

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»  
(ФГБНУ ФНЦБЗР)

На правах рукописи

ЯХНИК ЯНА ВИКТОРОВНА

**ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ФУНГИЦИДОВ НА  
ПОПУЛЯЦИОННУЮ СТРУКТУРУ ВОЗБУДИТЕЛЯ СЕТЧАТОЙ  
ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ ЯЧМЕНЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук,  
член-корреспондент РАН  
Волкова Галина Владимировна

Краснодар – 2025 г.

## Оглавление

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                                                           | 4  |
| ГЛАВА I. РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ВРЕДНОСНОСТЬ, БИОЛОГИЯ ГРИБА <i>PYRENOPHORA TERES</i> И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО ОТ СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ (обзор литературы)..... | 15 |
| 1.1 Распространение, вредоносность и биология возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя.....                                                                      | 15 |
| 1.2 Диагностика развития сетчатой пятнистости листьев ячменя с помощью компьютерного зрения.....                                                                        | 24 |
| 1.3 Защита ячменя озимого с использованием устойчивых к патогену сортов.....                                                                                            | 27 |
| 1.4 Биопрепараты для защиты ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев.....                                                                                         | 35 |
| 1.5 Химическая защита ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев и проблема формирования резистентности гриба <i>Pyrenophora teres</i> к фунгицидам.....            | 41 |
| ГЛАВА II. МЕСТО, УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....                                                                                                 | 49 |
| 2.1 Место и условия проведения исследований.....                                                                                                                        | 49 |
| 2.2 Объекты и материалы исследований .....                                                                                                                              | 51 |
| 2.3 Методы исследований.....                                                                                                                                            | 55 |
| ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....                                                                                                                                 | 64 |
| 3.1 Диагностика развития сетчатой пятнистости листьев ячменя с помощью компьютерного зрения.....                                                                        | 64 |
| 3.2 Иммунологическая оценка высеваемых на юге России сортов ячменя озимого относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев .....                                  | 68 |
| 3.3 Влияние смеси разнородных сортовых посевов ячменя озимого на развитие сетчатой пятнистости листьев.....                                                             | 73 |

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4 Морфолого-культуральные признаки популяции <i>Pyrenophora teres</i> центральной агроклиматической зоны Краснодарского края.....                                                            | 79  |
| 3.5 Вирулентность популяции <i>Pyrenophora teres</i> .....                                                                                                                                     | 83  |
| 3.5.1 Вирулентность популяции <i>Pyrenophora teres</i> , отобранной из центральной агроклиматической зоны Краснодарского края.....                                                             | 83  |
| 3.5.2 Вирулентность образцов популяции <i>Pyrenophora teres</i> , отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя.....                                                                    | 87  |
| 3.5.3 Вирулентность образцов популяции <i>Pyrenophora teres</i> , отобранных после обработки фунгицидами различных химических классов и микробиологическими препаратами.....                   | 90  |
| 3.6 Агрессивность образцов популяции <i>Pyrenophora teres</i> центральной агроклиматической зоны Краснодарского края, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя озимого.....        | 95  |
| 3.7 Чувствительность к фунгицидам различных химических классов и микробиологическим препаратам популяции <i>Pyrenophora teres</i> центральной агроклиматической зоны Краснодарского края ..... | 103 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                                                                                                                                | 111 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                                                                                                          | 118 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                                                                                                                                | 152 |

## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение аридности климата, нарушение севооборота, применение фунгицидов, изменение генетической устойчивости промышленных сортов и интродукция семенного материала провоцируют изменение видового состава возбудителей болезней сельскохозяйственных культур, что наиболее заметно в отношении пятнистостей листьев злаков ввиду повсеместного нарастания их вредоносности в последние десятилетия (Баранов, 2019). Вследствие того, что ежегодные потери ячменя озимого от грибных заболеваний составляют от 30 до 50 %, необходимо всестороннее изучение структуры и изменчивости популяции возбудителя по вирулентности, агрессивности и чувствительности к фунгицидам в комплексе с разработкой современных методов цифровых интеллектуальных технологий, что и стало предметом наших исследований (Лавринова и др., 2018; Долгополова, Кондратова, 2019).

**Актуальность темы.** Традиционная практика диагностики болезни и определения экономического порога вредоносности основана на визуальной оценке, но является затруднительной и требует высокой квалификации специалистов. Принципиально новым и крайне перспективным подходом в диагностике развития сетчатой пятнистости листьев ячменя представляется метод, основанный на компьютерном зрении — технологии автоматического (без участия человека) распознавания степени развития болезни по изображению или серии изображений.

Меры борьбы с грибными болезнями включают в первую очередь селекцию и районирование высокопродуктивных сортов, обладающих устойчивостью к локальным заболеваниям определённой эколого-географической зоны (Данилова и др., 2021). Сетчатая пятнистость листьев (возбудитель — аскомицет *Pyrenophora teres* Drechs.) имеет высокую генетическую вариабельность популяции по признаку вирулентности, что способствует быстрому преодолению

устойчивости сорта (Afanasenko et al., 2015; Akhavan et al., 2017; Анисимова и др., 2017; Rozanova et al., 2019). Генетический полиморфизм популяции патогена обусловлен гетерогенностью растения-хозяина, что предполагает формирование популяции микромицета с различными морфолого-культуральными свойствами, детерминированными различиями в генетической структуре сортов ячменя озимого (*Hordeum vulgare* L.), различающихся по устойчивости к заболеванию (Konig et al., 2013; Kang et al., 2019).

Повышение пестицидной нагрузки за последние десятилетия спровоцировало высокую частоту мутаций, выявив и закрепив новые устойчивые штаммы популяций (Lucas et al., 2015). Одним из негативных проявлений пестицидных обработок стало явление резистентности (Ellwood et al., 2019; Backes, 2021; Knight et al., 2023; Sautua, Carmona, 2023). Ежегодно возрастает количество и объёмы обработок посевов пестицидами, но в то же время увеличиваются и потери урожая от болезней, что приносит значительный экономический и экологический ущерб агропромышленному комплексу (Санин, 2016; Mezaache-Aichour, 2018; Suemoto, 2019). Попытки борьбы с формами фитопатогенных грибов с низкой чувствительностью к фунгицидам посредством увеличения дозировок фунгицидов и кратности обработок бесперспективны, так как вызывают появление и распространение более устойчивых популяций патогенов. Изучение изменения структуры популяции патогена под действием фунгицидов отличительных от рекомендуемых норм применения становится все более актуальным. Доминирующими в современном сельском хозяйстве тенденциями, направленными на его экологизацию, считают сокращение дозировок фунгицидов без снижения эффективности их защитного действия и преодоление резистентности фитопатогенов (Щербакова, 2019). Изучение внутрипопуляционной изменчивости гриба *P. teres* под влиянием различных по

устойчивости сортов и действию фунгицидов крайне важно и актуально, что и стало предметом наших исследований.

**Степень разработанности темы.** Существует значительное число работ, посвященных задачам диагностики болезней сельскохозяйственных растений, и несколько публикаций, посвященных вопросам локализации пораженных болезнями участков растений (DeChant et al., 2017; Zhang et al., 2017; Fuentes et al., 2018; Lin et al., 2019; Chen et al., 2021; Saleem et al., 2021). Работ, связанных с количественной оценкой степени развития болезни в рамках одного объекта (экземпляра растения), на основе методов компьютерного зрения не выявлено.

Сетчатая пятнистость листьев является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний ячменя озимого во всем мире, поэтому исследования, направленные на изучение генетики устойчивости растения-хозяина к патогену, проводятся российскими и иностранными учеными под руководством ведущих специалистов. За рубежом вопросами микроэволюции в популяциях возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя занимаются в Университете Ростока (Германия) под руководством Ф. Новакази (Novakazi et al., 2020), в Институте природных ресурсов (Финляндия) под руководством М. Ели (Jalli, Robinson, 2000), в Австралийском центре международных сельскохозяйственных исследований (Австралия) под руководством С. Эллвуда, (Ellwood et al., 2019), в Университете штата Северная Дакота (США) под руководством З. Лю (Liu et al., 2012), в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси» (Республика Беларусь) под руководством А. А. Зубковича (Зубкович, Гриб, 2017) и др. В России исследования по изучению генетики устойчивости ячменя к возбудителю сетчатой пятнистости листьев проводятся во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений под руководством О. С. Афанасенко (Afanasenko et al., 2022), во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова под руководством

И. В. Розановой (Rozanova et al., 2019). В настоящее время основным направлением является проведение полногеномных ассоциативных исследований и определение локусов устойчивости растения-хозяина для проведения маркерной селекции. Вопросы влияния генетики сорта на структуру популяции патогена изучены недостаточно (Amezrou et al., 2008; Wonneberger et al., 2017; Novakazi et al., 2020; Rozanova et al., 2019; Clare et al., 2020; Afanasenko et al., 2022).

Резистентность сетчатой пятнистости листьев к фунгицидам основных химических классов фиксируется повсеместно и изучается во всем мире (Backes et al., 2021; Tini et al., 2022; Knight et al., 2023). Исследования, проведенные в Австралии (Centre for Crop and Disease Management, Curtin University), выявили снижение чувствительности к фунгицидам триазолового класса и к группе ингибиторов сукцинатдегидрогеназы (пиразолкарбоксамиды) (Mair et al., 2023). В Аргентине (Universidad de Buenos Aires) в 2021 году обнаружены новые мутантные формы гриба *P. teres* f. *teres*, устойчивые к пидифлуметофену и флюксапироксаду (Sautua, Carmona, 2023). В Японии (Health and Crop Sciences Research Laboratory) зафиксирована резистентность к стробилуринам (Matsuzaki et al., 2020).

Для разработки научно обоснованной стратегии защиты ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев необходимо получение фундаментальных знаний о внутрипопуляционных изменениях фитопатогенного гриба *P. teres* под влиянием таких важных факторов, как устойчивость сорта и действие фунгицидов. Для южного региона России подобных исследований нет.

**Цель исследований** – определить влияние различных по устойчивости сортов ячменя озимого и фунгицидов из разных химических классов и микробиологических препаратов на изменчивость структуры популяции *Pyrenophora teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края по морфолого-культуральным признакам, вирулентности, агрессивности, чувствительности к препаратам.

### **Задачи исследований:**

1. создать аннотированный набор данных, предназначенный для решения задачи автоматической семантической сегментации проявлений сетчатой пятнистости листьев ячменя;
2. провести иммунологическую оценку основных высеваемых на юге России сортов ячменя озимого относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев в ювенильную фазу и фазу взрослого растения; ранжировать их по степени устойчивости;
3. определить влияние генетически разнородных сортовых посевов ячменя озимого на развитие возбудителя сетчатой пятнистости листьев;
4. оценить морфолого-культуральные признаки, вирулентность и агрессивность моноконидиальных изолятов *P. teres*, отобранных с сортов ячменя озимого, различающихся по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев (умеренно устойчивых сортов (MR) Версаль, Виват и восприимчивых сортов (S) Романс, Рубеж);
5. охарактеризовать вирулентность моноконидиальных изолятов *P. teres*, выделенных с растений после обработки фунгицидами из разных химических классов и микробиологическими препаратами: триазолы (Магнелло, КЭ (дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л)), Капелла, МЭ (дифеноконазол 30 г/л, пропиконазол 120 г/л, флутриафол 60 г/л)), Колосаль Про, КМЭ (пропиконазол 300 г/л, тебуконазол 200 г/л)), триазолы и стробилурины (Амистар Трио, КЭ (азоксистробин 100 г/л, пропиконазол 125 г/л, ципроконазол 30 г/л)), стробилурины (Квадрис, СК (азоксистробин 250 г/л)), *Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж), *Pseudomonas aureofaciens* (Псевдобактерин-2, Ж), *Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП);

6. определить чувствительность региональной популяции *P. teres* к фунгицидам на основе триазолов, стробилуринов, биопрепаратам на основе *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Trichoderma harzianum*.

**Научная новизна.** Впервые установлено, что на умеренно устойчивых сортах ячменя озимого (Версаль MR, Виват MR) накапливаются сложные расы *P. teres*, имеющие широкий спектр вирулентности и повышенную агрессивность. Обработка ячменя озимого биопрепаратами на основе *Pseudomonas aureofaciens* и *Trichoderma harzianum* не приводит к увеличению вирулентности популяции *P. teres*. Обработка ячменя озимого химическими фунгицидами на основе триазолов (дифеноконазол, тебуконазол, пропиконазол, флутриафол) способствует отбору рас гриба *P. teres* с более широким спектром вирулентности.

