ER I - высокоустойчивые (поражаемость < 15%), интенсивность защиты низкая; ER II – умеренно устойчивые (поражаемость 15-40%), интенсивность защиты средняя; ER III - слабоустойчивые (поражаемость > 40%), интенсивность защиты высокая. В изучении находилось 53 сорта озимой и 33 - яровой пшеницы.

Среди сортов озимой мягкой пшеницы 22,6% от изученных имели тип эпидемической устойчивости к септориозу ER II (Альмира, Белгородская 16, Бирюза, Богданка, Волжская К и др.) и 45% к бурой ржавчине (Антонивка, Безенчукская 380, Белгородская 12, Белгородская 16, Губернатор Дона и др.).

Среди сортов яровой мягкой пшеницы отмечено 12%, характеризующихся как высокоустойчивые по отношению к бурой ржавчине. Это сорта Удача, Тулайковская 5, Фаворит, Волгоуральская. Сорта: Биора, Гранни, Л - 400, Светлана, Тулайковская 10 - были отнесены к ER II типу эпидемической устойчивости сортов по поражаемости бурой ржавчиной; сорта: Анюта, Биора, Л - 400, Л - 503, Обская 14, Тулайковская 10, Тулайковская 5, Удача, Фаворит - отнесены к ER II типу эпидемической устойчивости сортов по поражаемости септориозом. Сорта яровой мягкой пшеницы: Фаворит, Удача, Тулайковская 10, Л-400 - за время проведенных исследования имели степень поражения септориозом, не превышающую 25%.

Яровая твёрдая пшеница слабее поражалась септориозом и бурой ржавчиной. Сорт Оренбургская 10 имел степень поражения бурой ржавчиной 14% и отнесён к ER I типу эпидемической устойчивости (высокоустойчивые). За время проведенных исследований этот сорт слабо поражался септориозом (16,33%).

На рисунках 3 и 4 показана частота встречаемости трёх типов эпидемической устойчивости сортов к септориозу и бурой ржавчине в зависимости от жизненной формы и вида растения-хозяина.



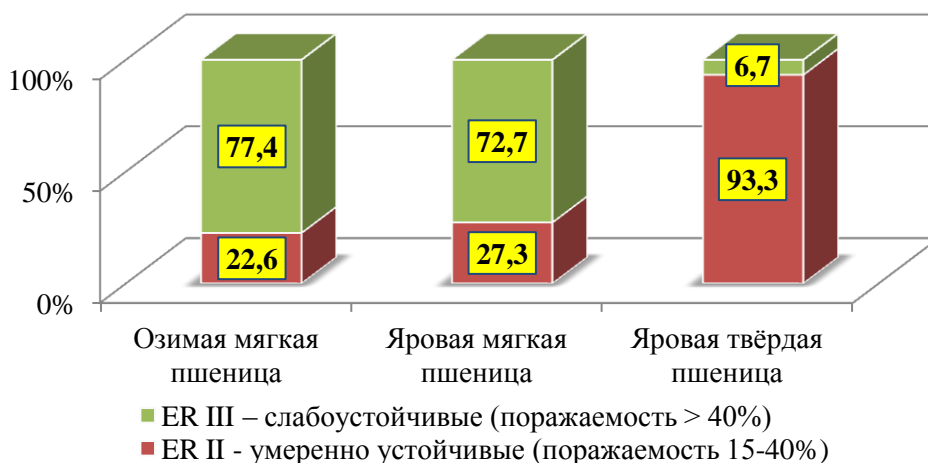


Рисунок 3. Частота встречаемости разных типов эпидемической устойчивости к септориозу среди сортов пшеницы в зависимости от жизненной формы и вида растения-хозяина, %.

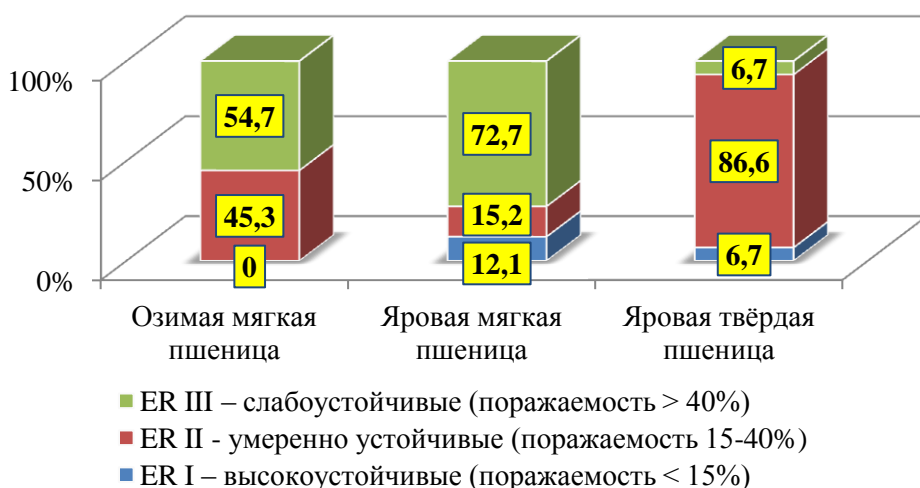


Рисунок 4. Частота встречаемости разных типов эпидемической устойчивости к бурой ржавчине среди сортов пшеницы в зависимости от жизненной формы и вида растения-хозяина, %.

В полевых инфекционных питомниках возбудителей болезней изучено 1604 сортообразца яровой пшеницы, включающие в себя коммерческие сорта яровой пшеницы, сорта и линии из генофонда Мировой коллекции ВИР, международного питомника (СИММУТ), национальных питомников США, Бразилии, Эфиопии, России и др., регионального питомника лаборатории иммунитета Среднерусского филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина». В качестве контроля брали восприимчивый сорт яровой пшеницы - Прохоровка.

По итогам иммунологических оценок и браковки материала по фенотипу среди яровой пшеницы было отобрано 162 источника устойчивости<sup>1</sup>, наиболее полно отвечающих требованиям, предъявляемым к исходному материалу. Полученные результаты приведены в таблице 1.

<sup>1</sup> Приводятся оригинальные номера при интродукции из страны происхождения, каталога ВИР (к-), селекционных линий (РЛ, СФР).

Таблица 1

## Источники устойчивости яровой пшеницы к возбудителям болезней

№ каталога	Происхождение, сорт, разновидность	Поражаемость болезнями			
		Бурая ржавчина	Септориоз	Головня	
				пыльная	твёрдая
34900	Россия, сл. гибрид, hord.	R <sup>2</sup>	M	-	S
к-54208	Россия, hord.	R	R	-	SS
к-31684	Грузия, сл. гибрид	R	M	RR	SS
74253	Казахстан, Янтарная, reich.	R	M	-	S
61292	Беларусь, сл. гибрид	R	M	RR	S
32754	Бразилия, BR 23, er.	RR	R	M	-
33403	Бразилия, CPAC 86134, er.	RR	R	-	-
30774	Бразилия, CEP7780. lut	RR	M	RR	SS
30821	Бразилия, Candias, lut.	SS	R	M	-
31942	Бразилия, PF812-30, lut.	S	R	RR	-
31945	Бразилия, PF 82221, lut.	M	R	R	-

Испытания, проводимые с 2004 по 2017 гг., подтвердили устойчивость:

к бурой ржавчине у 135 образцов, в их числе сложные гибриды России (34900, к-54208); Бразилии (32754, 33403, 30774); ICARDA (30579, 30637); Перу (34984, 34985, 34995, 35012); СИММУТ (32279, 32457, 32494); США (34922, 59417) и др.;

к септориозу - 62 образца, таких как сложные гибриды, 32754, Бразилия; к-54208, Россия; 31942, Бразилия; 35061, Испания и др.;

к пыльной головне - 77: к-31684, Грузия; 61292, Беларусь; 31942, 34211, Бразилия; 31622, Кения; 34646, 34804, 47952, Мексика и др.

Меньше всего было отобрано образцов, обладающих устойчивостью к твёрдой головне. Устойчивость проявили 18 образцов, в их число вошли: 33333, Индия; 49441, Канада; три образца без номера каталога из Канады: AC Alta, AC Frank, AC Gerta; 30104, 32662, 349073, 349115, Мексика; 34985, 47066, Перу; 31574, 31959, 31985, 32581, 33445, СИММУТ и 49270, 31353, США.

Отобранные образцы обладали устойчивостью как к одному патогену, например: 34459, Колумбия (бурой ржавчине); к двум, например: 33402, Бразилия (бурой ржавчине и септориозу); трём: 30579, ICARDA (септориозу, бурой ржавчине и пыльной головне) или 30104, Мексика (септориозу, бурой ржавчине и твёрдой головне), так и к четырём патогенам: 32503, СИММУТ (септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне). Для селекции на иммунитет особенную ценность будут представлять образцы, обладающие устойчивостью к двум и более патогенам.

В 2016 г. отмечалась эпифитотия стеблевой ржавчины пшеницы. Интенсивность поражения восприимчивых сортов яровой пшеницы достигала 90%. На этом фоне устойчивость проявили сортообразцы яровой пшеницы - селекционные линии, созданные в Среднерусском филиале: РЛ 25-2, СФР 135-17-26, СФР 135-17-33, СФР 135-17-36, СФР 135-17-15, СФР 141-32-11-6, СФР 184-3-5-

<sup>2</sup> RR – высокоустойчивые (степень поражения <5%)

R – устойчивые (степень поражения в диапазоне 5-15%);

M – слабовосприимчивые (степень поражения в диапазоне 16-40%);

S – восприимчивые (степень поражения в диапазоне 41-65%);

SS – высоковосприимчивые (степень поражения >65%)

32, СФР 195-12-9-3, Тамбовчанка. Методом ПЦР было установлено, что сорт Тамбовчанка и селекционные линии содержат ген, утративший эффективность к бурой ржавчине - *Lr26*, в этой же транслокации находятся гены устойчивости к мучнистой росе (*Pm8*), жёлтой (*Yr9*) и стеблевой ржавчинам (*Sr31*). Ген *Sr31* является эффективным к российским популяциям стеблевой ржавчины, но потерял эффективность к расе *Ug99*. Следовательно, остро стоит проблема расширения генетического разнообразия устойчивости к стеблевой ржавчине среди селекционного материала Среднерусского филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина».

Для создания исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы проведено 37 комбинаций скрещиваний с использованием новых высокоэффективных источников и доноров, обладающих ценными биологическими и агрономическими свойствами. В качестве доноров высокоэффективных *Lr-генов* использовались сорта Эстивум 522, Эстивум 526, Эстивум 1509, Лебёдушка (*Lr19*), Лубнинка (*Lr9*), Лютесценс 516 (*Lr19*), Тулайковская 100 (*Lr38*), Фаворит (*Lr38*), SST-23 (ЮАР) (*Lr24*), Пирамида 2 (*Lr23*), Пирамида 3 (*Lr23*), а также современные генетические источники и доноры, созданные в филиале в предыдущие годы (Мерцана (*Lr24*), Тамбовчанка (*Lr24*)).

В результате изучения иммунологических свойств селекционного материала (более 300 номеров) из питомников предварительного и конкурсного испытаний на искусственном (септориоз, бурая ржавчина, пыльная и твёрдая головня) и естественном (стеблевая ржавчина) инфекционном фоне выделено восемь номеров мягкой пшеницы с групповой устойчивостью к эпифитотийно опасным болезням: [43/10/, 1375/08/, 1452/08/, 1487/08/, 1887/08/, 2017/08/, 2034/08/, 2891/09/] (таблица 2).