**Теоретическая значимость.** Получены новые фундаментальные знания о структуре и изменчивости популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя под влиянием двух важных факторов – устойчивости сорта и действия фунгицидов для разработки стратегии интегрированной защиты ячменя озимого.

Подтверждена прямая пропорциональная зависимость между устойчивостью сорта ячменя озимого и патогенностью популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев. Доказано, что на умеренно устойчивых сортах ячменя озимого накапливаются расы *P. teres*, имеющие высокую агрессивность и способные преодолевать гены устойчивости растения-хозяина более устойчивых сортов.

Установлено, что применение биопрепаратов на основе *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Trichoderma harzianum* (Оргамика С, Ж, Псевдобактерин-2, Ж, Трихоцин, СП) при более низкой в сравнении с химическими препаратами биологической эффективности имеет положительный эффект в пролонгированной защите посевов ячменя озимого локального

агроценоза, так как в популяции гриба *P. teres* не происходит отбор более вирулентных рас.

**Практическая значимость.** Выявлен устойчивый сорт ячменя озимого Тимофей, который рекомендован для использования в зонах сильного распространения сетчатой пятнистости листьев.

Для сдерживания сетчатой пятнистости листьев рекомендовано использование сортосмешанных посевов восприимчивого (Романс S) и умеренно устойчивого сортов ячменя (Иосиф MR) в оптимальном сочетании – 1 S:4 MR.

Рекомендовано использование препаратов на основе триазолов (пропиконазол 300 г/л, тебуконазол 200 г/л (Колосаль Про, КМЭ), дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л (Магнелло, КЭ), дифеноконазол 30 г/л, пропиконазол 120 г/л, флутриафол 60 г/л (Капелла, МЭ)) и *Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж) для оперативного сдерживания развития болезни.

**Методология и методы исследований.** Исследования выполнены по общепринятым методикам, которые подробно изложены в разделе «Материалы и методы исследований» во второй главе диссертации.

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

1. Высокая степень обратной корреляции доли умеренно устойчивого сорта в сортовой смеси и развития сетчатой пятнистости листьев ячменя. На умеренно устойчивых сортах (Версаль, Виват) накапливаются сложные расы *P. teres*, имеющие широкий спектр вирулентности и повышенную агрессивность.

2. Под действием биопрепаратов на основе *Pseudomonas aureofaciens* (Псевдобактерин-2, Ж) и *Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП) не происходит увеличение вирулентности популяции *P. teres*. Под действием химических фунгицидов на основе триазолов (пропиконазол 300 г/л, тебуконазол 200 г/л (Колосаль Про, КМЭ), дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л (Магнелло, КЭ), дифеноконазол 30 г/л, пропиконазол 120 г/л, флутриафол 60 г/л (Капелла,

МЭ)) происходит отбор рас гриба *P. teres* с более широким спектром вирулентности.

3. Чувствительность популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края к препаратам на основе триазолов (действующие вещества: флутриафол, дифеноконазол, тебуконазол, пропиконазол) и *Bacillus amyloliquefaciens* остается на высоком уровне для оперативного сдерживания болезни в регионе.

**Апробация работы и публикация результатов исследования.** Работу проводили на базе лаборатории иммунитета растений к болезням Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений». Разработку модели для диагностики степени развития сетчатой пятнистости листьев на посевах озимого ячменя осуществляли при финансовой поддержке Кубанского научного фонда (далее – КНФ) (проект № МФИ-20.1/121 (2022-2024 гг.)). Популяционные исследования патогена по признаку вирулентности, изучение устойчивости сортов ячменя озимого выполнены согласно Государственному заданию FGRN-2022-0004 (2019–2024 гг.). Анализ структуры популяций *P. teres* по вирулентности и агрессивности, отобранных с различных по устойчивости сортов в разные фазы онтогенеза, проведён в рамках проекта р\_Наставник №19-416-235005 (2019–2020 гг.), выполненному при поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края. Изучение чувствительности *P. teres* к фунгицидам выполняли в рамках проекта КНФ «Наставник-21.1/28» (2021–2022 гг.) и гранта Российского научного фонда № 23-76-10063 (2023–2025 гг.).

Результаты работы были представлены на XIII Международной научно-практической конференции (26 – 28 февраля 2020 г., Ростов-на-Дону) с темой доклада «Эффективность генов устойчивости ячменя против сетчатой пятнистости в фазу всходов»; на международной научно-практической конференции «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» (24–27 мая 2022 г.,

Краснодар) с темой доклада «Чувствительность сетчатой пятнистости ячменя к фунгицидам триазолового класса»; на отчетной конференции грантодержателей КНФ (20–22 июня 2022 г., г. Сочи) с темой доклада «Изучение влияния фунгицидов триазолового класса на структуру популяций возбудителей бурой ржавчины пшеницы и сетчатой пятнистости ячменя»; на 11-й Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» (12–16 сентября 2022 г., г. Краснодар) с темой доклада «Чувствительность изолятов *Pyrenophora teres* к фунгицидам на основе триазолов» и постерного доклада «The optimal nutrient medium for *Pyrenophora teres* cultivation with maximum aggressive parameters»; на Международной научно-практической конференции «Обеспечение технологического суверенитета АПК: подходы, проблемы, решения» (16–17 февраля 2023 г., г. Екатеринбург) с темой доклада «Иммунологическая оценка сортов ярового и ячменя в разные фазы развития»; на 11-й Международной научно-практической конференции «Защита растений от вредных организмов» (19–23 июня 2023 г., г. Краснодар) с темой доклада «Влияние различных по устойчивости сортов ячменя озимого на степень поражения сетчатой пятнистостью листьев»; на международной научно-практической конференции «Карантин и защита растений» (26–28 октября 2023 г., п. Быково, Московская область) с темой доклада «Изучение развития сетчатой пятнистости листьев ячменя озимого в различных агроклиматических зонах Краснодарского края»; на Международной научно-практической конференции «Фитосанитарная безопасность: угрозы и пути решения» (14–15 декабря 2023 г., г. Алматы, Казахстан) с темой доклада «Чувствительность возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя к фунгицидам»; на XVII Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития АПК» (28 февраля 2024 г., г. Ростов-на-Дону) с темой доклада «Цифровые решения для фитосанитарного мониторинга: ИИ-диагностика развития сетчатой пятнистости озимого ячменя»; на IV Всероссийском Съезде по защите растений (16–19 апреля 2024 г., г. Санкт-Петербург) с темой доклада «Интеллектуальная модель оценки

развития сетчатой пятнистости озимого ячменя»; на Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда (29–31 мая 2024 г., г. Сочи) с темой доклада «Компьютерное зрение для наблюдения и учета сетчатой пятнистости листьев ячменя озимого»; на XII Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» (17–19 сентября 2024 г., г. Краснодар) с темой доклада «Изменение структуры северокавказской популяции *Pyrenophora teres* под влиянием фунгицидов различных химических классов»; на Международной научно-практической конференции «Агрономия-2024» (19–20 ноября 2024 г., г. Москва) с темой доклада «Изучение влияния фунгицидов триазолового и стробилуринового классов патогенность популяции *Pyrenophora teres*»; на III Международном саммите молодых учёных «Синергия Deep Health и Deep Food Tech подходов» (30 ноября – 2 декабря 2024 г., г. Сочи) с темой доклада «Изучение внутрипопуляционной изменчивости *Pyrenophora teres* под влиянием различных по устойчивости сортов и действию фунгицидов».

Получены свидетельства о государственной регистрации трёх баз данных: № 2023624018 от 09.11.2023 г. «Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней». Авторы: Данилова А. В., **Яхник Я. В.**, Волкова Г. В., Лоскутов И. Г.; № 2024621996 от 13.05.2024 г. «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе». Авторы: Волкова Г. В., **Яхник Я. В.**, Данилова А. В., Ариничева И. В., Ариничев И. В.; № 2025621010 от 04.03.2025 г. «Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев центральной агроклиматической зоны Краснодарского края». Авторы: **Яхник Я. В.**, Волкова Г. В., Кустадинчев А. Д., Данилова А. В.

Получено четыре акта внедрения результатов исследования в работу организаций: ФГБНУ АНЦ «Донской», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», ФГБНУ ФНЦБЗР, ИП В. Н. Фандий.

По теме диссертации опубликовано 19 работ, из которых 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 – в изданиях, индексируемых в базе данных WoS, 7 – в прочих изданиях, 1 – научно-практические рекомендации, 3 базы данных.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 203 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы (глава 1), описания условий, объектов и методов исследования (глава 2), результатов исследования (глава 3), заключения, практических рекомендаций, приложений (6). Включает 12 таблиц и 23 рисунка. Библиографический список состоит из 265 наименований, в том числе 129 иностранных.

**Личный вклад соискателя.** Автор принимала непосредственное участие в постановке и проведении опытов, обработке полученных данных, подготовке и написании публикаций и диссертационной работы.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю доктору биологических наук, член-корр. РАН, главному научному сотруднику лаборатории иммунитета растений к болезням, заместителю директора по развитию и координации НИР ФГБНУ ФНЦБЗР Волковой Г. В. за помощь в постановке опытов и написании диссертационной работы; начальнику отдела аспирантуры и образовательной деятельности Вертий Е. А., заведующей лабораторией фитосанитарного мониторинга агроэкосистем кандидату биологических наук Кремневой О. Ю. за ценные советы, а также всему коллективу лаборатории иммунитета растений к болезням за помощь в проведении исследований. Автор выражает благодарность доктору биологических наук, профессору кафедры высшей математики ФГБОУ ВО КубГАУ Ариничевой И. В. и кандидату экономических наук, доценту кафедры теоретической экономики ФГБОУ ВО КубГУ Ариничеву И. В. за плодотворное сотрудничество в области машинного обучения и искусственного интеллекта.

# **ГЛАВА I. РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ВРЕДНОСНОСТЬ, БИОЛОГИЯ ГРИБА *PYRENOPHORA TERES* И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО ОТ СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ (обзор литературы)**

## **1.1 Распространение, вредоносность и биология возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя**

Одним из первых видов злаков, окультуривание которых началось более 10 тысяч лет назад, является ячмень, его возделывание началось практически одновременно в разных странах и регионах (Saltini, 1996; Козубовская и др., 2017). Одной из самых крупных стран-производителей ячменя считается Россия, а лидирующую позицию среди регионов по площади возделывания ячменя озимого занимает Краснодарский край, где средняя площадь посевов составляет 182,1 тыс. га при общем значении на территории РФ – 729,6 тыс. га (Фирсова, 2018; Ворокова, 2018; Скибина, 2019). За последние пять лет на территории Российской Федерации общая площадь посевов культуры увеличилась на 44,3 %, при увеличении общей урожайности на 6,2 % (Федеральная служба государственной статистики, 2024). В 2023 году посевные площади ячменя озимого составили 692,4 тыс. га, из них в Краснодарском крае ячмень был высеян на площади 183,1 тыс. га (26,4 % от общей площади) (Федеральная служба государственной статистики, 2024). В настоящее время регион стабильно занимает лидирующие позиции и по показателям урожайности озимых зерновых культур. В 2019 году в крае получена самая высокая урожайность ячменя озимого – 60,7 ц/га, при средней урожайности в России 26,9 ц/га (Коваленко, 2019). В 2023 году урожайность ячменя озимого в Краснодарском крае составила 56,0 ц/га при средней урожайности в хозяйствах всех категорий Российской Федерации 28,3

ц/га. Соотношение показателей площади и урожайности свидетельствует о высоких урожаях ячменя озимого в условиях интенсивного растениеводства на юге России. Интенсификация земледелия предусматривает увеличение применения средств химической защиты для более полной реализации потенциальной возможности формирования высоких урожаев и улучшения качества зерна, что является первостепенным направлением растениеводства (Кононова, Жиленко, 2016).

Гриб *P. teres* f. *teres* впервые описан в России в 1928 году Э. Э. Гешеле (1928), но обрел широкое распространение и стал вызывать экономически значимые потери в конце 50-х – начале 60-х гг. прошлого века (Сущевич, Шашко, 2022). Патоген адаптирован к различным климатическим условиям, поэтому в настоящее время грибок встречается повсеместно и является самой распространенной и вредоносной болезнью ячменя во всех высевающих данную культуру странах (Tekauz, Mills, 1974; Лашина и др., 2020; Ben Alaya et al., 2021; Tomic et al., 2024). Гриб *P. teres* является космополитом, поражая широкий круг злаков, но специализируется на 17 видах рода *Hordeum* (Ишкова и др., 2000; Matny et al., 2025). По данным литературы, вид *P. teres* также является возбудителем заболевания на посевах пшеницы яровой и практически не встречается на пшенице озимой, преимущественно вызывая поражение посевов на Северо-Западе России (Михайлова и др., 2010). На юге Российской Федерации среди заболеваний ячменя сетчатая пятнистость листьев стала преобладать с 1990–2000 годов, вызывая потери урожая ячменя озимого от 15 % до 50 %, что особенно влияет на восприимчивые к патогену сорта (Хасанов, 1992). Распространённость патогена может достигать 100 %, а развитие – 50-90 % при оптимальных для развития патогена метеорологических условиях и при высевах восприимчивых сортов на производственных и селекционных посевах (Афанасенко, 1996).

Гемибитрофные паразиты в последние десятилетия в мире и в России увеличивают вредоносность на посевах злаков (Лашина, 2015; Астапчук, 2017). Исследователь И. О. Донцова отмечает, что именно сетчатая пятнистость листьев является доминантом в патогенном комплексе по критериям вредоносности и эпифитотийной опасности среди болезней ячменя в Южном федеральном округе (Донцова, 2015).

Фитосанитарный мониторинг – основа интегрированной защиты растений, с помощью которого выявляется состояние посевов, распространенность и развитие болезней, а также осуществляется планирование защитных мероприятий (Волкова и др., 2021). Так как сетчатая пятнистость листьев является доминантом в патогенном комплексе ячменя, специалистами филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Краснодарскому краю осуществляется ежегодный мониторинг производственных посевов данной культуры с целью контроля болезни (Обзор фитосанитарного состояния..., 2020–2023). Ранняя весна вегетационного сезона 2019–2020 гг. характеризовалась умеренным температурным режимом с заморозками и недостаточным количеством осадков, поэтому большого распространения и развития болезни не наблюдалось (Обзор фитосанитарного состояния..., 2020). В мае наблюдалось интенсивное нарастание болезни в нижнем ярусе листьев. В летний период для дальнейшего развития возбудителя погодные условия складывались не благоприятно. В Южном федеральном округе болезнь на посевах озимых зерновых была зафиксирована на 82,9 тыс. га. Повышенное распространение 11,0 % – 17,7 % было отмечено в Краснодарском крае с интенсивностью развития 0,5 % – 1,0 %.

В вегетационном сезоне 2020–2021 гг. в мае на листьях были отмечены единичные проявления болезни ввиду умеренного температурного режима и недобора осадков (Обзор фитосанитарного состояния..., 2021). Для дальнейшего развития возбудителя сетчатой пятнистости ячменя погодные условия

складывались благоприятно в июне, вследствие этого проявление болезни было отмечено повсеместно на листовой поверхности до отмирания нижних листьев в посевах. В Южном федеральном округе болезнь на посевах озимых зерновых была выявлена на 80,54 тыс. га. В весенний период болезнь отмечалась в Краснодарском крае, с распространением 8,5 % и развитием 0,5 % (Обзор фитосанитарного состояния..., 2021).

Широкому распространению заболевания способствовали погодные условия весны 2022 г. (Обзор фитосанитарного состояния..., 2022). Практически повсеместно на производственных и селекционных посевах ячменя озимого были отмечены единичные пятна, распределённые хаотично по листовой поверхности. Также для дальнейшего развития возбудителя в начале лета погодные условия складывались благоприятно, повсеместно на листовом аппарате отмечено проявление болезни. Было выявлено повсеместное отмирание листьев нижнего яруса растений. В конце июня – начале июля погодные условия складывались неблагоприятно для дальнейшего развития возбудителя заболевания. В Южном федеральном округе болезнь на посевах озимых зерновых была зафиксирована на 41 тыс. га. Распространение патогена отмечено на уровне 5,0 % и развитие 2,0 % (Обзор фитосанитарного состояния..., 2022).

На производственных посевах Краснодарского края в течение вегетационного сезона 2022–2023 гг. сложились благоприятные погодные условия для развития сетчатой пятнистости листьев ячменя (Обзор фитосанитарного состояния..., 2023). Прохладная затяжная весна с большим количеством осадков способствовала развитию сетчатой пятнистости листьев, так как гриб *P. teres* был обнаружен повсеместно с развитием болезни до 80 %.

Сетчатая пятнистость может поражать не только листья, но и стебли и семена ячменя (Liu et al., 2011). Проявление симптомов зависит от совокупности нескольких компонентов, таких как генотип хозяина, вирулентность возбудителя

и факторы окружающей среды (Kosiada, 2008). На листьях высокоустойчивых сортов присутствует несколько точечных некротических поражений без развития характерного сетчатого рисунка (Zadoks et al., 1974; Mclean et al., 2010; Backes et al., 2021). Болезнь развивается быстро на восприимчивых сортах, первые симптомы проявляются на инфицированных тканях в виде коричневых некротических пятен, которые увеличиваются в размерах и образуют эллиптические или веретенообразные поражения размером до 6 мм, окруженные хлорозами (рисунок 1). Увеличивающиеся в размерах хлорозы при дальнейшем развитии заболевания могут привести к появлению некрозов и гибели всего листа. После увядания листьев на нижнем ярусе болезнь распространяется на верхние ярусы.



Рисунок 1 – Развитие симптомов заболевания сетчатой пятнистостью листьев ячменя на восприимчивых сортах: а) озимый сорт Романс в фазе начала выхода трубки (BBCH 30); б), в) озимый сорт Рубеж в фазе конца трубкования (BBCH 49) (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

*P. teres* предпочитает умеренные и влажные условия. Оптимальный температурный режим для первичной инфекции составляет от 10 до 15 °C

(Mathre, 1997). Спороношение происходит при температуре от 15 до 25 °С при наличии достаточной влажности. Сетчатая пятнистость обладает достаточной лабильностью к условиям окружающей среды, что обеспечивает ее широкое распространение во всех регионах выращивания ячменя (Martin, 1984).

Зимует *P. teres* в виде псевдотеций на растительных остатках или семенах (рисунок 2). Семена являются одним из основных источников инфекции, мицелий сохраняется внутри, на поверхности – конидии (Рожко, Крупенько, 2024).



Рисунок 2 – Поражение сетчатой пятнистостью: а) поражение падалицы ячменя озимого в осенний период; б) псевдотеции *Pyrenophora teres* на соломе; в), г) псевдотеции *Pyrenophora teres* на растительных остатках (ув. 4/0.10) (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021–2023 гг.

Определено, что наибольшая заспоренность семян возбудителями гельминтоспориозов выявляется в годы с высоким уровнем влагообеспеченности, диапазон составляет от 20 до 60 % (Марченкова и др., 2019). Эффективной защитой против возбудителя сетчатой пятнистости листьев, сохраняющегося на семенах, является протравливание, эффективность которого определяется на

основе результатов фитоэкспертизы (Abebe Worku, 2022; Tomic et al., 2024). Обработка фунгицидами семенного материала позволяет снизить развитие и распространение сетчатой пятнистости листьев на начальных этапах роста ячменя (Рожко, Крупенько, 2024).

На юге России сетчатая пятнистость в осенний период также поражает падалицу и озимые сорта, вызывая характерные сетчатые повреждения. При созревании в весенний период аскоспоры освобождаются и поражают весенние посевы (Liu et al., 2011). Также первичным инокулятом могут служить конидии, перезимовавшие на растительных остатках (Liu et al., 2011).

Аскомицет *P. teres* существует в двух формах, а именно *Pyrenophora teres* f. *teres* (*Ptt*), индуцирующий сетчатую форму, и *Pyrenophora teres* f. *maculata* (*Ptm*) индуцирующий точечную форму (Serenius et al., 2007; Poudel et al., 2017). Несмотря на то, что данные формы генетически схожи, патофизиология их заболеваний различна (Lightfoot, Able, 2010; Bouhouch et al., 2024). Различные симптомы заболевания объясняются различиями в росте грибов, так как форма *Ptm* первоначально растет как биотроф, образуя внутриклеточные везикулы в эпидермальных клетках, прежде чем переключиться на некротрофный (межклеточный) рост в мезофилле, в то время как форма *Ptt* быстрее растет в мезофилле.

После инокуляции аскоспоры и конидии прорастают в течение 6 часов, а гифы растут на поверхности листа до образования апрессорий (рисунок 3, а-г). Затем гриб продолжает расти под эпидермисом и в мезофилле. У восприимчивых генотипов первые симптомы появляются через 72 часа, к этому времени в клетках, контактирующих с гифами, развивается некроз (Lightfoot, Able 2010; Novakazi, 2020). В клетках, не контактирующих с гифами, некрозы, окруженные хлорозами, обнаруживаются через 120 часов, гифы утолщаются и разрушают ткань листа (рисунок 4, а-г) (Sarpeleh et al., 2008). Через 168 часов после

инокуляции на поверхности листа появляются новые конидиофоры, которые служат источником вторичного инокулята.

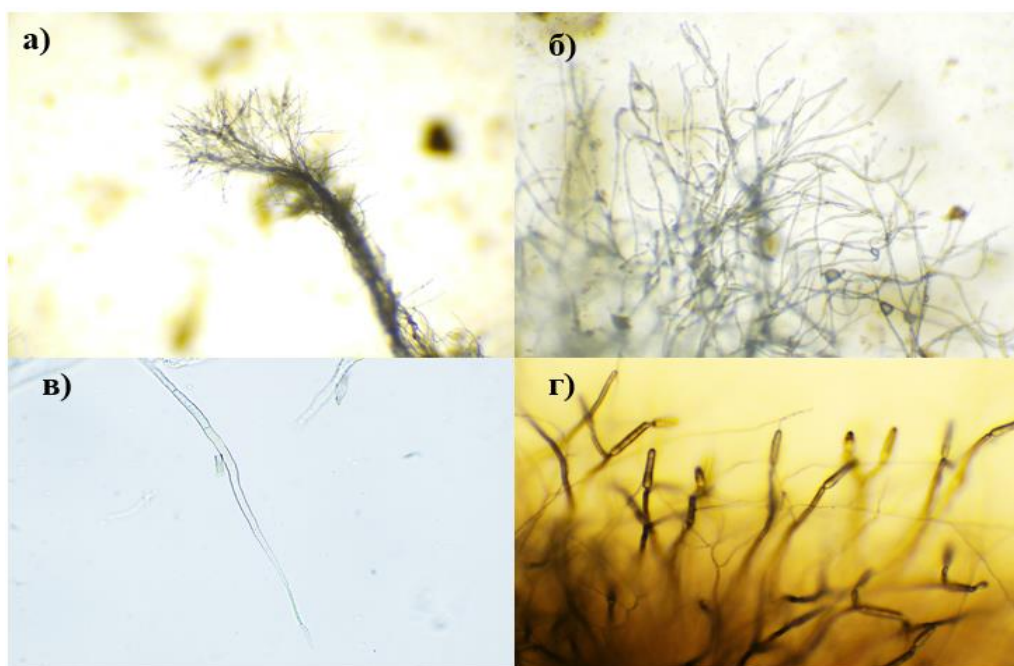


Рисунок 3 – Рост *Pyrenophora teres* на морковно-свекольном агаре: а), б) рост мицелия с формированием проростковых трубок и апрессорий (ув. 4/0.10); в) проростковая трубка (ув. 40/0.65); г) формирование конидий (ув. 10/0.25) (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021–2023 гг.

Взаимодействие патогена с производственными сортами, выращиваемыми на значительных площадях, является одним из наиболее важных факторов, влияющих на структуру его популяции. Однако, такие факторы, как половая рекомбинация, естественная мутация, генетический дрейф и поток генов также в значительной степени влияют на генетическую структуру патогена. *P. teres* способен выживать на стерне ячменя в поле, преодолевать большие расстояния через воздушно-капельные аскоспоры или зараженные семена. Кроме того, *P. teres* обладает способностью размножаться как половым, так и бесполом путем. Все эти факторы потенциально могут существенно повлиять на генетическую структуру местной популяции *P. teres*.

*P. teres* является факультативным сапротрофом. Мицелий гриба растет в живых тканях растения, спорообразование происходит в некротизированных клетках (Астапчук, 2017). Пораженная ткань окружена хлорозами. Анаморфная стадия (*Drechslera teres* (Sacc.)) производит светло-коричневые конидиофоры, которые встречаются группами до трех штук, конидии имеют прямую цилиндрическую форму с закругленными концами, 1–10 псевдосепт и имеют гиалиновый или светло-желто-коричневый цвет (Novakazi, 2020).