Таблица 2

Характеристика селекционных линий яровой мягкой пшеницы, созданных в Среднерусском филиале ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», выделившихся по иммунологическим свойствам и урожайности

№ п/п	Линия	Поражаемость болезнями				Урожайность	
		Бурая ржавчина, тип/%	Септориоз, %	Пыльная головня, %	Твёрдая головня, %	ц/га	±St
1	1452/08/	1/10	10	0	10	32,7	+1,4
2	1487/08/	2/5	20	0	10	31,8	+0,5
3	1375/08/	2/10	20	0	10	32,9	+1,6
4	1887/08/	1/5	20	1	0	31,6	+0,3
5	2017/08/	2/20.	10	0	0	33,0	+1,7
6	2034/08/	2/5	30	1	0	32,0	+0,7
7	2891/09/	1/10	20	0	10	32,2	+0,9
8	43/10	1/20	10	0	20	31,4	+0,1
9	Фаворит St	3/20	40	10,0	12,1	31,3	-

Проведена аналитическая работа по оценке исходного материала и сортов яровой мягкой пшеницы, созданных в филиале.

В питомниках предварительного и конкурсного испытаний по иммунологическим свойствам выделено 122 селекционных номера, в том числе устойчивых к бурой ржавчине - 32, септориозу - 32, твёрдой головне - 22, пыльной

- 18, с групповой устойчивостью к бурой ржавчине и септориозу - 25. Среди них в качестве потенциальных доноров отобрано 22 номера, не уступившие или превысившие по урожайности сорта-стандарты Прохоровка и Фаворит (таблицы 3 и 4).

Таблица 3

Характеристика селекционных линий яровой мягкой пшеницы, выделившихся по иммунологическим свойствам и урожайности (контрольный питомник)

№ п/п	Сорт, линия	Поражение болезнями на искусственном инфекционном фоне					Урожайность в КСИ - 2	
		Бурая ржавчина, балл/%	Септориоз, %	Мучнистая роса, %	Головня		ц/га	Отклонение от St <sub>1</sub>
					пыльная, %	твёрдая, %		
1	Отбор из попул. 26-2-5-1	1/5	20	30	53	43	44,4	+15,9
2	Отбор из попул. 26-2-5-2	1/5	20	30	52	41	40,5	+12,0
3	РЛ-6-4	2/20	30	10	0	0	35,4	+6,9
4	РЛ-8-1	0	30	5	55	17	30,6	+2,1
5	РЛ-6-8	1/10	20	5	0	0	40,9	+12,4
6	Мерцана	0	15	5	0	4	38,4	+9,9
7	Эстивум 56	1/5	20	20	4	16	28	-0,5
8	Лютесценс 580	2/10	15	10	8	24	27,4	-1,1
9	РЛ-3	1/10	30	0	4	0	43,1	+14,6
10	РЛ-6	1/5	10	5	0	0	41,6	+13,1
11	Эстивум 528	1/5	20	40	3/28	0	42	+13,5
12	Д-959(16)	0	20	10	0	0	39,1	+10,6
13	Д-568(14)	2/10	15	50	0	0	28,8	+0,3
14	Ф-10/10(а)	1/5	10	0	0	0	39,2	+10,7
15	Ф-10/10(б)	2/10	15	0	0	0	39,1	+10,6
16	Ф-23/02-1	3/30	10	0	0	0	36,7	+8,2
17	Прохоровка (St <sub>1</sub> )	4/80	60	30	0	1	28,5	-

Таблица 4

Характеристика выделившихся по иммунологическим свойствам и урожайности селекционных номеров яровой мягкой пшеницы предварительного сортоиспытания

№ п/п	Сорт, линия	Поражение болезнями					Урожайность		
		Бурая ржавчина, балл/%	Септориоз, %	Мучнистая роса, %	Головня		ц/га	Отклонение от St <sub>1</sub>	Отклонение от St
					пыльная, %	твёрдая, %			
1	Лютесценс 620	3/30	10	5	1	29	32,8	+4,3	+1,5
2	Отбор из попул. 26-7	0	15	5	7	4	41,3	+12,8	+10,0
3	Отбор из попул. 26-2	2/20	10	30	21	12	41,7	+13,2	+10,4
4	20(04)	2/20	20	0	13	19	36,1	+7,6	+4,8
5	Д-506(2)	3/30	20	0	11	14	33,3	+4,8	+2,0
6	Д-949(136)	1/5	20	0	20	41	37,1	+8,6	+5,8
7	Прохоровка (St <sub>1</sub> )	4/80	60	30	0	2	28,5	-	-2,8
8	Фаворит(St <sub>2</sub> )	2/10	20	60	3	28	31,3	+2,8	-

Таким образом, среди селекционного материала яровой пшеницы в результате целенаправленной работы на повышение результативности селекции устойчивых сортов к возбудителям особо вредоносных болезней выделены и отобраны в качестве потенциальных генетических источников и доноров селекционные линии и номера, сочетающие устойчивость к болезням (бурая ржавчина, септориоз, пыльная и твёрдая головня) с комплексом других положительных признаков и свойств, в первую очередь, урожайность и адаптивность к условиям ЦЧР.

В 2014 и 2017г.г. в коллекцию ВИР были переданы 25 линий мягкой пшеницы, обладающих устойчивостью к септориозу, бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе, пыльной и твёрдой головне в условиях ЦЧР (таблицы 5, 6).

Селекция сортов с моногенной устойчивостью опасна тем, что они быстро теряют невосприимчивость к патогену, а паразиту предоставляется возможность поэтапного преодоления всех используемых генов устойчивости. В современную практику активно внедряются методы селекции толерантных и горизонтально устойчивых сортов, способных противостоять эпифитотийным болезням.

Изучение генетики горизонтальной устойчивости показало, что они наследуются как количественные признаки. Трудность создания таких сортов заключается в отсутствии надёжных и быстрых тестов выявления факторов неспецифической устойчивости.

Таблица 5

Источники и доноры устойчивости яровой мягкой пшеницы к эпифитотийно и особо опасным болезням, созданные в Среднерусском филиале ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» и переданные в коллекцию ВИР в 2014 г.

№ п/п	Линия, разновидность	Поражаемость болезнями					Наличие генов устойчивости к болезням
		Бурая ржавчина, балл/%	Септориоз, %	Мучнистая роса, балл	Головня, %		
					пыльная	твёрдая	
1	RL-3 , lutec.	1/10	30	0	4	0	<i>Lr19,Sr25</i>
2	RL-6, lutec.	1/5	10	5	0	0	не выявлено
3	RL-27-8, lutec.	1/5	20	10	13	28	не выявлено
4	RL-6-4, lutec.	2/20	30	10	0	0	не выявлено
5	RL-6-8, lutec.	1/10	20	5	0	0	не выявлено
6	СФР 34396-2, lutec.	1/5	30	10	21	17	<i>Lr10,Lr20</i>
7	СФР 193-12-8-6-1, lutec.	2/10	20	0	-	-	<i>Lr10,Lr19, Sr25,Lr26, Pm8,Sr31,Yr9</i>
8	СФР 135-17-20-2, lutec.	1/10	20	5	-	-	<i>Lr10,Lr19, Sr25,Lr20, Lr26,Pm8, Sr31,Yr9</i>
9	RL-16, lutec.	1/5	20	30	-	58	<i>Lr19,Sr25, Lr20</i>
10	СФР 32338-1-17-1, lutec.	1/5	20	0	-	-	<i>Lr19,Sr25</i>
11	СФР 33809-7-3, lutec.	2/10	30	0	-	-	<i>Lr19,Sr25</i>
12	СФР 135-17-16-15, lutec.	2/10	20	0	-	-	<i>Lr10</i>

Таблица 6  
Источники и доноры устойчивости яровой мягкой пшеницы к эпифитотийно и  
особо опасным болезням, созданные в Среднерусском филиале ФГБНУ  
«ФНЦ им. И.В. Мичурина» и переданные в коллекцию ВИР в 2017 г.

№ п/п	Сорт, линия	Поражение болезнями				Наличие генов устойчивости к болезням
		Бурая ржавчина, тип/степень	Септориоз, %	Головня		
				пыльная, %	твёрдая, %	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	Д-869(7), lutec.	2/10	20	2	5	<i>Lr9</i>
2	St.3/09-1, lutec.	2/10	10	4	32	не выявлено
3	St.3/09-2, eritr.	2/10	10	4	32	не выявлено
4	St. 1/10, lutec.	2/10	10	-	-	не выявлено
5	St.10/10, lutec..	2/10	10	0	8	не выявлено
6	St.18/10-68/4, lutec.	1-2/10	15	-	-	не выявлено
7	RL1443(08), lutec.	2/10	20	0	4	не выявлено
8	RL2034(08), lutec.	2/10	20	0	2	<i>Lr19, Sr25</i>
9	RL2198(06), lutec.	1/5	10	10	35	<i>Lr19, Sr25</i>
10	RL7917, eritr.	1/5	10	-	55	не выявлено
11	RL8494, lutec.	2/30	20	0	58	<i>Lr19, Sr25</i>
12	RI8498(a), lutec.	2/10	20	24	8	<i>Lr19, Sr25</i>
13	RL8498(б), lutec.	2/20	20	16	15	<i>Lr19, Sr25</i>

Изучение генетики горизонтальной устойчивости показало, что она наследуется как количественный признак. У 9 сортообразцов предположено наличие признака расоспецифической устойчивости (таблица 7).

Таблица 7  
Перечень сортов, обладающих расоспецифической устойчивостью к бурой  
ржавчине

№ п/п	№ каталога	Происхождение	Конечный уровень поражения бурой ржавчиной, степень/балл			Гены устойчивости
			2012	2013	2014	
1	31388	США	ед. пустулы/1	0	ед. пустулы /1	<i>Lr1</i>
2	к-31684	Грузия	5/1	5/1	ед. пустулы/1	Не выявлены
3	34985	США	5/1	5/1	5/1	Не выявлены
4	31776-2	СИММУТ	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	<i>Lr10, Lr34<sup>3</sup>, Pm38, Yr18, Ltn1</i>
5	31823	СИММУТ	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	<i>Lr26, Pm 8, Yr9<sup>4</sup>, Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1</i>
6	31959	СИММУТ	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	<i>Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1</i>
7	32632-4	Мексика	5/1	ед. пустулы/1	5/1	<i>Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1</i>
8	34646	Мексика	5/1	5/1	5/1	<i>Lr10</i>
9	34211	Бразилия	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	ед. пустулы/1	<i>Lr10</i>

<sup>3</sup>Lr 34 относится к группе генов, обеспечивающих количественную устойчивость.

<sup>4</sup> Дополнительно 1BL транслокация несёт гены, повышающие урожайность и качество зерна, а также засухоустойчивость, обеспечивающую за счёт увеличения массы корней [Kim et al., 2004].

Отобран 21 номер, уровень поражённости которых был ниже, чем у восприимчивого сорта. Это такие образцы, как 34659, Бразилия; 31865, СИММУТ; 30288, Мексика; СФР 184-3-5-76, Россия и др., которые можно классифицировать в группу с проявлением неспецифического типа устойчивости, тип реакции 3-4 балла, замедленное развитие инфекции, и как результат этого - низкое значение ПКРБ (таблица 8).