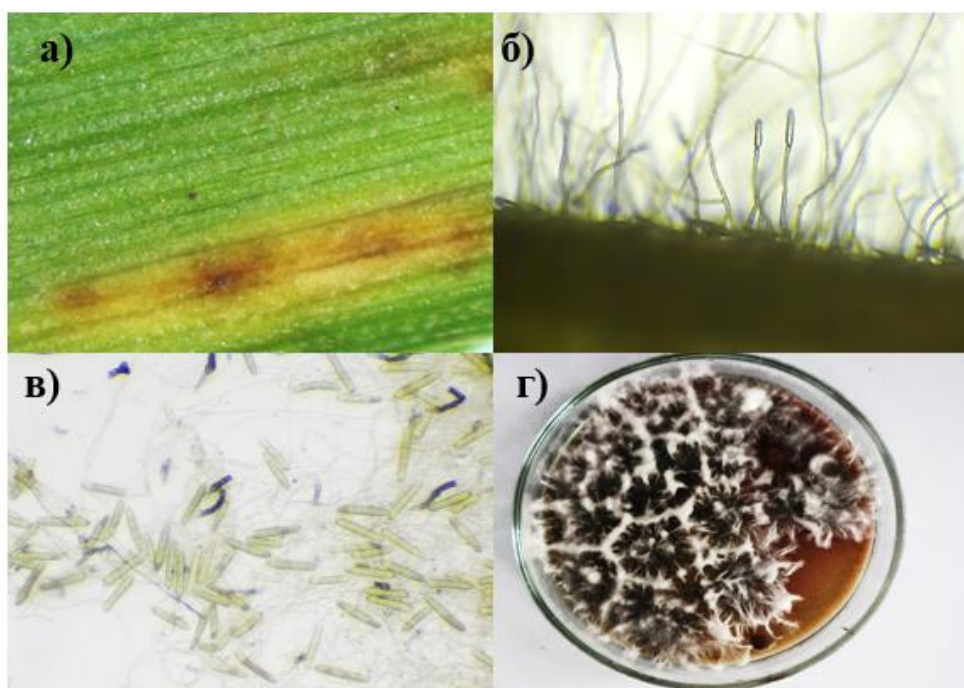


Рисунок 4 – Листовая пластина с поражением и морфологическая структура *Pyrenophora teres*: а) пораженная сетчатой пятнистостью листовая пластина (ув. х 4); б) формирование конидий на конидиеносцах (ув. 4/0.10); в) интенсивная споруляция *Pyrenophora teres* (ув. 4/0.10); г) характерные веерообразные структуры мицелия *Pyrenophora teres* на свекольно-морковном агаре (фото Яхник Я. В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021–2023 гг.

При присутствии двух противоположных совместимых типов спаривания телеоморфная *P. teres* производит темно-коричневые шаровидные псевдотеции, содержащие аски, в которых находится до восьми аскоспор. Способность к половому размножению приводит к высокой изменчивости популяций *P. teres*,

при которых появляются различные физиологические расы или патотипы, что впервые было описано в 1969 году (Khan, Boyd, 1969).

Методически обоснованная диагностика возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя и изучение биологии и жизненного цикла патогенного гриба имеет первостепенное значение для идентификации патогена и определения развития болезни и распространенности на посевах для принятия оперативного решения о проведении защитных мероприятий, а также для прогнозирования эпифитотий и своевременной корректировки технологических схем защиты.

## **1.2 Диагностика развития сетчатой пятнистости листьев ячменя с помощью компьютерного зрения**

Современная интегрированная защита зерновых культур от болезней, в том числе ячменя от сетчатой пятнистости, включает применение разных фитосанитарных мероприятий: возделывание устойчивых сортов, агротехнологические методы, протравливание семян, опрыскивание посевов фунгицидами. Сетчатая пятнистость листьев ячменя – сложное заболевание, многие из перечисленных приемов для борьбы с ним оказываются малоэффективными. Так в ассортименте возделываемых в России, в том числе и в Краснодарском крае, сортов ячменя озимого отсутствуют сорта, обладающие устойчивостью к сетчатой пятнистости листьев (Волкова и др., 2021). Агротехнические мероприятия не обеспечивают в полной мере защиту посевов от болезни (Guo et al., 2019). Отдельные приемы могут лишь несколько замедлить ее развитие. Гарантированное сохранение урожая может быть обеспечено только путем обработки растений по листу фунгицидами, эффективными против данного заболевания.

Для принятия правильного решения по применению фунгицидов против возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя необходимо уметь определять степень опасности развития эпифитотий при складывающихся условиях (сорт, погода, агротехника). В настоящее время считается, что в защите растений экономический порог вредоносности (ЭПВ) должен служить основным критерием применения химических средств защиты растений. Это не только показатель для начала обработок, но и уровень, до которого необходимо снижать численность вредного организма, чтобы не допустить потерь урожая. Для сетчатой пятнистости листьев ячменя – это 15 % развития болезни (Ершова, Велибекова, 2017). Своевременное и точное выявление патогенов на хлебных злаках до достижения экономического порога вредоносности заболеваний и быстрое принятие решения о проведении защитных мероприятий, которое можно было бы осуществить с минимальными трудовыми и временными затратами, является актуальной на сегодня задачей (Afanasenko et al., 2011).

Традиционная практика диагностики болезни и определения экономического порога вредоносности основана на визуальной оценке (Койшыбаев, Муминджанов, 2016). Но она является затруднительной и требует высокой квалификации специалистов, своевременный выезд которых не всегда возможен, особенно в небольшие фермерские хозяйства. Принципиально новым и крайне перспективным подходом в диагностике степени развития сетчатой пятнистости листьев ячменя представляется подход, основанный на компьютерном зрении – технологии автоматического (без участия человека-эксперта) распознавания патогена и степени его развития по изображению или серии изображений.

Современные методы компьютерного зрения основываются и демонстрируют качество детекции объектов на изображениях, сравнимое, а в некоторых случаях даже превосходящее человеческое. Тем не менее, применение указанных методов конкретно к проблеме детекции болезней и их развития находится скорее в

зачаточном состоянии. В последнее время только начинают появляться статьи зарубежных авторов, посвященные данной проблематике (Zhang et al., 2017; Fuentes et al., 2018; Lin et al., 2019; Saleem et al., 2021). В данных работах подтверждается важность решаемой задачи и перспективность подходов, основанных на современном нейросетевом компьютерном зрении. Предлагаемые исследования носят междисциплинарный характер и проводятся на стыке сельскохозяйственной фитопатологии и искусственного интеллекта.

Высокой актуальностью и практической ценностью обладают вопросы, связанные со своевременным и оперативным учетом физиологического и фитосанитарного состояния посевов (Berman et al., 2018; Picon, 2018). Разработка информационно-технологического решения, базирующегося на методах искусственного интеллекта, способного определять степень интенсивности развития патогена на растении, позволит фермеру и агроному проводить учет вредных организмов и четко представлять, при достижении какого уровня развития болезни следует приступить к проведению защитных мероприятий.

Исследование находится в рамках проблематики применения методов компьютерного зрения к задачам детекции, классификации и сегментации изображений. На сегодняшний день существует значительное число работ, посвященных задачам диагностики болезней сельскохозяйственных растений и несколько публикаций, посвященных вопросам локализации пораженных болезнями участков растений (Zhang et al., 2017; DeChant et al., 2017; Fuentes et al., 2018; Lin et al., 2019; Chen et al., 2021; Saleem et al., 2021). Работ, связанных с количественной оценкой степени развития в рамках одного объекта (экземпляра растения) на основе методов компьютерного зрения, не выявлено. На сегодняшний день на юге России прямых аналогичных ИТ-решений нет. Такой подход будет способствовать минимизации трудовых, временных затрат,

эффективности защиты ячменя от сетчатой пятнистости, сохранению экологии региона.

Однако, наряду с перечисленными задачами, где ИИ-решения уже показали высокие результаты, как за счет сокращения времени диагностики, так и за счет роста доли числа точных прогнозов, высокой практической ценностью и актуальностью обладают вопросы, связанные с прогнозированием развития данной болезни. Важно не просто диагностировать заболевание и констатировать факт степени пораженности растений на текущий момент, но и составить прогноз течения болезни.

Возникает необходимость разработки программного решения, базирующегося на методах искусственного интеллекта, способное определять степень развития сетчатой пятнистости листьев на ячмене, что будет иметь большое практическое значение для агропромышленного комплекса Краснодарского края. Сельхозтоваропроизводитель любого уровня (агроном, специалист по защите растений, фермер и т.д.) с его помощью сможет проводить учет развития заболевания, четко представлять, при достижении какого уровня развития сетчатой пятнистости следует приступать к проведению защитных мероприятий.

### **1.3 Защита ячменя озимого с использованием устойчивых к патогену сортов**

Селекция и районирование высокопродуктивных сортов, обладающих устойчивостью к заболеваниям, играет большую роль в разработке мер борьбы с грибными болезнями, которые распространены в данной эколого-географической зоне (Вавилов, 1966; Mironenko et al., 2007; Mikhailova et al., 2010; Малкандуев и др., 2020; Данилова и др., 2021). На информации об эволюционном потенциале

локальных популяций возбудителей болезней и генетическом разнообразии устойчивости растения-хозяина базируются основные стратегии в селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к опасным вредоносным болезням (Романенко и др., 2005; Афанасенко, 2010; Филиппов, Донцова, 2014; Ronen et al., 2019). Использование устойчивых сортов снижает необходимость в обработке посевов различными средствами защиты растений, что приводит к снижению пестицидной нагрузки, сохранению ценоза агроэкосистемы и увеличению хозяйственной эффективности за счет снижения себестоимости продукции.

Доля устойчивых к патогенам сортов и гибридов ячменя озимого за рубежом составляет 70–80 %, но в России она достигает не более 20 % (Филиппов, Донцова, 2014). Направленная селекция на устойчивость к сетчатой пятнистости листьев предполагает введение в геном генов устойчивости, которые будут эффективными против патогена конкретной зоны возделывания ячменя (Донцова, 2015; Филиппов и др., 2020). Всего было проведено семь традиционных исследований ассоциаций по всему геному (GWAS) для изучения устойчивости *P. teres* f. *teres* у ячменя (Amezrou et al., 2018; Daba et al., 2019; Novakazi et al., 2020; Richards et al., 2016; Rozanova et al., 2019; Wonneberger et al., 2017; Clare et al., 2020). В настоящее время с помощью различных молекулярных методов в серии исследований были идентифицированы гены устойчивости к сетчатой пятнистости или локусы количественных признаков (QTL) на всех семи хромосомах ячменя (Richards et al., 2016; Daba et al., 2019; Muria-Gonzalez et al., 2020; Novakazi et al., 2020; Clare et al., 2020). Согласно данным литературы на хромосоме 1Н расположен локус *Rpt2*, на хромосоме 2Н – локус *Rpt3*, на хромосоме 3Н – локус *Rpt1*, на хромосоме 4Н – локус *Rpt7*, (на хромосоме 4ХС для формы *P. teres* f. *maculata* – *Rpt8*), на хромосоме 5Н – локус *Rpt6*, на хромосоме 6Н – локус *Rpt5*, на хромосоме 7Н – локус *Rpt4* (Clare et al., 2020). В

условиях юга России О. С. Афанасенко с коллегами рекомендует использовать в селекции гены устойчивости: *Rpt 1b*, *Rpt 5* и *Rpt 6* (Афанасенко, 2005; Астапчук, 2017). Эволюция вирулентных патотипов *P. teres* является основной проблемой для внедрения устойчивых к сетчатой пятнистости сортов ячменя (McLean et al., 2010; Oguz, Karakaya, 2015; Akhavan et al., 2017), обновленные знания о патогенном разнообразии и спектре вирулентности местных популяций патогенов имеют важное значение для успешного включения генов устойчивости в новые сорта (Konig, 2013). Патогенное разнообразие, присутствующее в местной популяции патогенов, представляет собой проблему для селекционеров ячменя, поскольку конкретный источник устойчивости может быть эффективен только в отношении ограниченного числа патотипов (McLean et al., 2019). Вследствие этого оценка эффективности основных генов устойчивости против гриба *P. teres* должна проводиться ежегодно. Также необходимо проводить перманентные исследования по иммунологической оценке рекомендуемых к посеву в условиях региона сортов ячменя для предотвращения накопления патогена в производственных масштабах.