Тип реакции 3-4 балла указывает на способность патогена преодолевать иммунологические барьеры сорта, но в то же время отмечается замедленное нарастание инфекции в процессе вегетации растений. При группировке образцов, помимо фенотипического проявления инфекции, учитывали также некоторые критерии определения типа устойчивости, главным образом, латентный период, площадь под кривой развития болезни, индекс устойчивости.

У шести гибридных линий методом ПЦР идентифицировано наличие полифункционального гена *Lr34*, контролирующего количественную устойчивость, не только к бурой ржавчине, но и к возбудителям других болезней, таких как желтая ржавчина и мучнистая роса. Ген *Lr34* присутствует в генотипе следующих гибридных линий: 31865, СИММУТ (Сложный гибрид (*Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)); 30288, Мексика (Сложный гибрид (*Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)); 34707, Мексика (Сложный гибрид (*Lr1*, *Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)); 34646, Мексика (Сложный гибрид (*Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)); 34396, Непал (Сложный гибрид (*Lr10*, *Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)); 34641, Мексика (Сложный гибрид (*Lr34*, *Pm38*, *Yr18*)).

Анализ многолетних полевых исследований даёт основание полагать, что интегрирующим показателем неспецифической устойчивости пшеницы к бурой ржавчине может служить площадь под кривой развития болезни, индекс устойчивости и продолжительность латентного периода. Вычленение одного из показателей может привести к ошибочной интерпретации данных.

Таким образом, нами создана признаковая коллекция современных источников и генетических доноров устойчивости, а также новый исходный материал, адаптированный к зональным условиям (селекционные линии и сорта) для селекции яровой пшеницы на групповую и комплексную устойчивость к септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне.

В результате исследований созданы оригинальные селекционные линии яровой мягкой пшеницы для центрально-чернозёмного агроэкоотипа, обладающие комплексной устойчивостью к стрессовым факторам среды.

Большую ценность для создания устойчивых к бурой ржавчине сортов имеет коллекция сортов и гибридных линий с высоким уровнем расонеспецифической устойчивости, обладающих замедленным типом поражения. Использование сортов с расонеспецифической устойчивостью позволяет снизить селективное давление на патоген, уменьшить риск эпифитотий.

Полученные сведения имеют практическую значимость для реализации программ по селекции мягкой яровой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине, септориозу, пыльной и твёрдой головне в условиях ЦЧР.

Таблица 8

Результаты полевой оценки, выделившихся по устойчивости сортов и образцов яровой мягкой пшеницы к популяции бурой ржавчины (Искусственный инфекционный фон, 2012-2014 гг.)

№ п/п	№ каталога	Сорт	Происхождение	Год проведения исследований	Конечный уровень поражения, степень/балл	ПКРБ		Латентный период. Среднее значение, сутки	Индекс устойчивости	
						в условных единицах	% от контроля		в условных единицах	Среднее значение за три года (φ)
<b>Восприимчивый сорт φ&gt;0,9</b>										
1.	422	Саратовская 42 (контроль)	Россия (Саратовский НИИСХ)	2012	100/4	908	100	8,5	1	1
				2013	100/4	865	100	8,5	1	
				2014	100/4	987	100	9,0	1	
<b>Высокая расонеспецифическая устойчивость, φ: [0,1-0,4]</b>										
2.	34659	Сложный гибрид	Бразилия	2012	16/3	168	19,8	21,0	0,19	0,18
				2013	20/4	50	5,0	18,0	0,06	
				2014	40/4	275	27,8	18,0	0,28	
3.	31865	Сложный гибрид ( <i>Lr34, Pm38, Yr18</i> )	СИММУТ	2012	39/4	246	28,9	12,0	0,27	0,19
				2013	15/4	112	11,1	10,5	0,13	
				2014	25/4	162	16,4	11,0	0,16	
4.	30288	Сложный гибрид ( <i>Lr34, Pm38, Yr18</i> )	Мексика	2012	30/4	296	32,9	15,0	0,33	0,24
				2013	15/3	100	11,6	13,0	0,12	
				2014	50/4	257	26,0	11,0	0,26	
5.	СФР 184-3-5-76	Сложный гибрид ( <i>Lr10, Lr20, Lr 26, Pm8, Sr31, Yr9</i> )	Россия (Среднерусский филиал)	2012	40/4	321	35,4	10,0	0,35	0,24
				2013	30/4	170	19,6	14,0	0,20	
				2014	40/4	177	18,0	12,0	0,18	
6.	34707	Сложный гибрид ( <i>Lr1, Lr34, Pm38, Yr18</i> )	Мексика	2012	37/3-4	405	45,0	11,5	0,45	0,26
				2013	15/3	97	11,2	14,5	0,11	
				2014	40/4	227	23,0	13,5	0,23	



## ГЛАВА 6 ГЕНЕТИКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ЭПИФИТОТИЙНО ОПАСНЫМ БОЛЕЗНЯМ

Изучали генетический контроль устойчивости у сортообразцов яровой пшеницы к наиболее распространённым на территории ЦЧР болезням: к септориозу *Septoria tritici* и к возбудителю бурой ржавчины *Puccinia triticina*.

Образцы пшеницы, отобранные для гибридологического анализа, были испытаны на устойчивость к возбудителю септориоза и бурой ржавчине на протяжении нескольких лет в условиях искусственного инфекционного фона (таблица 9).

Таблица 9

### Иммунологическая характеристика родительских форм

№ п/п	Сортообразец	Наличие <i>Lr</i> -гена	Поражение болезнями	
			Бурая ржавчина	Септориоз
<b>Родительские компоненты, высокоуст. к септориозу (RR) и бурой ржавчине(RR)</b>				
1.	Терция	<i>Lr9</i>	0	5
2.	к-54049, Тг/55р6628, Австралия	-	1/5	5
3.	Лубнинка	-	1/5	5
<b>Родительские компоненты, высокоуст. к бурой ржавчине (RR) и уст. к септориозу (R)</b>				
4.	Лютесценс 558	<i>Lr19, Sr25</i>	0	10
5.	Лютесценс 620	<i>Lr9</i>	1/ед.	10
6.	RL-9-1-2	-	1/5	10
7.	Отбор из популяции СНИФС	<i>Lr10</i>	1/5	10
8.	Эстивум 56	-	1/5	10
9.	Эстивум 61	<i>Lr19, Sr25</i>	1/5	10
10.	к-30304, Австралия	-	1/5	10
11.	Гп-6	-	1/5	10
12.	Лютесценс 599	-	0	15
13.	Новосибирская 44	<i>Lr9, Lr10</i>	1/ед.	15
14.	Эстивум 520	-	1/5	15
15.	Тулайковская 10	-	1/5	15
<b>Устойчивый образц к бурой ржавчине (R) и к септориозу (R)</b>				
16.	30306, США	<i>Lr10</i>	1/10	10
<b>Родительские компоненты, высокоуст. к бурой ржавчине(RR) и слабовоспр. к септориозу (M)</b>				
17.	Гибридная линия (Новосибирская15×Л 144)	<i>Lr9, Lr10</i>	1/ед.	20
18.	Линия с <i>Lr 9</i>	<i>Lr9</i>	0	20
19.	Эстивум 614	-	0	20
20.	Лютесценс 537	<i>Lr19, Sr25</i>	1/5	20
21.	Лютесценс 579	-	1/5	20
22.	Мерцана (= Гп-3)	<i>Lr19, Sr25</i>	1/5	20
23.	Лютесценс 580	-	2/5	20
24.	Удача	<i>Lr9</i>	1/ед.	20
25.	Эстивум 529	-	1/5	20
26.	31310-2, США	<i>Lr26, Lr34, Pm8, Sr31, Yr9</i>	1/5	20
27.	34267-3-15, США	<i>Lr9, Lr19, Lr26, Lr34, Sr25</i>	0	20
28.	33809-7-13, Мексика	-	2/5	30
29.	33907-1-2, Колумбия	-	2/5	30
<b>Родительские компоненты, уст. к бурой ржавчине (R) и слабовоспр. к септориозу (M)</b>				
30.	Эстивум 59	-	1/10	20
31.	Эстивум 476	<i>Lr19, Sr25</i>	2/10	30
<b>Родительские формы, слабовоспр. к бурой ржавчине (M) и к септориозу (M)</b>				
32.	Сибирская 155	-	3/20	20
33.	СФР 27-8-1	<i>Lr10</i>	1/20	40
34.	33809-7-6, Мексика	<i>Lr 19, Sr25</i>	2/20	40

Результаты экспериментов показали, что выделенные сортообразцы яровой пшеницы проявили устойчивость к септориозу и бурой ржавчине и могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к данным патогенам.

Для выявления высокоэффективных генов устойчивости, возможного присутствия генов взрослых растений, а также для обнаружения малоэффективных генов, которые могут быть использованы в стратегии пирамидирования при создании сортов с неспецифической устойчивостью, проведена идентификация *Lr-генов* с использованием ДНК-маркёров. Работа выполнена нами на экспериментальной базе ВИЗР совместно с к.б.н., ведущим научным сотрудником Е.И. Гультовой.

Изучение генетического контроля устойчивости ряда образцов и селекционных линий яровой пшеницы по отношению к популяции возбудителя бурой ржавчины, обитающей на территории ЦЧР, показало, что некоторые из них содержат неидентифицированные эффективные гены устойчивости.

У многих коллекционных образцов были обнаружены гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr26* и *Lr34*.

Районированные сорта: Прохоровка, Воронежская 6, Воронежская 12, Черноземноуральская 2 - восприимчивы к болезням, но обладают хорошими биолого-хозяйственными свойствами. Они были выбраны как родительские компоненты для проведения гибридологического анализа.

Программа гибридизации включала в себя два этапа:

- скрещивание устойчивых образцов с восприимчивыми сортами для определения числа генов, детерминирующих устойчивость; характер наследования (доминантность, рецессивность); взаимодействие неаллельных генов;
- скрещивание устойчивых образцов между собой по диаллельной схеме для определения аллельных отношений генов у различных образцов.

Наша работа заключалась в том, чтобы изучить генетический потенциал отобранных сортообразцов и селекционных линий яровой пшеницы, обладающих устойчивостью к септориозу в условиях ЦЧР, для использования в селекционных программах.

Проведённый гибридологический анализ по установлению закономерности наследования признака устойчивости пшеницы к бурой ржавчине 22 комбинаций скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) и восприимчивых и 15 комбинаций скрещиваний устойчивых и устойчивых к патогену сортообразцов пшеницы позволяет установить, что устойчивость к бурой ржавчине носит доминантный и рецессивный характер наследования (таблицы 10, 11). Расщепление по устойчивости соответствует преимущественно моногенному и дигенному наследованию. У 6 сортообразцов: Новосибирская 44 (*Lr9*, *Lr10*); Удача (*Lr9*); к-54049, Тг/55p6628, Австралия; Лубнинка; Лютесценс 599; Эстивум 529 - предположено моногибридное наследование с полным доминированием. У сорта Сибирская 155 - комплементарное взаимодействие генов. У двух сортов: Тулайковская 10, Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Прохоровка) и четырёх гибридных линий: (Новосибирская 15 × Л 144); Лютесценс 620 (*Lr9*); Эстивум 59 и Эстивум 476 (*Lr19*, *Sr25*) - дигенное наследование: 1 доминантный и 1 рецессивный гены. Дигенное наследование по типу полного доминирования предположено у трёх образцов: Лютесценс 558 (*Lr19*, *Sr25*); Эстивум 614; 34267-3-15, США (*Lr 9*, *Lr19*, *Lr26*, *Lr34*, *Sr25*) и сорта Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Воронежская 6). Рецессивный характер наследования устойчивости к бурой

ржавчине имели три гибридные линии: к-30304, Австралия; 30306, США (*Lr10*); 31310-2, США (*Lr26, Lr34, Pm8, Sr31, Yr9*).

Наблюдалось аддитивное взаимодействие генов при пяти скрещиваниях: RL-9-1-2 × Эстивум 520; RL-9-1-2 × Лютесценс 537 (*Lr19, Sr25*); Мерцана (*Lr19, Sr25*) × Эстивум 56; RL-9-1-2 × Лютесценс 579; СФР 27-8-1 (*Lr10*) × Лютесценс 579. У гибридов первого поколения скрещивания Новосибирская 44 (*Lr9, Lr10*) × 33809-7-13, Мексика отмечено ингибирование экспрессии генов устойчивости.

Проведён гибридологический анализ по установлению закономерности наследования признака устойчивости пшеницы к септориозу, включающий 23 комбинации скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) форм с восприимчивыми (или высоковосприимчивыми) и 9 устойчивых (или слабовосприимчивых) с устойчивыми (или слабовосприимчивыми) сортообразцами пшеницы. Установлены закономерности наследования признака устойчивости пшеницы к бурой ржавчине: 22 комбинации скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) и восприимчивых и 15 комбинаций скрещиваний устойчивых с устойчивыми.

Для создания линий, обладающих высокой устойчивостью к септориозу, целесообразно использовать гибридные линии (Новосибирская 15 × Л 144) и Эстивум 476 для проведения отборов с учётом полного доминирования признака, а к бурой ржавчине - Новосибирская 44 (*Lr9, Lr10*); Удача (*Lr9*); к-54049, Tr/55p6628, Австралия; Лубнинка; Лютесценс 599; Эстивум 529.

При включении в селекционные программы линий, обладающих комплементарным взаимодействием генов при передаче устойчивости к бурой ржавчине (Сибирская 155) и к септориозу (к-54049, Tr/55p6628, Австралия; Лютесценс 558), селекционеру легче отбирать устойчивые гибриды, так как они будут нести два гена устойчивости.

В случае с дигенным наследованием по типу полного доминирования (15R:1S) передача признака потомству будет проходить несколько сложнее. В данном случае рекомендуется проводить контроль наличия двух генов устойчивости с помощью ПЦР. Такой тип наследования устойчивости к септориозу обнаружен у сортообразцов: Терция, Сибирская 155, Тулайковская 10, Эстивум 529, Новосибирская 44; к бурой ржавчине: Лютесценс 558 (*Lr19, Sr25*); Эстивум 614; 34267-3-15, США (*Lr 9, Lr19, Lr26, Lr34, Sr25*); Терция (*Lr9*).

Нецелесообразно использовать в селекции комбинации скрещиваний, в которых отмечается супрессия устойчивости одного из родителей. Так, например, у гибридов первого поколения скрещивания P<sub>1</sub>: Новосибирская 44 (*Lr9, Lr10*) × 33809-7-13, Мексика - отмечено ингибирование экспрессии генов устойчивости к бурой ржавчине; P<sub>1</sub>: RL-9-1-2 × Лютесценс 537; P<sub>1</sub>: Гп-6 × Эстивум 520, (F<sub>1</sub> - 60%); P<sub>1</sub>: Гп-6 (10%) × Эстивум 61; P<sub>1</sub>: (Новосибирская 15 × Л 144) × 33907-1-2, Колумбия - к септориозу.

Для идентифицирования генов устойчивости к бурой ржавчине у коллекционных образцов яровой пшеницы использовали молекулярные маркёры 15 *Lr-генов*: *Lr1* [Qiu et al., 2007]; *Lr9* [Gupta et al., 2005], *Lr10* [Chelkowski et al., 2003]. *Lr19* [Prins et al., 1997; Gupta et al., 2006], *Lr20* [Neu et al., 2002], *Lr21* [Fritz <http://maswheat.ucdavis.edu>], *Lr24* [Mago et al., 2005; Gupta et al., 2006], *Lr26* [Mago et al., 2002], *Lr28* [Cherukuri et al., 2005], *Lr29* [Procunier et al., 1997], *Lr34* [Lagudah et al., 2006], *Lr 35* [Mago et al., 2009], *Lr37* [Helguera et al., 2003], *Lr39(=Lr41)*

[Pestsova et al., 2000; Brown-Guedira, Singh <http://maswheat.ucdavis.edu>], *Lr47* [Helguera et al., 2000].

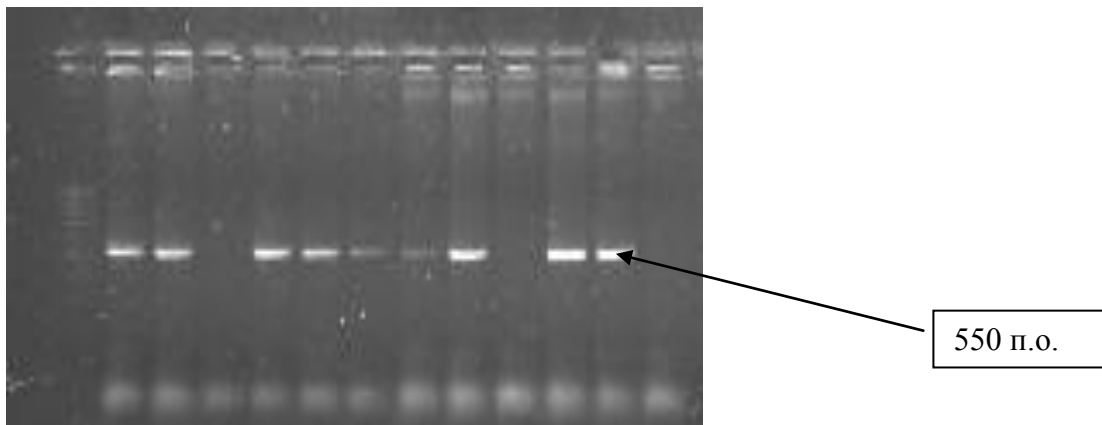
ДНК выделяли из 5-7-дневных проростков пшеницы по методике Д.Б.Дорохова и Э. Клоке [1997]. Амплификацию ДНК проводили в реакционной смеси по предложенным авторами протоколам и при необходимости модифицировали.

С использованием молекулярных маркёров проведена идентификация *Lr-генов* у 79 сортообразцов и гибридных линий пшеницы, сочетающих устойчивость к бурой ржавчине с комплексом других положительных признаков (устойчивость к скрытостебельным вредителям, засухоустойчивость, высокая урожайность и технологические качества зерна). В результате молекулярного анализа изучаемого материала идентифицированы как единичные *Lr*-гены, так и сочетания в одном генотипе нескольких генов различной эффективности. Среди изученного материала были выявлены гены *Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr34*. Преобладали линии с геном *Lr19* в сочетании в одном генотипе с *Lr10*, *Lr20* и *Lr26*.

Ген *Lr9* выявлен у 7 образцов пшеницы: 30124 (Мексика), 33402 (Бразилия), 34482 (США), Эстивум 604, Лютесценс 620, Лютесценс 623, (Россия) и 34270 (СИММУТ) (рисунок 5).

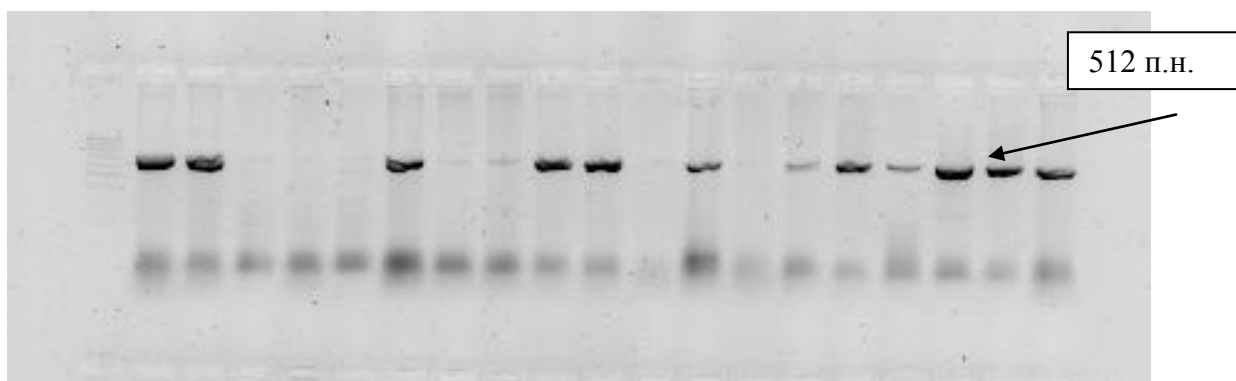
Ген *Lr19* обнаружен у 12 селекционных линий, созданных в Среднерусском филиале (Рл 9, Рл 11, Рл 16, Рл 3, Рл 8-1, СФР 135-17-16-2, СФР 135-17-20-2, СФР 142-32-11-6, СФР 184-3-5-7, СФР 193-12-8-6-1, СФР 88-1, СФР 135-17-16-15), Л348/5-2-2, и 5 линий других оригинаторов (Ауреум 548; Лютесценс 516; Лютесценс 558; Эстивум 476) (рисунок 6).

Наличие гена *Lr24* выявлено у 5 коллекционных образцов: 34349-4 (Непал), 34336 (СИММУТ), 31226, 31351, 33712 (США) (рисунок 7).



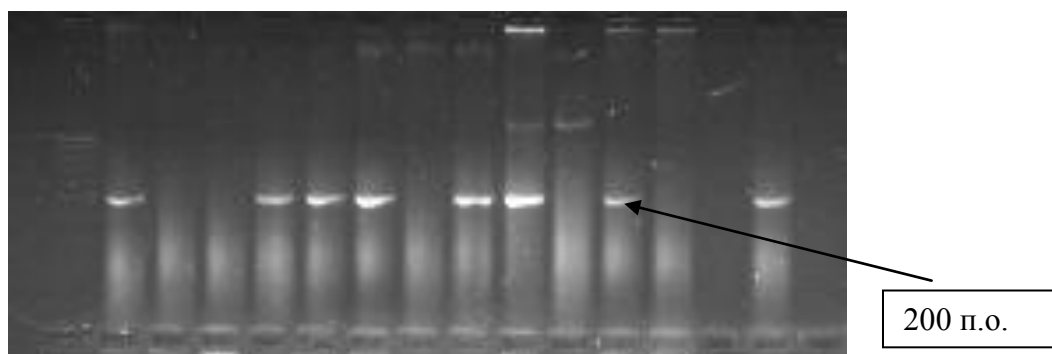
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Рисунок 5. Продукты амплификации с использованием праймеров SCS5F к STS локусу, сцепленному с геном устойчивости *Lr9*. 2 дорожка - 30124 (Мексика), 3 - 33402 (Бразилия), 5 - 34482 (США), 6 - Эстивум 604, 7 - Лютесценс 620, 8 - Лютесценс 623, 9 - 34270 (СИММУТ), 11, 12 - контроль.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Рисунок 6. Идентификация гена *Lr19* с использованием маркера SCS 253. Стрелкой выделен фрагмент амплификации 512 п.н. 1 дорожка - Рл 9, 2 - Рл 11, 6 - Рл 16, 9 - Рл 3, 10 - Рл 8-1, 12 - СФР 135-17-16-2, 14 - СФР 135-17-20-2, 15 - СФР 142-32-11-6, 16 - СФР 184-3-5-7, 17 - СФР 193-12-8-6-1, 18 - СФР 88-1, 19 СФР 135-17-16-15.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Рисунок 7. Продукты амплификации с использованием праймеров Sr24#50F к STS локусу, сцепленным с геном устойчивости *Lr24*. Стрелкой выделен фрагмент амплификации 200 п.н. 1 дорожка - 34349-4 (Непал), 4 - 34336 (СИММУТ), 5 - 31226 (США), 6 - 31351 (США), 11 - 33712 (США), 14 - контроль.