Ввиду интенсивного ведения растениеводства на юге России в последние годы агрессивность патогена увеличивается, так как происходит преодоление генетической устойчивости сортов, поэтому изучение механизмов расообразования и поиск источников устойчивости к сетчатой пятнистости листьев являются в современной фитопатологии актуальными задачами (Донцова, 2015; Астапчук, 2019; Сердюков, Репко, 2021).

Селекционная работа ячменя озимого в Краснодарском крае началась в 1922 году на селекционной станции «Круглик» и Кубанской опытной станции, когда были заложены первые опыты по испытанию сортов (Репко и др., 2016). В настоящее время ведущими селекционными центрами ячменя на юге России являются: ФГБНУ АНЦ «Донской» (создание адаптивных к усилению

континентальности климата сортов фуражного, крупяного, пивоваренного и кормового направления (Донцова и др., 2014; Дорошенко, Донцова, 2024); ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» (селекция сортов ячменя озимого с достаточно высоким уровнем морозо- и зимостойкости и другими адаптивными признаками (Кузнецова и др., 2021; Серкин и др., 2023)); ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (селекция на продуктивность и зимостойкость (Репко, 2018)); ООО «Агростандарт» (районирование, селекция, сортоиспытания, синхронизация семеноводческого цикла (Мальцева, Репко, 2020); ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (селекция высокоадаптивных сортов, способных формировать высокую урожайность зерна с хорошими качественными признаками, устойчивых к наиболее распространенным абиотическим и биотическим стрессам (Морозов и др., 2022)).

Для селекции устойчивых к патогену сортов необходимы новые источники устойчивости, иммунные к локальной популяции сетчатой пятнистости листьев ячменя. Изучение родственных видов ячменя, таких как дикий ячмень (*Hordeum spontaneum* K. Koch), ячмень луковичный (*Hordeum bulbosum* L.) и ячмень мышиный (*Hordeum mirinum* L.), является одним из таких решений. Исследования диких видов на устойчивость к сетчатой пятнистости проводились многими учёными (Buchannon et al., 1965; Lukyanova, 1990; Yumurtaci, 2015). Дикие формы могут дать новые источники устойчивости, но необходимо приложить усилия для включения их в селекционные линии, так как изучение различий между диким ячменем и сортами затруднено из-за отсутствия качественных генетических карт (Ellis et al., 2000). Вследствие отсутствия аллельных вариаций и увеличения срока адаптации патогена к устойчивости сорта в настоящее время существует много коллекций дикого ячменя из всех районов его естественного распространения, но крупнейшие коллекции происходят из Средиземноморья (Rollins et al., 2013).

На Северном Кавказе возделыванием ячменя занимались с древних времен, поэтому местные сорта также являлись источником ценных селекционных и хозяйственных признаков (Репко, 2018). В настоящее время в условиях Краснодарского края на базе ФГБНУ ФНЦБЗР проводится оценка образцов дикого ячменя, предоставленного ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР) против северокавказской популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев (Шумилов и др., 2014; Данилова и др., 2016; Астапчук и др., 2016; Астапчук и др., 2018; Данилова, Волкова, 2019; Данилова и др., 2022).

Глобальное производство урожая сосредоточено на сохранении ресурсов и производстве экологически чистой продукции, что делает актуальной селекцию генетически защищённых сортов. К возбудителю сетчатой пятнистости ячменя в мире отсутствуют высокоустойчивые сорта (Mair et al., 2016). Устойчивость растения-хозяина соответствует модели «ген-на-ген», но значительная вариабельность генотипа патогена и присутствие двух имеющих различия по генотипу форм (*Pyrenophora teres f. teres* – net-форма (сетчатый тип) и *Pyrenophora teres f. maculate* – spot-форма (округло-пятнистый тип)) влечет за собой трудности в селекции и подборе сортимента в производственных посевах (Ellwood S. R. et al., 2010; McLean et al., 2010). Показатель генетического разнообразия является важным элементом в изучении структуры популяции. Стоит отметить узколокальную изоляцию *P. teres* вследствие слабой подвижности конидий, являющихся основным методом распространения патогена в течение вегетационного сезона (Levitin et al., 2016; Dinglasan, 2019). В то же время многие исследователи при анализе структуры популяции на международном наборе сортов-дифференциаторов отмечают высокую генетическую вариабельность популяции по признаку вирулентности (Afanasenko O. S. et al., 2015; Akhavan et al., 2017; Анисимова и др., 2017; Rozanova et al., 2019).

Необходимо изучение всех компонентов патосистемы, включая само растение, паразита и условия среды. Иммунологическая оценка относительно сетчатой пятнистости листьев заключается в предварительном испытании сортообразцов и зарегистрированных сортов в вегетационных опытах с контролируемыми условиями в фазу проростков. В фазу взрослого растения изучение проходит в полевых условиях инфекционных питомников специализированных учреждений. На юге России исследования проводятся в условиях полевых стационаров ФГБНУ ФНЦБЗР (Данилова и др., 2016; Астапчук и др., 2018; Волкова и др., 2023), ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» (Кузнецова и др., 2021; Серкин и др., 2023), ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Филиппов, Донцова, 2014; Филиппов и др., 2021; Дорошенко и др., 2022), ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Скибина и др., 2018) и др.

Выявленные устойчивые сорта рекомендованы в районах с широким распространением патогена, а сортообразцы – в селекционной практике как источники устойчивости (Dontsova, 2015; Ababa et al., 2025). Так как активные микроэволюционные процессы популяции патогена ввиду интенсивного ведения сельского хозяйства на юге России индуцируют быструю сортовую потерю устойчивости, предварительная оценка сортов и сортообразцов в лабораторных условиях и полевых условиях является важным фактором для обоснования стратегии защиты ячменя озимого и получения качественного урожая (Романенко и др., 2005).

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются биологически безопасные методы контроля патогенов, такие как система севооборотов, пространственная изоляция, возделывание устойчивых сортов, использование биологических средств защиты растений и возделывание генетически смешанных сортов (Borg et al., 2018; He et al., 2019; Vidal et al., 2017). Сортосмешанные

посевы – это комбинации совместимых по биометрическим параметрам, срокам созревания и качественным показателям сортов, не требующие дополнительных затрат для обеспечения фенотипической однородности (Буга и др., 2012). Барьерный эффект обеспечивает увеличение расстояния между растениями одинакового генотипа, также увеличивается генетическое разнообразие, что приводит к замедлению темпов коэволюции растения-хозяина и патогена (Wuest et al., 2021). В то же время, для предотвращения отбора и размножения агрессивных рас патогена необходимо регулярно менять состав смеси, внедряя в производство новые устойчивые и высокоурожайные сорта (Finckh, 2008). Одним из ожидаемых преимуществ использования смесей сортов является увеличение и стабилизация урожайности (Creissen et al., 2016). Исследователи отмечают, что вероятными механизмами достижения такого эффекта для ячменя являются комплексное снижение патогенного давления, дифференциация распределения ресурсов, снижение полегания и компенсаторный эффект на воздействие абиотических стрессовых факторов (Creissen et al., 2013).

Использование сортосмешанных посевов, как экологически чистого способа контроля над листовыми болезнями, в настоящее время приобрело высокую актуальность и стало широко внедряться в промышленное производство для различных культур (Finckh, 2000; Creissen et al., 2016; He et al., 2019). Согласно данным литературы, в двухкомпонентных смесях, содержащих устойчивый и восприимчивый к мучнистой росе (возбудитель заболевания – *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *hordei* Marchal.) сорта в различных пропорциях, обнаружена линейная зависимость между снижением заболеваемости и уровнем общей резистентности смеси (Finckh, 2000). Также исследования показали, что и интенсивность заболевания мучнистой росой после 4-летнего периода выращивания монокультуры ячменя ярового ниже в генетически разнородных посевах (Tratwal, Bocianowski, 2018). В исследованиях A.C. Newton было

выявлено увеличение урожайности ячменя озимого при посеве неоднородных смесей и уменьшение развития ринхоспориоза (Newton et al., 2012). Стоит отметить положительный опыт некоторых стран в составлении рекомендуемых для высева на данный год списков устойчивых к доминантам патогенного комплекса региона высокоурожайных сортов (Stetkiewicz et al., 2022).

Влияние генетически разнородных посевов ячменя озимого на развитие сетчатой пятнистости листьев и на показатели урожайности в настоящий момент недостаточно исследовано. Необходимо дополнить информацию о корреляции степени поражения сетчатой пятнистостью листьев ячменя и гетерогенностью сортовой смеси в посевах, а также о влиянии сортовой гетерогенности на сохранение урожая. Эволюция вирулентных патотипов *P. teres* является основной проблемой для внедрения устойчивых к сетчатой пятнистости сортов ячменя, необходимо дополнить знания о патогенном разнообразии и спектре вирулентности местных популяций гриба *P. teres* для успешного включения генов устойчивости в новые сорта. Ввиду того, что конкретный источник устойчивости может быть эффективен только в отношении ограниченного числа патотипов в местной популяции патогена, необходимо ежегодно проводить оценку эффективности основных генов устойчивости против гриба *P. teres*. Также необходимо осуществлять перманентные исследования по иммунологической оценке рекомендуемых к посеву в условиях региона сортов ячменя для предотвращения накопления инфекционного запаса и своевременного использования защитных мероприятий. Возникает необходимость в изучении влияния фактора устойчивости сорта и гетерогенности сортовой смеси на развитие болезни в посевах при составлении сортовой мозаики для замедления темпов потери сортовой устойчивости.

#### **1.4 Биопрепараты для защиты ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев**

Применение биологических средств защиты растений следует рассматривать как важный неотъемлемый компонент интегрированной системы защиты в современном растениеводстве, а в ряде случаев и как единственное средство контроля фитопатогенов (Paul et al., 2003; Князева, Мастеров, 2021). В РФ в настоящее время проводится ряд исследований, использующий различные виды и комбинации биопестицидов и индукторов болезнеустойчивости против фитопатогенных организмов на различных видах культур (Ткаленко, 2015; Борисова, 2017; Астапчук и др., 2018; Попова и др., 2018; Кудинова, 2019; Григорьев, Волкова, 2020). Данное направление является недостаточно изученным ввиду небольших объемов применения и низкой ориентированности покупательской способности на получение экологически чистых продуктов. Основные работы с достаточной эффективностью для защиты от грибных заболеваний приведены с частичным использованием либо химических средств защиты растений с пониженной нормой применения, либо использованием данных пестицидов в качестве протравителей ввиду недостаточной эффективности использования биопрепаратов против головневых заболеваний и невысокой эффективности в борьбе с пятнистостями листьев. Согласно Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации (от 14.05.2024), против возбудителя сетчатой пятнистости листьев на ячмене озимом из химических препаратов допущены и рекомендованы к применению 188 фунгицидов (для яровой формы ячменя, в том числе пивоваренном ячмене, – 222 препарата). Из них на основе биологических агентов и продуктах их метаболизма всего допущены три фунгицида на озимом ячмене (Алирин-Б, Ж; Баксис, Ж; БФТИМ КС-2, Ж) и восемь фунгицидов на яровом

ячмене (Алирин-Б, Ж; Баксис, Ж; Бактофит, СП; БФТИМ КС-2, Ж; Метабактерин, СП; Оргамика С, Ж; Ризоплан, Ж; Фитотрикс, Ж).

Исследователь О. Ю. Лобанкова рекомендует применять технологию возделывания ячменя, включающую обработку посевов в период вегетации биопрепаратами и стимуляторами роста растений, что позволяет получить достоверные прибавки урожайности (Лобанкова, 2004). Достаточно высокая экономическая и хозяйственная эффективность выявлена при применении Бактофита, СП и Псевдобактерина-2, Ж в производственных условиях при опрыскивании посевов в период вегетации. Эффективность микробных препаратов Витаплан, СП и Трихоцин, СП на основе сыпучих порошков *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* для защиты ярового ячменя от корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости листьев отмечает А. М. Шпанёв с группой исследователей (Shpanev et al., 2020).