Ген *Lr34* присутствует у 22 образцов: 30637 (ICARDA); 31219, 31310-2, 31351, 33290, 33708, 34863, 34927, 506339 (США); 34984 (Перу); 33815, 33821, 34881 (Мексика); к-31684 (Грузия); 31720, 31776-2, 31823, 32390, 33445, 38321 (СИММУТ); 32164 (Мексика); Рл 4.

С использованием молекулярных маркеров проведена идентификация 4 генов, утративших эффективность в России (*Lr1*, *Lr10*, *Lr20* и *Lr26*).

Ген *Lr1* выявлен у 10 коллекционных образцов пшеницы: 30124, 32632-4, 347071 (Мексика); 31157, 31310-2, 31388-97-1, 31416, (США), 31570, 31823 (СИММУТ), 33881 (Колумбия)).

Ген *Lr10* - у 24 коллекционных образцов: 31170, 31226, 31306, 31351, 31416, 33708, 34267, 34482, 506295 (США), 32405, 31720, 31570, 31776-2, 31755, 31757-2-2 (СИММУТ), 34396, 34396-2 (Непал), 34646, 34881, 347071 (Мексика), 34900 (б. СССР), к-31684 (Грузия), 33907 (Колумбия), 58849 (Мексика) и 10 селекционных линий (СФР 88-1, СФР 142-32-11-6, Рл11, СФР 193-12-8-6-1, СФР 184-3-5-7, СФР

135-17-20-2, СФР 135-17-16-2, СФР 135-17-16-15, СФР-202-7, отбор из популяции СНИФС 3-4-2-6-1-3-15).

Ген *Lr20* идентифицирован у 2 коллекционных образцов (34482 (США), 57725 (Швеция)) и 6 селекционных линий (Рл9, Рл11, отбор из популяции СНИФС 34815-2-2 (США), СФР 184-3-5-7, СФР-184-3-5-32, Рл8-1, Рл16).

Ржаная транслокация 1BL.1RS с геном *Lr26* выявлена у 14 коллекционных образцов пшеницы: 3518 (Аргентина); 33402 (Бразилия); 30637 (ICARDA); 33881 (Колумбия); 30124 (Мексика); 34349-4, 34394-4 (Непал), 31823, 32390, 32405 (СИММУТ); 31157, 31310-2, 33290, 34267, 34482 (США) и 3 селекционных линий: СФР 135-17-20-2; СФР 184-3-5-7; СФР 193-12-8-6-1. У трёх сортов из Канады: Alta, Gerta, Frank - при использовании маркера SCM9 отмечена транслокация 1AL.1RS.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возбудителями септориоза озимой и яровой пшеницы в условиях Центрально-Чернозёмного региона РФ являются три вида: *Septoria tritici* Rob. et. Desm., *Stagonospora avenae* f. sp. triticea Jons. и *Stagonospora nodorum* [Berk.] Castellani & E.G. Germano. Частота встречаемости доминирующего вида *S. tritici* составляла 72-90%, *S. nodorum* - 10 - 22%, *S. avenae* - 1-7%, в зависимости от сорта-хозяина.

Выявлено влияние вида и сорта-хозяина, а также природно-климатических условий возделывания растений на частоту встречаемости видов септориоза.

Проведённые исследования позволили выделить группу сортов **озимой мягкой пшеницы**, сильно поражающихся видом *S. tritici*, для которых установлено превышение порога вредоносности 40% за период исследований 2011-2017 гг. Это такие сорта, как Мироновская 808 (48,3%) и Синтетик (44%). Сорта Скипетр (41,1%), Губернатор Дона (40%), Поволжская 86 (40,2%), Северодонецкая Юбилейная (40,8%) и Московская 39 (39,4%) имели степень поражения видом *S. tritici* в пределах 40%. Отдельно следует выделить группу сортов Московская 56 (34%), Волжская К (33,9), Бирюза (32,9%), Донская Лира (28,9%), которые имели на протяжении всех лет испытаний степень поражения видом *S. tritici* ниже 40%.

Два сорта **яровой мягкой пшеницы**: Воронежская 12 (41,6%) и Дарья (44,9%) - имели степень поражения видом *S. tritici* более 40%. Сорт Гранни за период проведённых исследований имел среднюю степень поражения патогеном 33%. Сорта Фаворит (18,4%), Л 503 (23,5%), Тулайковская 10 (24,4%) поразились видом *S. tritici* меньше 25%. Эти три сорта можно классифицировать как слабовосприимчивые к септориозу (степень поражения тремя видами в пределах 23,6% - 29,3%). Так как частота встречаемости вида *S. tritici* на этих сортах была выше по сравнению с другими (78% - 84%), то можно констатировать определённый уровень неспецифической устойчивости к этому виду.

Сорта **яровой твёрдой пшеницы** проявляют большую устойчивость к септориозу, в том числе и к виду *S. tritici*. Сорт Краснокутка 10 имел среднюю степень поражения видом *S. tritici* 30,3%. Сорта Валентина - 24,5%, Донская Элегия - 25,5%, Безенчукская 182 - 26,3%. Сорт Оренбургская 10 имел среднюю степень поражения патогеном 12,7% - это лучший показатель из всех районированных сортов.

Данные дисперсионного анализа показателей частоты встречаемости видов септориоза на сортах пшеницы Центрально-Чернозёмного региона в зависимости от условий года, складывающихся в процессе вегетации растений (2010-2017г.г.), свидетельствуют о влиянии агроклиматических условий на частоту встречаемости всех трёх видов септориоза, при этом сохраняется стабильное соотношение видов

*S. tritici*, *S. nodorum*, *S. avena*, с доминированием вида *S. tritici* на протяжении всех лет проведённых исследований.

Центрально-чернозёмная популяция *S. tritici* представлена десятью морфотипами с преобладанием дрожжеподобных быстрорастущих среднеспорულიрующих колоний. Выявлены корреляционные зависимости доминирования в популяции определённого морфотипа от жизненной формы сорта-хозяина, температуры и влажности в период вегетации растений. Доминирующими фенотипами являются быстрорастущие, среднеспорულიрующие колонии гриба. По-видимому, повышенная конкурентоспособность обеспечивается в большей степени быстрым ростом колонии. Хорошая спорულიрующая способность изолятов в условиях чистой культуры, вероятно, не соответствует таковой в условиях естественного заражения.

Впервые в Центрально-Чернозёмном регионе выявлена гетерогенность популяции *S. tritici* по признаку вирулентности на наборе из шести моногенных линий пшеницы. Определено 12 фенотипов вирулентности, доминирующими являлись фенотипы 13 и 10. По числу вирулентных изолятов изученные линии с *Stb*-генами (*Stb1-5* и *Stb7*) были охарактеризованы как среднеэффективные: тип реакции сортов-носителей этих генов не превышал 2 балла при инокуляции 63,6% моноконидиальными изолятами. Наибольшей эффективностью обладали гены *Stb1*, *Stb7* и *Stb5*, так как более 70 % изолятов гриба были авирулентны к линиям с этими генами.

В 2014-2016 гг. изучен генотипический состав популяции возбудителя бурой ржавчины на территории ЦЧР с использованием 84 монопустульных изолятов и 29 изогенных линий пшеницы (*Lr*-гены: 1, 2a, 2b, 2c, 3ka, 3bg, 9, 10, 11, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 32, 36, 38, 416, 437). Выявлены вирулентные изоляты к 24 из них.

За период проведённых исследований не выявлено вирулентных изолятов к линиям с генами *Lr41*, *Lr43*. Наблюдалось увеличение частоты изолятов *P. tritricina*, вирулентных к линии с *Lr32*. В 2014 году имели низкую встречаемость (10%) изоляты, вирулентные к линии с геном *Lr24*, в 2015 и 2016 г.г. - к линии с геном *Lr9*, в 2016 году - к линии с геном *Lr19*. Отмечено варьирование частоты встречаемости изолятов, вирулентных к линиям с генами *Lr17*, *Lr28*, *Lr36*, *Lr38*.

Таким образом, при инокуляции местной популяцией проростков изогенных линий пшеницы возбудителем бурой ржавчины и при полевой оценке на искусственном инфекционном фоне в условиях ЦЧР оказались устойчивыми линии с генами, обуславливающими ювенильную устойчивость пшеницы: *Lr9*, *Lr19*, *Lr19+25*, *Lr24*, *Lr38*, *Lr39* (= *Lr41*), *Lr43*, *Lr42*, *Lr47*, *Lr49*.

На яровую пшеницу бурая ржавчина попадает преимущественно с озимых сортов, а также из южных регионов России ближе к концу вегетации растений, о чем свидетельствует появление вирулентных изолятов к линиям с генами *Lr9*, *Lr19* на яровых сортах, тогда как в популяции, обитающей на озимых, таких изолятов обнаружено не было.

Поэтому, на наш взгляд, главная роль должна принадлежать сортам с неспецифической и возрастной устойчивостью. Использование генов *Lr28*, *Lr44*, *LrW* (= *Lr52*), обеспечивающих защиту на более поздних периодах развития ржавчины, может быть рекомендовано для селекции ржавчиноустойчивых сортов.

Среди сортов озимой (53 сорта) и яровой (48 сортов) пшеницы, находящихся в испытании с 2008 по 2017 гг., отсутствовали сорта, обладающие высокой

устойчивостью к септориозу и бурой ржавчине. В среднем, сорта яровой твёрдой пшеницы слабее поражались возбудителями этих болезней (29,3% и 23,9% - септориоз и бурая ржавчина, соответственно) по сравнению с сортами яровой мягкой (43,8% и 46,9% соответственно) и озимой мягкой пшеницы (44,8% и 40,4% соответственно).

В полевых инфекционных питомниках возбудителей болезней (септориоз, бурая ржавчина, пыльная и твёрдая головня пшеницы) проведён скрининг 1604 сортообразцов яровой пшеницы зарубежной и отечественной селекции и образцов из Мировой коллекции ВИР. Отобрано 162 источника устойчивости, из них 135 - к бурой ржавчине, 62 - к септориозу, 77 - к пыльной головне, 18 - к твёрдой головне. Особой ценностью обладают образцы с групповой устойчивостью к двум и более патогенам. К бурой ржавчине и септориозу проявили устойчивость 26 образцов; к бурой ржавчине и пыльной головне - 37; к септориозу и пыльной головне - 10; к бурой ржавчине и твёрдой головне - 5; к септориозу, бурой ржавчине и пыльной головне - 18; к септориозу, бурой ржавчине и твёрдой головне - 5; к бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне - 7. Один образец -32503, СИММУТ - обладал групповой устойчивостью к септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне.