Изучение использования индукторов болезнеустойчивости для снижения развития сетчатой пятнистости листьев ячменя озимого в ювенильную фазу и фазу взрослого растения проводится на базе полевого инфекционного питомника ФГБНУ ФНЦБЗР (Волкова и др., 2016; Астапчук и др., 2018). В опытах применяются как разработанные в научном центре опытные образцы, так и уже зарегистрированные препараты. По данным исследований, проведенных сотрудником Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений А. М. Тарасовой, использование препаратов на основе хитозана (фитохита и фитохита-Т) привело к снижению распространения и развития сетчатой пятнистости листьев ячменя ярового, сохранности флагового листа растений, а также к увеличению фотосинтетического потенциала и показателей массы 1000 зерен и крупности зерна (Тарасова, 2007). Исследователи ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы имени В.В. Докучаева» выявили

иммуностимулирующее действие и повышение устойчивости растений к сетчатой пятнистости листьев и других болезней при применении препаратов Мивал-Агро, КРП (5 г/т при предпосевной обработке семян и 10–15 г/га при опрыскивании в фазе кущения – выхода в трубку), Новосил, ВЭ 30 мл/га и регулятора роста растений Иммуноцитифит (1 таблетка/1 т) (Ершова, Велибекова, 2017).

В странах с более высокими темпами экономического роста выращивание экологически чистых продуктов является востребованным ввиду запроса большей части населения к данным продуктам и высокой платежной способности. Данный запрос является причиной проведения достаточно большого количества исследований в направлении защиты растений без использования химических средств защиты растений (Манжелесова, Волынец, 2015; Кочетков и др., 2017; Комарова и др., 2020; Бровкина, 2020). Актуальными направлениями являются не только разработки новых пестицидов на бактериальной основе, но и использование различных индукторов болезнеустойчивости, физиологически активных веществ и различных видов нетоксичных органических и неорганических добавок.

Исследователями Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси было выявлено, что взаимодействие растение-хозяин – фитопатогенный грибок осуществляется на регуляторном уровне, и при формировании патосистемы задействован весь эндогенный гормонально-ингибиторный комплекс растения, так как фитогормоны и фенольные соединения выступают в качестве единого защитного комплекса от сетчатой пятнистости листьев (Манжелесова, Волынец, 2015). Развитие болезни достоверно снизилось в результате применения салицилата натрия, фосфата натрия, карбоната натрия, дубильной кислоты, перекиси водорода и соединения бензотиадиазола (БТГ) в полевых исследованиях, проведенных сотрудниками Университета Кафр-эль-Шейха (Hafez et al., 2016). Также исследователями из

Египта было выявлено снижение развития сетчатой пятнистости листьев после обработки фенольными соединениями и аминокислотами (Hendawey et al., 2014).

Исследователь Hafez с коллегами обрабатывали зараженные посевы ячменя коммерческими препаратами, такими как *Trichoderma asperilium* (Т34), Эвгенолом с нетрадиционными соединениями (силикат калия, наноселен) и сравнивали с фунгицидами (Maven, Montoro и Decent) (Hafez et al., 2019). Заболевания были значительно снижены в результате выбранных обработок, за исключением Эвгенола. Выявлено, что элиситоры для индукции устойчивости хозяина, используемые в сочетании с фунгицидами, могут обеспечить эффективный контроль над сетчатой пятнистостью листьев в поле, а также могут замедлить развитие резистентности к фунгицидам (Walters et al., 2012). Было отмечено, что фрагменты и экстракты клеточных стенок грибов индуцируют устойчивость у различных растений. Стоит отметить исследования Backes и соавторов, которыми были впервые выявлены в 2021 году антифунгальные свойства грибов рода *Burkholderia* (штамм B25) против возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя (Backes et al., 2021). Исследования показали, что присутствие полезной бактерии снижает негативное влияние гриба на фотосинтетические характеристики и изменяет только чистую скорость ассимиляции углерода вблизи зоны некроза. В исследовании А. Abbas отмечено, что бактерии рода *Trichoderma* spp. являются потенциальными агентами биоконтроля *P. teres*, которые ингибируют рост патогенных микромицетов путем прямой конфронтации с помощью микопаразитов, антибиотиков или конкуренции, а также индуцируют защитные реакции растений (Abbas et al., 2017).

Применение бактериальных фунгицидов состоит из нескольких механизмов, которые стимулируют рост растения и обладают защитным эффектом от болезней (Ngalimat et al., 2021). Прямые механизмы бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* основываются в фиксации азота, солюбилизации фосфатов, выработке

фитогормонов и сидерофоров (например, индол-3-уксусной кислоты и ферментов, таких как 1-амиклоциклопропан-1-карбоксилат деаминаза). Косвенные механизмы воздействия в основном связаны с производством антимикробных соединений, таких как цианистый водород (HCN), циклические липопептиды и т.д., которые повышают устойчивость растений к группе конкурирующих микроорганизмов, включая патогенные бактерии, грибки и вирусы, формируя индуцированную системную резистентность.

Бактерии вида *Bacillus subtilis* продуцируют значительное количество биологически активных метаболитов с различной химической структурой: белки, полипептиды, циклические липопептиды, полиеновые соединения, кетоны и др. (Сидорова и др., 2018; Asaturova et al., 2022). Специфичный механизм действия на фитопатогенный объект заключается в способности бактерий синтезировать соединения различной структуры, что объясняет биологическую активность штамма в отношении определенных микроорганизмов. Подбор эффективных биопрепаратов заключается в исследовании структуры и свойств активных метаболитов, которые продуцируют биологические агенты, поскольку на этой основе могут быть разработаны новые экологически безопасные технологии защиты растений от фитопатогенов (Asaturova et al., 2022).

Одной из современных проблем в защите растений становится не столько поиск новых химических средств, выявление оптимальных препаративных форм, повышение эффективности действия химических средств на целевые объекты, сколько снижение уровня их опасности для окружающей среды и здоровья человека (Владимиров и др., 2017; Кочетков, 2018; Захаренко, 2019). В последнее десятилетие увеличиваются площади обработок и объемы применения биологических пестицидов, так как использование биопрепаратов для защиты растений становится насущной проблемой в связи с необходимостью экологизации земледелия (Илюшина, 2017). Следует отметить, что биологическая защита

растений эффективна при постоянном пополнении агроценозов биологическими агентами. Применение микробных препаратов сопровождается увеличением объема биотической среды и стабилизацией биоценотических связей в агроценозах (Берестецкий, 2017). Биологические препараты, как правило, действуют медленнее, чем химические. Недостатком существующих биопрепаратов является критическая зависимость их эффективности от конкретных почвенно-климатических условий региона, а также в ряде случаев низкая конкурентоспособность входящих в их состав микроорганизмов в местных микробных сообществах (Хижняк и др., 2019).

Применение биологических средств защиты растений в настоящее время является основным методом защиты против проявления резистентности фитопатогенных организмов (Jensen, 2016; Kolesnikov et al., 2020). Данные литературы свидетельствуют о положительном влиянии биопрепаратов с учетом антирезистентной стратегии на структуру популяций доминантных патогенов сельскохозяйственных посевов, но нет информации об изменении структуры популяции гриба *P. teres* под влиянием наиболее распространенных биоагентов (бактерий рода *Bacillus*, *Pseudomonas*, грибов рода *Trichoderma*). Необходимо дополнить сведения об изменении структуры популяции гриба *P. teres* по агрессивности и вирулентности после обработок растения-хозяина биопрепаратами с различными агентами биологического контроля. В связи с увеличением площадей обработок и объемов применения биопрепаратов в производственных посевах Краснодарского края также необходимо дополнить знания об эффективности применения фунгицидов в отличающихся от рекомендованных производителями нормах против региональной популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя для дальнейшего практического использования полученных результатов.

### **1.5 Химическая защита ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев и проблема формирования резистентности гриба *Pyrenophora teres* к фунгицидам**

Обработка растений фунгицидами в настоящее время остается наиболее распространенным и эффективным методом борьбы с сетчатой пятнистостью листьев, несмотря на общемировую тенденцию экологизации сельскохозяйственного производства (Гришечкина, 2018; Гусев, 2020). Современные химические группы фунгицидов для борьбы с сетчатой пятнистостью листьев включают: стробилурины, триазолы, бензимидазолы, хлорнитрилы, морфолины, анилинопиримидины, гуанидины, карбоксамиды и дитиокарбаматы (Иванченко и др., 2016; Abebe Worku, 2022; Tomic et al., 2024).

Основной целью листовых обработок фунгицидами является увеличение площади фотосинтезирующих листьев во время налива зерна, поэтому наиболее важными являются первые четыре листа, обеспечивающие 72 % урожая (Paveley et al., 2000). Ввиду того, что ежегодные потери ячменя озимого от патогена достигают значительных размеров, необходим комплексный план защиты посевов, что особенно касается восприимчивых сортов (Afanasenko, Novozhilov, 2009; Afanasenko, 2010; Rozanova et al., 2019; Обозова, Косников, 2020). Краснодарский край является зоной интенсивного ведения сельского хозяйства, поэтому возникает необходимость в комплексном изучении эффективности применяемых препаратов и чувствительности местных штаммов к фунгицидам различных химических классов (Пикушова и др., 2016). Снижение или полное отсутствие чувствительности фитопатогенных грибов к химическим обработкам приводит к снижению урожайности, ухудшению качественных характеристик зерна и к контаминации семян микотоксинами. Несмотря на широкий ассортимент разрешённых к применению в сельском хозяйстве против возбудителя сетчатой

пятнистости листьев ячменя фунгицидов (как ранее было упомянуто, 188 препаратов разрешены к применению для ячменя озимого, 222 – для ярового ячменя), потери урожая от данного патогена остаются на достаточно высоком уровне (Akhavan et al., 2017; Данилова и др., 2024).

С 1980-х годов в борьбе с сетчатой пятнистостью листьев во всем мире широко применялись листовые обработки фунгицидами на основе триазолов (Jayasena et al., 2002). Впервые появившись на рынке в 1996 году, начиная с 2000 годов в производство стали внедряться препараты на основе стробилуринов как химического класса широкого спектра действия, созданные на основе природных фунгицидных производных  $\beta$ -метоксиакриловой кислоты (Chin et al., 2001). В дополнение к использованию препаратов с действующими веществами на основе стробилуринов и триазолов, эффективными фунгицидами для борьбы с сетчатой пятнистостью листьев являются ингибиторы сукцинатдегидрогеназы (Lammari et al., 2020; Queiros et al., 2023). В качестве протравителей семенного материала успешно используются препараты на основе тирама (химический класс дитиокарбаматы), ипродиона (химический класс имидазолы) и протиоконазола (триазолы) (Abebe Worku, 2022). Исследователи McLean и Hollaway подтвердили значительную эффективность обработки семян активным веществом флуксапироксад, так как обработка данным действующим веществом снижает заболеваемость и повышает урожайность ячменя и качество зерна при проведении листовых обработок на более поздней стадии вегетативного роста (после удлинения стебля) при благоприятных условиях для развития болезни (McLean, Hollaway, 2019).

Благодаря широкому спектру действия и сочетанию с другими препаратами фунгициды триазолового класса являются наиболее распространёнными и продаваемыми препаратами с доказанной высокой эффективностью. Препараты с действующими веществами химического класса триазолов применяются как для

предпосевной обработки семян, так и обработки растений в период вегетации, также важно отметить роль препарата не только в проведении профилактических обработок, но и в лечении (Дубровская, Чекмарев, 2017). Механизм действия триазолов основан на блокировании биосинтеза стерина, что приводит к нарушению нормального функционирования клеточных мембран, ингибированию клеточного деления, к угнетению роста и полового размножения гриба (Андреева, Зинченко, 2002). Применение триазолов необходимо на ранних этапах жизненного цикла фитопатогенных грибов, так как в прорастающих гифах спор грибов находится достаточное количество стирола для прорастания проростковой гифы, вследствие чего не происходит ингибирования спорообразования (Рагулин, 2011). Отличительной особенностью тебуконазола от других производных триазолового класса является двойное действие на подавление патогена – торможение синтеза эргостерина путем ингибирования деметилирования в положении С-14 и накопление стеринов, воздействующих на метаболизм гриба (Андреева, Зинченко, 2002). В связи с этим препараты на основе тебуконазола замедляют развитие приобретенной устойчивости патогенов ко всем фунгицидам на основе триазолового класса. Пропиконазол является действующим веществом с сильным лечущим действием и высокой токсичностью при обработке вегетативных органов, что обуславливает его однократное применение. Гриб останавливает развитие через двое суток после прорастания спор под влиянием действующего вещества. В некоторых случаях отмечается ретардантное действие, повышение устойчивости растений к абиотическим стрессам и одновременное стимулирование образования гормонов АБК (Прусакова, Чижова, 1998). Дифеноконазол, проникая в ткани растения, полностью ингибирует рост субкутикулярного мицелия, снижая уровень спороношения патогена (Супранович, Матвейчик, 1995). При наличии защитного и лечущего эффектов действующее вещество не обладает побочным ретардантным действием. Выявлено комплексное положительное влияние на вегетативную

продуктивность растения. Флутриафол – системный фунгицид с лечебным и профилактическим действием. Отличительной особенностью является высокая системная подвижность через листья и корни растений, что является потенциальным агентом в борьбе с фитопатогенами при капельном орошении. Обладает способностью длительного сохранения в водных и почвенных системах. Механизм антифунгального действия ципроконазола обусловлен связыванием триазольного кольца с белком стерол-14 $\alpha$ -деметилазы (CYP51) для ингибирования деметилирования в пути биосинтеза стеролов (He et al., 2019). Препараты на основе данного действующего вещества следует применять на ранних стадиях инфекции при максимальном росте мицелия гриба до начала образования конидий (Baybakova et al., 2019).