Выявлено 79 сортов и образцов пшеницы (65 образцов из коллекции ВИР и 14 селекционных линий пшеницы, созданных в Среднерусском филиале ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина), отличающихся групповой устойчивостью к болезням и хозяйственно полезными свойствами. В результате скрининга с использованием молекулярных маркеров у изучаемых образцов выявлено наличие генов *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr34*, *Lr1*, *Lr10*, *Lr20*, *Lr26* и отсутствие *Lr21*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr37*, *Lr41*, *Lr47* и *Lr50*. Среди селекционного материала Среднерусского филиала преобладали линии с геном *Lr19* в сочетании с малоэффективными генами *Lr10*, *Lr20* и *Lr26*.

Использование высокоэффективных источников и доноров устойчивости в качестве родительских компонентов скрещиваний позволило создать продуктивные линии с устойчивостью к одной или группе эпифитотийно опасных болезней. Из питомников предварительного и конкурсного испытаний на искусственном инфекционном фоне выделено восемь линий мягкой пшеницы с групповой устойчивостью к септориозу, бурой и стеблевой ржавчинам, пыльной и твёрдой головне: 43/10/, 1375/08/, 1452/08/, 1487/08/, 1887/08/, 2017/08/, 2034/08/, 2891/09/. Урожайность линий превышала контроль - сорт Фаворит до 1,7 ц/га.

На основании показателей площади под кривой развития болезни, индекса устойчивости, продолжительности латентного периода из 270 образцов яровой пшеницы на фоне искусственного заражения популяцией бурой ржавчины был выявлен 21 сортообразец мягкой пшеницы, обладающий неспецифической устойчивостью к болезни, и 9 образцов, обладающих вертикальной устойчивостью. По результатам молекулярного скрининга, неспецифическая устойчивость у образцов 31865, СИММУТ; 34646, 30288, 34641, Мексика была детерминирована геном *Lr34*, обнаружены комбинации малоэффективных *Lr*-генов, в том числе с *Lr34*: 34707 (*Lr1*, *Lr34*), Мексика; 32406 (*Lr10*, *Lr34*), СИММУТ; 34396 (*Lr10*, *Lr34*), Непал; СФР 135-17-36 (*Lr10*, *Lr26*), СФР 184-3-5-76 (*Lr10*, *Lr20*, *Lr26*), Россия (Среднерусский филиал); 33832 (*Lr26*), СИММУТ; 34349-4 (*Lr26*), Непал.

Показатель площади под кривой развития болезни у сортов с неспецифической устойчивостью колебался по годам в пределах 13-837 условных единиц, в то время



как у восприимчивых сортов Саратовская 29, Тетчер он составлял 927-1050 единиц.

В группе сортов с расонеспецифическим типом устойчивости продолжительность латентного периода в среднем составила 12,4 дня с широким диапазоном варьирования: 10- 21дней. У восприимчивых сортов средняя продолжительность латентного периода составила 9,3 дня с варьированием этого показателя от 8,5 до 10дней.

Таким образом, анализ многолетних полевых исследований даёт основание полагать, что интегрирующим показателем неспецифической устойчивости пшеницы к бурой ржавчине может служить площадь под кривой развития болезни, индекс устойчивости и продолжительность латентного периода. Вычленение одного из показателей может привести к ошибочной интерпретации данных.

В коллекцию ВИР в 2014 и 2017 годах были переданы 25 линий яровой мягкой пшеницы, обладающих устойчивостью к септориозу, бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе, пыльной и твёрдой головне в условиях ЦЧР: RL-3; RL-6; RL-27-8; RL-6-4; RL-6-8; СФР 34396-2; СФР 193-12-8-6-1; СФР 135-17-20-2; RL-16; СФР 32338-1-17-1; СФР 33809-7-3; СФР 135-17-16-15, Д-869(7), St.3/09-1, St.3/09-2, St. 1/10, St.10/10, St.18/10-68/4, RL 1443(08), RL2034(08), RL2198(06), RL7917, RL8494, RL8498a, RL 8498б.

На основании анализа 23 комбинаций скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) форм к септориозу с восприимчивыми (или высоковосприимчивыми) установлено, что устойчивость к болезни носит доминантный характер наследования у сортов и линий Новосибирская 15, Эстивум 476, рецессивный - у четырёх линий (Лютесценс 599; 30306, США и др.); у двух линий в наследовании признака устойчивости к септориозу предположено комплементарное взаимодействие генов: к-54049, Австралия; Лютесценс 558. У трёх образцов: Удача; Лютесценс 620; Эстивум 59 - дигенное наследование: 1 доминантный и 1 рецессивный гены. Пять выделенных сортообразцов: Терция, Сибирская 155, Тулайковская 10, Эстивум 529, Новосибирская 44 - имеют дигенное наследование признака по типу полного доминирования; сорт Лубнилка - моногенное наследование признака по типу неполного доминирования.

При скрещивании 9 устойчивых (или слабовосприимчивых) с устойчивыми (или слабовосприимчивыми) к септориозу сортообразцами пшеницы отмечено, что у гибридов, полученных в результате скрещиваний Р: Удача × 34267-3-15, США; Р: Новосибирская 44 × 33809-7-13, Мексика; Р: Новосибирская 44 × 33907-1-2, Колумбия, присутствовало аддитивное взаимодействие генов.

Проведённый гибридологический анализ по установлению закономерности наследования признака устойчивости пшеницы к бурой ржавчине 22 комбинаций скрещиваний устойчивых (или слабовосприимчивых) и восприимчивых образцов пшеницы позволяет предположить у 6 сортообразцов моногибридное наследование с полным доминированием (Новосибирская 44 (*Lr9*, *Lr10*), Удача (*Lr9*), к-54049, Австралия и др). У сорта Сибирская 155 - комплементарное взаимодействие генов. У двух сортов: Тулайковская 10, Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Прохоровка) и четырёх гибридных линий: (Новосибирская 15 × Л 144); Лютесценс 620 (*Lr9*); Эстивум 59 и Эстивум 476 (*Lr19*, *Sr25*) - дигенное наследование: 1 доминантный и 1 рецессивный гены. Дигенное наследование по типу полного доминирования предположено у трёх образцов:

Лютесценс 558 (*Lr19, Sr25*); Эстивум 614; 34267-3-15, США (*Lr 9, Lr19, Lr26, Lr34, Sr25*) и сорта Терция (*Lr9*) (при скрещивании с сортом Воронежская 6).

Рецессивный характер наследования устойчивости к бурой ржавчине имели три гибридные линии: к-30304, Австралия; 30306, США (*Lr10*); 31310-2, США (*Lr26, Lr34, Pm8, Sr31, Yr9*). Следует отметить, что расщепление по признаку устойчивости в данных случаях связано с наличием других детерминант, отличных от перечисленных.

Гибринологический анализ по результатам 15 комбинаций скрещиваний устойчивых образцов к бурой ржавчине с устойчивыми позволил выявить аддитивное взаимодействие генов при пяти скрещиваниях (P:RL-9-1-2 × Эстивум 520; P: Мерцана (*Lr19, Sr25*) × Эстивум 56; и др.). У гибридов первого поколения скрещивания P: Новосибирская 44 (*Lr9, Lr10*) × 33809-7-13, Мексика отмечено ингибирование экспрессии генов устойчивости.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В условиях ЦЧР при составлении и реализации селекционных программ следует использовать в качестве источников и доноров:

1. Созданную нами признаковую коллекцию современных источников и доноров: сортообразцы яровой мягкой пшеницы, обладающие неспецифической устойчивостью к бурой ржавчине - 21 сортообразец (34659, Бразилия; 31865, СИММУТ; 30288, Мексика; СФР 184-3-5-76, Россия и другие), 9 образцов с вертикальной устойчивостью, в том числе с генами устойчивости *Lr10, Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1* (31776-2, СИММУТ); *Lr1* (31388, США); к-31684, Грузия; 34985, США; *Lr26, Pm 8, Yr9, Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1* (31823, СИММУТ); *Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1* (31959, СИММУТ); *Lr34, Pm38, Yr18, Ltn1* (32632-4, Мексика); *Lr10* (34646, Мексика); *Lr10* (34211, Бразилия).

2. 162 селекционных образца, отличающихся устойчивостью к основным грибным патогенам: 135 - к бурой ржавчине, 62 - к септориозу, 77 - к пыльной головне, 18 - к твёрдой головне. С групповой устойчивостью к бурой ржавчине и септориозу - 26 образцов (33402, Бразилия; 290965, Мексика; 33815, Мексика и другие). К бурой ржавчине и пыльной головне - 37 (к-31684, Грузия; 61292, Беларусь; 30774, Бразилия и другие); к септориозу и пыльной головне - 10 (32992, Мексика; 31945; 31942, Бразилия и другие); к бурой ржавчине и твёрдой головне - 5 (31353, США; 33445, СИММУТ; 31985, СИММУТ; 34985, Перу и другие); к септориозу, бурой ржавчине и пыльной головне - 18 (30579, ИКАРДА; 34211, Бразилия; 32650, Бразилия и другие); к септориозу, бурой ржавчине и твёрдой головне - 5 (32662, Мексика; 30104, Мексика; 49270, США и другие); к бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне - 7 (32581, СИММУТ; 31959, СИММУТ; 31574, СИММУТ; 47066, Перу; 349115, Мексика; 49441, Канада; 33333, Индия). Один образец - 32503, СИММУТ с групповой устойчивостью к септориозу, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне.

3. Новый, созданный нами, исходный материал, адаптированный к зональным условиям (селекционные линии) для селекции яровой пшеницы на групповую и комплексную устойчивость к биотическим стрессам: 43/10/, 1375/08/, 1452/08/, 1487/08/, 1887/08/, 2017/08/, 2034/08/, 2891/09/.

4. Источники и доноры устойчивости переданы в ВИР: RL-3 (*Lr19, Sr25*); RL-6; RL-27-8; RL-6-4; RL-6-8; СФР 34396-2 (*Lr10, Lr20*); СФР 193-12-8-6-1 (*Lr10, Lr19, Sr25, Lr26, Pm8, Sr31, Yr9*); СФР 135-17-20-2 (*Lr10, Lr19, Sr25, Lr20, Lr26, Pm8, Sr31, Yr9*); RL-16 (*Lr19, Sr25, Lr20*); СФР 32338-1-17-1 (*Lr19, Sr25*); СФР 33809-7-3

(Lr19, Sr25); СФР 135-17-16-15 (Lr10), Д-869(7) (Lr9), St.3/09-1, St.3/09-2, St. 1/10, St.10/10, St.18/10-68/4, RL 1443(08), RL2034(08) (Lr19, Sr25), RL2198(06) (Lr19, Sr25), RL7917, RL8494 (Lr19, Sr25), RL8498a (Lr19, Sr25), RL 8498б (Lr19, Sr25). Они предлагаются для широкого экологического испытания, использования в селекции в других агроклиматических зонах РФ.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Продолжение работ по оценке адаптивного потенциала коллекционных и созданных гибридов и линий пшеницы, выделение наиболее устойчивых генотипов при подборе родительских пар.

2. Использование выделенных и созданных источников и доноров устойчивости к экономически значимым фитопатогенам в качестве исходного материала в селекции пшеницы на устойчивость к биотическим стрессам.

3. Расширение генетико-селекционных исследований по частной генетике признаков устойчивости к биотическим стрессорам, выявлению закономерностей наследования ценных признаков в гибридном потомстве.

4. С использованием MAS-селекции продолжить поиск и выявление генов устойчивости в исходном материале, в том числе у доноров с расонеспецифической устойчивостью.

5. Разработка селекционных программ на устойчивость к экономически значимым болезням в условиях ЦЧР для защиты посевов пшеницы от болезней.

### **СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Статьи, опубликованные в журналах, входящих в перечень международных реферативных баз данных и список ВАК РФ**

1. **Зеленева, Ю.В.** Методические подходы к выявлению источников устойчивости пшеницы к возбудителю *Septoria tritici* / **Ю.В. Зеленева** // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2008. – Т. 13. – № 15 – С. 333-337.
2. Плахотник, В.В. Оценка селекционного материала пшеницы на устойчивость к *Septoria tritici* в Центрально-Чернозёмном регионе / В.В. Плахотник, В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева** // АГРО XXI. – 2009. – № 7-9. – С. 9-10.
3. Судникова, В.П. Инфекционный фон в селекции пшеницы на устойчивость к возбудителям септориоза / В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева** // Зерновое хозяйство России. – Зерноград, 2010. – № 3 (9). – С. 37-40.
4. Судникова, В.П. Иммунологическая оценка и отбор зарубежных сортообразцов пшеницы, устойчивых к *S. tritici* в условиях ЦЧР на искусственном инфекционном фоне / В.П. Судникова, А.М. Пучнин, **Ю.В. Зеленева**, А.А. Кашковский // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2010. – Т. 15. – № 5 – С. 1572-1575.
5. Судникова, В.П. Влияние районированных сортов озимой пшеницы на видовую структуру возбудителей септориоза в ЦЧР / В.П. Судникова, А.М. Пучнин, **Ю.В. Зеленева**, А.А. Кашковский // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2010. – Т. 15. – № 5 – С. 1570-1571.
6. Чекмарёв, В.В. Эффективность фунгицидов против бурой ржавчины и септориоза озимой пшеницы в условиях Тамбовской области / В.В. Чекмарёв, В.В. Плахотник, **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // АГРО XXI. – 2011. – № 1-3. С. 26-28.
7. **Зеленева, Ю.В.** Видовая структура возбудителей септориоза тритикале в ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, Ю.В. Данилина // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2011. – Т. 16. – № 2. – С. 654-655.

8. Судникова, В.П. Внутривидовая структура популяции ЦЧР *Stagonospora nodorum* тритикале по морфолого-культуральным признакам / В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева**, М.В. Кончикова // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2011. – Т. 16. – № 2. – С. 684-685.
9. Судникова, В.П. Влияние агротехнических приёмов на развитие септориоза в Тамбовской области / В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева**, Е.Н. Воротникова // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2011. – Т. 16. – № 2. – С. 681-683.
10. **Зеленева, Ю.В.** Источники инфекции возбудителей септориоза в Тамбовской области / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // В Мире научных открытий. – Красноярск, 2012. – № 5.1 (29). – С. 170-180.
11. **Зеленева, Ю.В.** Структура популяций *Septoria tritici* в Центральном Черноземье / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // АГРО XXI. – 2012. – № 4-6. – С. 14-16.
12. **Зеленева, Ю.В.** Изучение морфолого-культуральных признаков грибов рода *Septoria* территории ЦЧР, выращенных на КГА / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, А.А. Кашковский // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 384-389.
13. **Зеленева, Ю.В.** Видовая структура возбудителей септориоза на сортах яровой пшеницы ЦЧР в 2011 сельскохозяйственном году / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, А.А. Кашковский, Ю.В. Данилина // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 390-393.
14. **Зеленева, Ю.В.** Характеристика популяции *Septoria tritici* Rob et. Desm. в Центрально-Чернозёмном регионе / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2012. – Т. 17. – № 2. – С. 772-775.
15. **Зеленева, Ю.В.** Изучение морфолого-физиологических свойств гриба *Bipolaris sorokiniana* (sacc.) shoemaker, выделенного с диких злаков Тамбовской области / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, Т.М. Дмитриева // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2013. – Т. 18. – № 4-1. – С. 1266-1269.
16. **Зеленева, Ю.В.** Идентификация *Lr-генов* у образцов мягкой пшеницы, устойчивых к возбудителю бурой ржавчины в условиях ЦЧР, с использованием ДНК-маркёров / **Ю.В. Зеленева**, Е.И. Гулятьева, В.В. Плахотник // Вестник защиты растений. – 2013. – № 3. – С. 34-39.
17. **Зеленева, Ю.В.** Пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) nevski) – источник инфекции возбудителей септориоза на территории Тамбовской области / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, Т.М. Дмитриева // Зерновое хозяйство России. – Зерноград, 2013. – № 5 (29). – С. 67-70.
18. Плахотник, В.В. Источники и высокоэффективные доноры для селекции яровой пшеницы на устойчивость к стрессовым факторам среды / В.В. Плахотник, В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева** // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2014. – № 1(50) – С. 109-113.
19. **Зеленева, Ю.В.** Зависимость развития септориоза от агротехнических приёмов в условиях Тамбовской области / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 192-193.
20. **Зеленева, Ю.В.** Хранение инфекционного материала возбудителей септориоза пшеницы (*S. tritici*, *S. nodorum*) / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2014. – Т. 19. – № 2. – С. 780-784.
21. **Зеленева, Ю.В.** Ботанико-экологические особенности эхиноцистиса лопастного, произрастающего на территории Центральной Европейской части России / **Ю.В.**

- Зеленева, А.А.** Луканская, И.В. Якунина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2014. – Т. 19. – № 2. – С. 785-790.
22. **Зеленева, Ю.В.** Влияние сорта на патогенные свойства возбудителя *Septoria tritici* Rob. et. Desm. в условиях Центрального Черноземья / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2014. – № 2 (51). – С. 15-20.
23. **Зеленева, Ю.В.** Подбор изолятов *Stagonospora nodorum*, вызывающих септориоз пшеницы, для создания искусственного инфекционного фона / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2015. – Т. 20. – № 1. – С. 210-213.
24. **Зеленева, Ю.В.** Создание источников устойчивости яровой пшеницы к опасным болезням и вредителям в условиях Центрального Черноземья / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова, Ю.М. Денисова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2015. – № 3(57). – С. 20-27.
25. Бучнева, Г.Н. Видовое разнообразие и структура доминирующего комплекса фузариозной семенной инфекции пшеницы в ЦЧР России / Г.Н. Бучнева, **Ю.В. Зеленева**, Г.Н. Бучнева, Ю.М. Денисова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2015. – № 4 (58). – С. 16-22.
26. Кузнецов, А.А. Методы искусственного заражения подсолнечника грибами рода *Fusarium* Link et Fr. в условиях Тамбовской области / А.А. Кузнецов, А.А. Выприцкая, **Ю.В. Зеленева** // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – № 2. – С. 592-597.
27. **Зеленева, Ю.В.** Распространённость и развитие возбудителей листовых пятнистостей на территории Центрально-Чернозёмного региона / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – № 2. – С. 598-602.
28. Чекмарёв, В.В. Зависимость урожайности проса от факторов погоды в условиях Тамбовской области / В.В. Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева** // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – № 2. – С. 603-605.
29. Выприцкая, А.А. *Chaetomium chartorum* – патоген семян подсолнечника / А.А. Выприцкая, А.А. Кузнецов, **Ю.В. Зеленева** // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – № 5. – С. 1877-1879.
30. Чекмарёв, В.В. Оценка эффективности фунгицидов в отношении корневых гнилей пшеницы на искусственном инфекционном фоне / В.В. Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева** // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2016. – Т. 21. – № 5. – С. 1918-1921.
31. **Зеленева, Ю.В.** Идентификация *Lr-генов* в селекционных линиях яровой мягкой пшеницы, устойчивых к возбудителю бурой ржавчины в условиях ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова // Зерновое хозяйство России. – Зерноград, 2017. – № 3 (51). – С. 19-24.
32. **Зеленева, Ю.В.** Методические подходы к определению расонеспецифической устойчивости к возбудителю *Puccinia graminis* pers. F.sp.tritici erikss. Et henn. / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2017. – № 2 (64). С. 9-15.
33. **Зеленева, Ю.В.** Устойчивость районированных сортов пшеницы к эпифитотийно опасным болезням / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, В.В. Плахотник // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2017. – Т. 22. – № 2. С. 404-410.
34. **Зеленева, Ю.В.** Структура патогенных свойств популяции возбудителя твёрдой головни пшеницы (*Tilletia caries* (D.C.) Tul) в Центрально-Чернозёмном регионе / **Ю.В.**

- Зеленева, В.В.** Плахотник, В.П. Судникова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2017. – Т. 22. – № 2. – С. 399-403.
35. **Зеленева, Ю.В.** Источники и доноры для селекции яровой пшеницы на устойчивость к стрессорным факторам среды / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова, В.В. Плахотник, И.В. Гусев** // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2017. – № 3(65). – С. 17-25.
36. **Чекмарёв, В.В.** Построение формул прогноза болезней растений на основе граничных значений факторов погоды / **В.В. Чекмарёв, Ю.В. Зеленева, Э.А. Баукенова, А.В. Казачек** // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2017. – № 4(66). – С. 15-22.
37. **Зеленева, Ю.В.** Влияние генотипа растения-хозяина на морфолого-культуральные свойства возбудителей септориоза / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова** // Зерновое хозяйство России. – Тамбов, 2018. – № 2 (56). – С. 60-64.
38. **Выприцкая, А.А.** Методы искусственного заражения подсолнечника грибами рода *Rhizopus Ehrenb* / **А.А. Выприцкая, А.А. Кузнецов, Ю.В. Зеленева, А.В. Козачек** // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2018. – № 2(68). – С. 28-33.
39. **Зеленева, Ю.В.** Влияние биотических факторов на фитопатогенный комплекс возбудителей семян пшеницы / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова** // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов, 2018. – № 2(68). – С. 34-39.
40. **Судникова, В.П.** Методология выявления источников устойчивости к твёрдой головне пшеницы (*Tilletia caries* (D.C.) tul) / **В.П. Судникова, В.В. Плахотник, Ю.В. Зеленева, Л.В. Бокунова** // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – Курск, 2018. – № 6. – С. 66-71.

#### Монография

41. **Зеленева, Ю.В.** Устойчивость видов *Triticum* L. к возбудителям заболевания септориоза / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова** // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. Серия: естественно-техническая: коллективная монография. Тамбов: Бизнес-Наука-Общество, 2015. – С. 137-154.