За последние два десятилетия широко применяют в сельскохозяйственном производстве препараты на основе стробилуринов, так как стробилуриновые фунгициды относятся к классу фунгицидов с высокой биологической активностью и специфическими механизмами действия (Feng et al., 2020). Стробилурины блокируют убихинооксидазу (цитохром bc1, CYTB, ген *cyt b*), ингибируют митохондриальное дыхание грибов, связываясь с внешним сайтом цитохрома bc1 (комплекса III) и препятствуя передаче электронов между цитохромами b и c, таким образом подавляя синтез АТФ (Щербакова, 2019). Азоксистробин является проникающим фунгицидом с трансламинарной подвижностью, блокирующим перенос электронов от цитохрома b к цитохрому c1 (Queiros et al., 2023). Действует в основном профилактически, обладает лечебным и антиспорообразующим действием.

Исследователями из Китая была проведена серия опытов по изучению синергетического действия фунгицидов на микозы в стадии проростков и стадии взрослых растений. Полученные результаты выявили широкий потенциал применения комбинации фунгицидов для контроля заболевания и снижения

давления отбора на фитопатогенные грибы за счёт уменьшения использования различных фунгицидов в полевых условиях (Wei, 2020).

В защитных схемах сельскохозяйственных посевов ячменя в России, согласно литературным данным, наиболее широко применяются препараты, содержащие триазолы и стробилурины, – Амистар Экстра, СК, Эйс, ККР и т.д. (Беляева, 2017; Данилова и др., 2024). Также эффективными являются однокомпонентные препараты на основе триазолов (Колосаль, КЭ, Альто Супер, КЭ) (Долгополова, 2019). Исследования, проведенные под руководством Даниловой и Валиуллина, выявили достаточно высокую эффективность препаратов, содержащих триазолы и дифениловые эфиры, морфолины (производные коричной кислоты), бензимидазолы, мочевины и фторорганические соединения (Валиуллин и др., 2009; Данилова и др., 2020).

Снижение чувствительности фитопатогена к фунгицидам, а также появление резистентных штаммов является деструктивным последствием повсеместного многократно повторяющегося в течение одного сезона использования пестицидов (Deising et. al., 2008; Akhavan et al., 2017). Устойчивость к фунгицидам развивается сильнее, если исходная частота генов устойчивости в популяции высокая, что наблюдается при многолетнем использовании площадей сельскохозяйственных посевов (Троицкая и др., 2007; Putsepp et al., 2024). Несмотря на то, что применение фунгицидов на основе стробилуринов, а затем и триазолов обеспечило фитосанитарную устойчивость посевов в 1980–1990-х годах, в настоящее время накопление в агроценозах наиболее устойчивых к фунгицидам фитопатогенных форм привело к снижению эффективности стандартных защитных мероприятий и вызвало необходимость изъятия из промышленного оборота целых классов фунгицидов (Deising et. al., 2008; Щербакова, 2019). Увеличение норм расхода, кратности обработки, дозировок, а также внедрение в сельское хозяйство новых фунгицидов приводит к накоплению все более и более устойчивых штаммов, в

отсутствие естественной конкуренции стимулируют их повсеместное распространение (Lucas et. al., 2015).

Ввиду активных микроэволюционных процессов в популяции патогена индуцируется быстрая потеря сортовой устойчивости и приобретение резистентности к широко применяемым современным фунгицидам. Химическая защита от сетчатой пятнистости листьев ячменя обычно достигается за счет использования смесей фунгицидов, включающих стробилурины, триазолы и карбоксамиды. Исследования, проведенные в Австралии, выявили снижение чувствительности к фунгицидам наиболее распространённого триазолового класса у изолятов, выделенных после 2015 года, они имели умеренную и высокую резистентность к тебуконазолу (Mair et al., 2020). Также в последние годы у возбудителя сетчатой пятнистости листьев на посевах в Австралии возникла устойчивость к группе ингибиторов сукцинатдегидрогеназы (пиразолкарбоксамиды), которые представляют собой один из ключевых классов фунгицидов, используемых для борьбы с сетчатой пятнистостью (Mair et al., 2023). Новые двойные мутации гриба *P. teres* f. *teres* привели к возникновению устойчивых к пидифлуметофену и флюксапироксаду форм в Аргентине в 2021 году (Sautua, Carmona, 2023). Резистентность к фунгицидам стробилуринового класса, выявленная у изолятов гриба *P. teres* в Японии, связана с мутацией, которая препятствует взаимодействию между белком CytB и фармакофором QoI (Matsuzaki et al., 2020). Такой тип мутантов QoI-R демонстрирует частичную устойчивость к QoI у патогенных грибов *P. teres*. Аналогичные данные о выявлении резистентных к фунгицидам основных химических классов форм гриба *P. teres* фиксируются повсеместно (Lammari et al., 2020; Turo et al., 2021; Backes et al., 2021; Tini et al., 2022; Knight et al., 2023). В России к 2000 годам было зарегистрировано более 140 видов фитопатогенов (в том числе и сетчатая пятнистость листьев ячменя), резистентных более чем к 50 различным фунгицидам (Тютюрев, 2001). Однако и в

настоящее время надежной количественной статистики данных о резистентных формах патогенов к фунгицидам различных химических групп нет.

Анализ данных литературы выявил необходимость мониторинга изменения чувствительности популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края к наиболее широко применяемым в регионе защитным препаратам на основе триазолов и стробилуринов во избежание накопления резистентных штаммов, а также своевременного принятия решений о смене препаратов при составлении схемы защиты культуры. Также в российской и зарубежной литературе отсутствует информация об изменении структуры популяции гриба *P. teres* по агрессивности и вирулентности после проведения фунгицидных обработок растений препаратами на основе триазолов и стробилуринов. Остается актуальным вопрос не только изменения структуры популяции гриба *P. teres* под действием токсикантов, но и влияния различных от рекомендуемых производителями норм применения препаратов на данные показатели.

Борьба с заболеванием должна быть комплексной, включающей в себя все необходимые агротехнические приемы, биологические и химические методы защиты, что будет способствовать предотвращению эпифитотий распространенных и вредоносных болезней зерновых культур и обеспечит продовольственную и экологическую безопасность Краснодарского края и страны в целом. Принципиально новым и крайне перспективным подходом в диагностике развития сетчатой пятнистости листьев ячменя представляется подход, основанный на компьютерном зрении – технологии автоматического распознавания патогена и степени его развития по изображению или серии изображений. Предлагаемые исследования носят междисциплинарный характер и проводятся на стыке сельскохозяйственной фитопатологии и искусственного интеллекта, для юга России подобных исследований нет. Также необходимо

проводить перманентные исследования по иммунологической оценке рекомендуемых к посеву в условиях региона сортов ячменя и оценке эффективности основных генов устойчивости против гриба *P. teres* ввиду того, что конкретный источник устойчивости может быть эффективен только в отношении ограниченного числа патотипов региональной популяции патогена. Необходимо получение фундаментальных знаний о внутрипопуляционных изменениях фитопатогенного гриба *P. teres* под действием таких важных факторов, как устойчивость сорта и фунгициды для разработки научно обоснованной стратегии защиты ячменя озимого. Изучение изменчивости структуры популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края под влиянием различных по устойчивости сортов ячменя озимого и фунгицидов из разных химических классов и микробиологических препаратов по морфолого-культуральным признакам, вирулентности, агрессивности, чувствительности к препаратам является актуальной задачей. Возникает необходимость в изучении влияния различных факторов на структуру популяции патогенов для использования полученных данных при составлении сортовой мозаики с учетом антирезистентной стратегии применения фунгицидов с различными механизмами действия на производственных посевах ячменя.

## ГЛАВА II. МЕСТО, УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Место и условия исследований

Работа выполнена на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) в вегетационные сезоны 2019–2020 гг., 2020–2021 гг., 2021–2022 гг. и в лабораторных условиях в 2020–2023 гг. при использовании материальной и технической базы УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://fncbzs.ru/brk-i-unu/unique-installation-2/>) и объектов биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов». Исследования проводили в условиях лаборатории, тепличного комплекса и климатических камер (Binder KBWF 720) на искусственном инфекционном фоне возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя, а также в условиях полевого стационара на естественном инфекционном фоне.

Климат центральной агроклиматической зоны Краснодарского края умеренно-континентальный, присутствует достаточное количество влаги и света при длинном вегетационном периоде (рисунок 5). Почва – чернозем выщелоченный. Глубина гумусового горизонта составляет от 80 до 150 см. Содержание гумуса в пахотном слое почвы (0 – 20 см) составляет 3.39 %, подвижного фосфора – 18.2 кг<sup>-6</sup>/100 г почвы, подвижных соединений калия – 30.6 кг<sup>-6</sup>/100 г. Реакция почвы выявлена слабокислая – 5.5 – 6.5 pH. Обменная кислотность отсутствует, гидролитическая кислотность варьируется от 2 до 4 кг<sup>-6</sup>-экв/100 г почвы. Степень насыщения почвы основаниями 85 – 95%. Климатические данные температуры и влажности региона по месяцам

исследования были получены из открытой базы данных Raspisaniye Pogodi Ltd. (<https://rp5.ru/docs/about/en>).

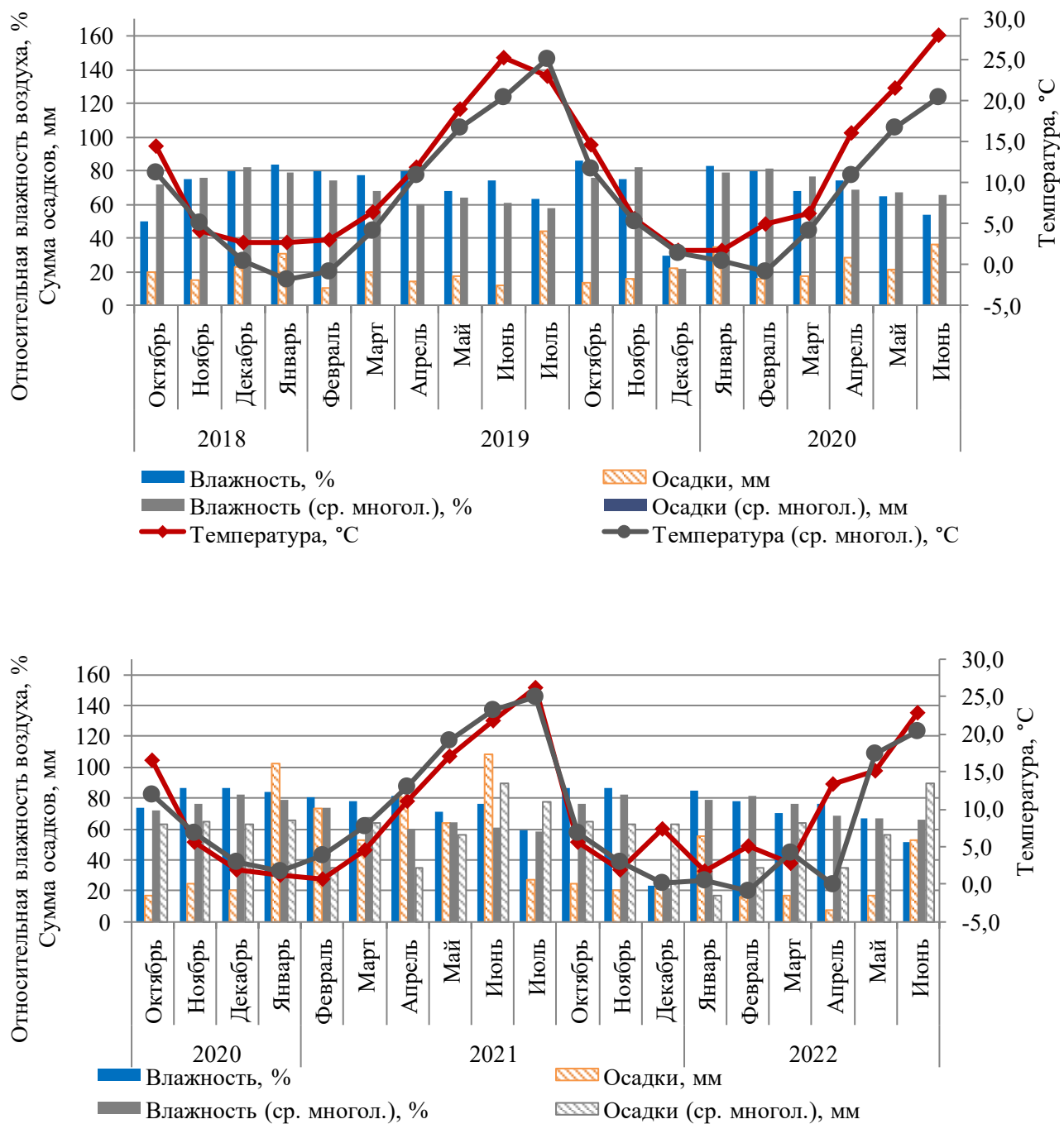


Рисунок 5 – Погодные условия вегетационных сезонов, метеостанция «Круглик», 2018–2022 гг., г. Краснодар

## 2.2 Объекты и материалы исследований

**Объектом** исследования являлся возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя аскомицет *Pyrenophora teres* Drechsler.