#### Методические пособия и рекомендации производству

42. **Чекмарёв, В.В.** Методические рекомендации по испытанию химических препаратов и других средств против твёрдой головни пшеницы на искусственном инфекционном фоне / **В.В. Чекмарёв, Ю.В. Зеленева, В.Ф. Фирсов, В.А. Лёвин.** Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2011. – 46 с.
43. **Зеленева, Ю.В.** Возбудители септориоза пшеницы, изучение популяций по морфолого-физиологическим свойствам, устойчивость сортообразцов к патогену / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова, В.В. Плахотник.** Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2011. – 35 с.
44. **Пучнин, А.М.** Самостоятельная работа по дисциплинам специализации «Экология и биология растений» / **А.М. Пучнин, Н.В. Давидчук, С.В. Викулов, Е.В. Малышева, Ю.В. Зеленева.** Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2011. – 84 с.
45. **Чекмарёв, В.В.** Рекомендации по оценке экономической эффективности применения средств защиты / **В.В. Чекмарёв, Зеленева Ю.В., В.А. Лёвин.** Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2012. – 21 с.
46. **Зеленева, Ю.В.** Источники инфекции септориоза зерновых культур: методическое пособие / **Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова.** Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2012. – 21 с.
47. **Чекмарёв, В.В.** Методика определения фунгицидной активности химических препаратов и других средств в отношении возбудителей болезней растений – грибов рода *Fusarium* / **В.В. Чекмарёв, Ю.В. Зеленева, Г.Н. Бучнева, О.И. Корабельская, Л.Н.**

- Вислобокова, В.А. Левин, В.Ф. Фирсов. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. – 45 с.
48. Чекмарёв, В.В. Технология совместного применения электромагнитного излучения низкой частоты (ЭМИ), микро- и макроэлементов для повышения болезнеустойчивости и урожайности зерновых колосовых культур / В.В.Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева**, Л.Н. Вислобокова, В.Ф. Фирсов, В.А. Левин, Я.М. Ковальчук. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. – 34 с.
49. Плахотник, В.В. Источники и доноры устойчивости яровой пшеницы к эпифитотийно и особо опасным болезням в Центрально-Чернозёмном регионе / В.В. Плахотник, **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, Л.В. Бакунова. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. – 26 с.
50. **Зеленева, Ю.В.** Практикум по молекулярной биологии / **Ю.В. Зеленева**, Н.В. Кузнецова. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2013. – 59 с.
51. Чекмарёв, В.В. Методика составления краткосрочного прогноза развития ржавчинных заболеваний зерновых культур (для условий Тамбовской области) / В.В. Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева**, В.А. Левин, В.Ф. Фирсов, И.В. Якунина. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2014. – 30 с.
52. **Зеленева, Ю.В.** Почвоведение: учебно-методическое пособие: в 2 ч. / **Ю.В. Зеленева**, И.В. Якунина, В.П. Судникова. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2014. – Ч. 1. – 111 с.
53. Чекмарёв, В.В. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам / В.В. Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева**, Г.Н. Бучнева, О.И. Корабельская, Н.Н. Дубровская, В.А. Левин, В.Ф. Фирсов. – Тамбов: Принт-Сервис, 2015. – 61 с.
54. **Зеленева, Ю.В.** Биология: рекомендации к лекционным занятиям: учебное пособие: в 2 ч. / **Ю.В. Зеленева**, Э.А. Баукенова. – Тамбов: Принт-Сервис, 2015. – Ч. I. – 151 с.
55. **Зеленева, Ю.В.** Биология: рекомендации к лекционным занятиям: учебное пособие: в 2 ч. / **Ю.В. Зеленева**. – Тамбов: Принт-Сервис, 2016. – Ч. II. – 172 с.
56. Чекмарёв, В.В. Методика определения эффективности химических препаратов в отношении возбудителей фузариозных корневых гнилей пшеницы и резистентности грибов рода *Fusarium* к фунгицидам-протравителям семян / В.В. Чекмарёв, **Ю.В. Зеленева**, Г.Н. Бучнева, Н.Н. Дубровская, О.И. Корабельская, И.В. Гусев. – Тамбов, 2018. – 54 с.

#### Публикации в других научных изданиях

57. Судникова, В.П. К вопросу о селекции сортов яровой пшеницы на устойчивость к септориозу (*Septoria tritici* Rob et Desm) в условиях ЦЧР/ В.П. Судникова, В.В. Плахотник, **Ю.В. Зеленева** // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 1(4) – С. 29-31.
58. **Зеленева, Ю.В.** Проблема доноров устойчивости сортов пшеницы к возбудителю *Septoria tritici* в Центрально-Чернозёмном регионе / **Ю.В. Зеленева** // Научно-практическая конференция молодых учёных «Молодые учёные агропромышленному комплексу Поволжья». 15-17 февраля 2010 г. – Саратов, 2010. – С. 55-58.
59. Плахотник, В.В. Структура патогенного комплекса и морфолого-физиологические свойства возбудителей болезней зерновых колосовых культур в ЦЧР / В.В. Плахотник, В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева** // Научно-практическая конференция «Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в современных условиях». – Пенза, 2010. – С. 235-239.
60. Плахотник, В.В. Устойчивость сортообразцов яровой пшеницы к возбудителю *Septoria tritici* в центрально-чернозёмном регионе / В.В. Плахотник, В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева** // Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция): научные труды. – М., 2011. – Т. IV. – Ч. 1. – С. 367-372.

61. Судникова, В.П. Структура патогенного комплекса рода *Septoria*, селекция на устойчивость к болезням / В.П. Судникова, **Ю.В. Зеленева**, В.П. Плахотник // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вязёмы Московской области. 17-21 июля 2012 г. – М., 2012. – С. 462-470.
62. **Зеленева, Ю.В.** Фенотипические различия структуры популяций возбудителя *Septoria tritici* на сортах пшеницы, возделываемых в ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, А.А. Кашковский // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в условиях изменяющегося климата: международная научно-практическая конференция. Посвящается 100-летию со дня образования ГНУ Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии. – Тамбов, 2012. – С. 154-158.
63. **Зеленева, Ю.В.** Источники и доноры устойчивости пшеницы к возбудителю *Septoria tritici* / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: третья Всероссийская и международная конференция. – СПб., 2012. – С. 216-220.
64. **Зеленева, Ю.В.** Видовой состав и структура популяций возбудителей септориоза на сортах пшеницы, возделываемых в ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях (посвящается 140-летию А.Г. Дояренко): сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2014. – С. 57-61.
65. **Зеленева, Ю.В.** Факторы, влияющие на структуру популяций септориальных грибов пшеницы / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, В.В. Плахотник // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии применения биологических средств защиты растений в производстве органической сельскохозяйственной продукции». 16-18 сентября 2014 г. – Краснодар, 2014. – Вып. 8. – С. 352-355.
66. **Зеленева, Ю.В.** Источники и доноры устойчивости пшеницы к вредным организмам в условиях Центрального Черноземья / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова // Экологическая стабилизация аграрного производства. Научные аспекты решения проблемы (посвящается 140-летию со дня рождения Н.М. Тулайкова): сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов, 18-19 марта. – Саратов, 2015. – С. 36-40.
67. **Зеленева, Ю.В.** Эпидемиологическая оценка устойчивости к септориозу районированных сортов озимой и яровой пшеницы / **Ю.В. Зеленева** // Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений: материалы Международной конференции с элементами научной школы для молодых учёных, аспирантов и студентов, 24-27 ноября. Большие Вязёмы. – М., 2015. – С. 339-343.
68. **Zeleneva, Y.V.** The incidence of species of *Septoria* pathogens on crops of winter triticale in Central black-earth region / **Y.V. Zeleneva**, V.P. Sudnikova, V.V. Plahotnik // Scientific achievements of the third millennium. Collection of scientific papers, on materials of the international scientific-practical conference April 30, 2016 Ed. SIC "LJournal", 2016. – P. 10-14.
69. **Zeleneva, Y.V.** Development of the integrated systems of wheat protection From epiphytotic dangerous diseases in the central black Earth region of the Russian Federation / **Y.V. Zeleneva**, V.P. Sudnikova, V.V. Plahotnik // Science and Education [Text] : materials of the XI international research and practice conference, Munich, Vol. I, April 6th – 7th, 2016 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2016. – P. 132-138.
70. Плахотник, В.В. Структура популяции возбудителей твёрдой головки пшеницы (*Tilletia caries* (d. c.) Tul) в ЦЧР / В.В. Плахотник, **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, Л.В.



Бокунова //: Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы: материалы международной конференции. Большие Вязёмы, Московская область, 2016. – М., 2016. – С. 72-75.

71. **Зеленева, Ю.В.** Доноры устойчивости яровой пшеницы к возбудителю септориоза (*Septoria tritici* Rob. et. Desm.) / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, В.В. Плахотник // Современные технологии в сельскохозяйственной науке и производстве (посвящается 130-летию со дня рождения А.П. Шехурдина): материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – Саратов: Научная книга, 2016. – С. 38-41.

72. **Зеленева, Ю.В.** Новый исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы / **Ю.В. Зеленева**, В.В. Плахотник, В.П. Судникова // Селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам: материалы международной научно-практической конференции (г. Омск, 19-21 июля 2016 г.). – Омск: ЛИТЕРА, 2016. – С. 64-68.

73. **Зеленева, Ю.В.** Внутривидовая дифференциация возбудителей твёрдой головни пшеницы (*Tilletia caries* (D.S.) tul) и пыльной головни ячменя (*Ustilago nuda* (Jens.) Kell. Swing) в ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, В.В. Плахотник // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: тезисы докладов IV Международной конференции. – СПб.: ФГБНУ ВИЗР, 2016. – С. 104.

74. **Зеленева, Ю.В.** Возбудители листовых пятнистостей пшеницы на территории ЦЧР / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» с молодёжной стратегической сессией «Кадры, ресурсы, возможности, инновации». – Краснодар, 2016. – Вып. 9. – С. 42-45.

75. **Зеленева, Ю.В.** Встречаемость видов септориоза на посевах зерновых колосовых культурах в Центрально-Чернозёмном регионе России / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль: материалы Международной конференции. Большие Вязёмы Московской области, 13-17 ноября 2017 г. – Большие Вязёмы, 2017. – С. 92-97.

76. **Зеленева, Ю.В.** Изучение и прогнозирование интенсивности поражения пшеницы септориозом и бурой ржавчиной в полевых условиях Тамбовской области / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова // Всероссийская научно-практическая интернет-конференция молодых учёных и специалистов с международным участием, посвящённая 130-летию со дня рождения Р.Э. Давида, «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция». – Саратов, 2017. – С. 23-29.

77. Баукенова, Э.А. Иммунологическая оценка устойчивости к септориозу районированных сортов озимой и яровой пшеницы / Э.А. Баукенова, **Ю.В. Зеленева** // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2017. – № 2. – С. 12-14.

78. **Зеленева, Ю.В.** Совместное развитие видов септориоза на сортах озимой пшеницы / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, И.В. Гусев // Вторая Всероссийская научно-практическая интернет-конференция молодых ученых и специалистов с международным участием, посвящённая 140-летию со дня рождения Плачек Е.М., «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция». – Саратов, 2018. – С. 30-35.

79. **Зеленева, Ю.В.** Источники устойчивости яровой пшеницы к эпифитотийно опасным болезням / **Ю.В. Зеленева**, В.П. Судникова, В.В. Плахотник, Л.В. Бокунова // Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации». – Краснодар, 2018. – С. 337-339.