**Материалами** исследования служили 19 сортов (Агродеум, Амиго, Версаль, Гордей, Иосиф, Каррера, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь, Лайс, Мадар, Мастер, Паттерн, Рандеву, Романс, Рубеж, Сармат, Спринтер, Тимофей) и одна линия (АС-18) ячменя озимого различной селекции (ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко», ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ООО «Агростандарт», ФГБУН НИИСХ Крыма), а также восемь препаратов на основе триазолов (Магнелло, КЭ, Капелла, МЭ, Колосаль Про, КМЭ), стробилуринов (Квадрис, СК), триазолов и стробилуринов (Амистар Трио, КЭ), бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж), *Pseudomonas aureofaciens* (Псевдобактерин-2, Ж), грибов *Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП).

**Исследования по диагностике степени развития сетчатой пятнистости** ячменя на основе цифровых интеллектуальных технологий проводили на восприимчивом к патогену сорте ячменя озимого Рубеж (оригинатор ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») и умеренно устойчивом сорте Виват (оригинатор ФГБНУ АНЦ «Донской»).

**Иммунологическая оценка ячменя озимого относительно сетчатой пятнистости** была проведена на 19 сортах и одной линии ячменя озимого различной селекции (таблица 1).

Таблица 1 – Высеваемые на юге России сорта (линия) ячменя озимого, используемые при проведении иммунологической оценки относительно сетчатой пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*), тепличный комплекс, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019–2021 гг.

| Сорт/<br>линия | Оригинатор                                                                     | Характеристика сорта по устойчивости к грибным заболеваниям                                                                                                                                                     |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Агродеум       | ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» | Сорт обладает высокой устойчивостью к листостебельным заболеваниям, в средней степени поражается головневыми заболеваниями (Репко, 2016)                                                                        |
| Амиго          | ООО «Агростандарт»                                                             | Обладает хорошей регенерирующей способностью (Агростандарт, 2023)                                                                                                                                               |
| АС-18          | ООО «Агростандарт»                                                             | В полевых условиях подвержен поражению розовой снежной плесени (Агростандарт, 2023)                                                                                                                             |
| Версаль        | ООО «Агростандарт»                                                             | Обладает высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе, карликовой ржавчине; среднеустойчив к сетчатой и темно-бурой пятнистостям и видам головни (Агростандарт, 2023)                                         |
| Гордей         | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»                                               | Устойчив к мучнистой росе; умеренно восприимчив к карликовой ржавчине; восприимчив к пыльной и твердой головне (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                           |
| Иосиф          | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»                                               | Практически не поражается мучнистой росой, ниже средней степени поражается сетчатой пятнистостью. Показывает среднюю устойчивость к головневым патогенам (Государственный реестр селекционных достижений, 2023) |
| Каррера        | ООО «Агростандарт»                                                             | В полевых условиях бурой ржавчиной и мучнистой росой поражался слабо; гельминтоспориозом и пыльной головней – очень сильно (Агростандарт, 2023)                                                                 |
| Кондрат        | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»                                               | Восприимчив к мучнистой росе, септориозу, пыльной и твердой головне, бурой и карликовой ржавчинам; гельминтоспориозом поражается средне (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                  |
| Кубагро-1      | ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» | В полевых условиях пыльной головней, мучнистой росой и гельминтоспориозом поражался сильно (Репко, 2016)                                                                                                        |
| Лазарь         | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»                                               | В полевых условиях пыльной головней, мучнистой росой, карликовой и бурой ржавчиной поражался слабо; пятнистостями – средне (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                               |

## Продолжение таблицы 1

|          |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лайс     | ООО «Агростандарт»                      | Обладает хорошей полевой устойчивостью к мучнистой росе, сетчатой пятнистости и карликовой ржавчине; среднеустойчив к темно-бурой пятнистости и видам головни (Агростандарт, 2023)                                                                                                                                               |
| Мадар    | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Очень слабо поражается бурой ржавчиной, слабо – темно-бурой пятнистостью, средне – мучнистой росой, сильно – гельминтоспориозом. Пыльной головней не поражается (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                                                                                           |
| Мастер   | ФГБУН НИИСХ Крыма                       | Восприимчив к пыльной головне, мучнистой росе и карликовой ржавчине; гельминтоспориозом и бурой ржавчиной поражен средне (Репко, 2016)                                                                                                                                                                                           |
| Паттерн  | ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»          | Средневосприимчив к карликовой ржавчине (Филиппов и др., 2017)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Рандеву  | ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» | Средневосприимчив к карликовой ржавчине (Филиппов и др., 2017)                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Романс   | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Умеренно восприимчив к мучнистой росе; восприимчив к пыльной головне и септориозу (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                                                                                                                                                                         |
| Рубеж    | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Имеет высокую полевую устойчивость к карликовой ржавчине, ниже средней степени поражается сетчатой пятнистостью (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                                                                                                                                           |
| Сармат   | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Восприимчив к пыльной головне, бурой и карликовой ржавчинам; средневосприимчив к гельминтоспориозу; мучнистой росой поражается слабо (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                                                                                                                      |
| Спринтер | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Устойчивость к болезням и климатическим условиям: снежная плесень – устойчив; карликовая ржавчина – среднеустойчив; мучнистая роса – среднеустойчив; сетчатая пятнистость – среднеустойчив; темно-бурая пятнистость – среднеустойчив; пыльная головня – средневосприимчив (Государственный реестр селекционных достижений, 2023) |
| Тимофей  | ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»        | Умеренно восприимчив к мучнистой росе. В полевых условиях бурой ржавчиной поражен слабо; карликовой ржавчиной, пыльной головней и гельминтоспориозом – средне (Государственный реестр селекционных достижений, 2023)                                                                                                             |

**Для изучения влияния сортосмешанных посевов на развитие сетчатой пятнистости листьев** были отобраны коммерческие сорта ячменя озимого на

основе фенотипической совместимости и направлению использования (фураж): умеренно устойчивый сорт Иосиф (далее – MR) и восприимчивый к сетчатой пятнистости сорт Романс (далее S).

**Изучение влияния устойчивости сорта ячменя на популяцию *P. teres*** было проведено в серии опытов в течение 2020–2021 гг. (фаза конца кущения ВВСН 32, фаза выхода в трубку ВВСН 39) и 2022–2023 гг. (фаза выхода в трубку ВВСН 39). Инфекционный материал был отобран на естественном инфекционном фоне полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР с сортов, отличающихся по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев, – умеренно устойчивых (далее MR) сортов Версаль, Виват и восприимчивых сортов (далее S) Романс, Рубеж.

**Изучение чувствительности возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя к препаратам различных химических классов и микробиологических препаратов,** включённых в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации, было проведено в серии опытов на интактных растениях и в чистой культуре *P. teres* в течение 2022–2023 гг. Исследовано восемь препаратов на основе триазолов, стробилюринов, бактерий *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas aureofaciens*, грибов *Trichoderma harzianum*: Магнелло, КЭ (дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л), 1,0 л/га; Капелла, МЭ (дифеноконазол 30 г/л, пропиконазол 120 г/л, флутриафол 60 г/л), 1,0 л/га; Колосаль Про, КМЭ (пропиконазол 300 г/л, тебуконазол 200 г/л), 1,0 л/га; Квадрис, СК (азоксистробин 250 г/л), 1,0 л/га; Амистар Трио, КЭ (азоксистробин 100 г/л, пропиконазол 125 г/л, ципроконазол 30 г/л), 1,0 л/га; Оргамика С, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens*, титр  $5 \times 10^9$  КОЕ/мл) 0,4 л/га; Псевдобактерин-2, Ж (*Pseudomonas aureofaciens*, титр  $2 \times 10^9$  КОЕ/мл), 1,0 л/га; Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*, титр  $10^{10}$  КОЕ/г), 40 г/га. Использовано восемь вариантов обработки каждым из препаратов с разной нормой от разрешенной производителями для применения в сельском хозяйстве: 0 %

(0 вариант), 25 % (1 вариант), 50 % (2 вариант), 75 % (3 вариант), 100 % (4 вариант с рекомендуемой нормой), 125 % (5 вариант), 150 % (6 вариант), 175 % (7 вариант), 200 % (8 вариант).

### **2.3 Методы исследований**

Сбор инфекционного материала проводили на производственных посевах ячменя озимого в трех агроклиматических зонах Краснодарского края: центральной (Усть-Лабинский, Тбилисский, Кавказский, пригород г. Краснодар, Тимашевский, Брюховецкий, Ленинградский, Кущёвский, Крыловской, Белоглинский, Новопокровский, Тихорецкий, Выселковский, Кореновский районы), западной приазовской (Славянский, Ейский, Староминской, Щербиновский, Каневской районы) и южной предгорной (Новокубанский, Успенский, Лабинский, Северский, Абинский, Красноармейский районы) во время проведения ежегодных маршрутных обследований (Романенко и др., 2005). Листья и стебли заворачивали в фильтровальную бумагу и снабжали этикеткой с указанием даты, места сбора, сорта согласно методическим рекомендациям (Волкова и др., 2024). При хранении образцов в лаборатории листья высушивали и помещали в холодильник при температуре +2...+4 °С (Анпилогова, Волкова, 2000). Идентификацию патогена осуществляли по определителю Билай В. И. (1985). Отсев чистой культуры проводили на морковно-свекольный агар (Дудка и др., 1982).

**Исследования по диагностике степени развития сетчатой пятнистости ячменя озимого на основе цифровых интеллектуальных технологий** проводили на восприимчивом к патогену сорте ячменя озимого Рубеж и умеренно устойчивом сорте Виват. Сорта были высеяны в 2022–2023 гг. в полевом инфекционном питомнике ФГБНУ ФНЦБЗР на делянках 1 м<sup>2</sup> в трёхкратной

повторности (Доспехов, 2014). Отбор растений для определения развития болезни проводили в условиях поля в момент первичного проявления заболевания – фаза кущения (ВВСН 25), последующие отборы – фаза флаг-листа (ВВСН 39), фаза выхода в трубку (ВВСН 45) и фаза молочной спелости (ВВСН 70). Степень пораженности листьев и других органов сетчатой пятнистостью определяли по шкале Э. Э. Гешеле (Койшыбаев, Муминджанов, 2016). Учет и фотофиксацию осуществляли с помощью выборки не менее 50 растений умеренно устойчивого и восприимчивого сортов в каждой фазе развития ячменя озимого. Фотоснимки пораженных сетчатой пятнистостью листьев получены при искусственном освещении, на белом фоне, под углом 90°, на расстоянии 30–50 см до объекта съемки. Разрешение каждого фотоснимка 1024 на 682 пикселей, формат хранения данных – растровый (png). Для обучения сверточной нейронной сети сегментировать пораженные области на листьях, исходные изображения были размечены. Аннотации всех фотоснимков производили вручную (рисунок 6).

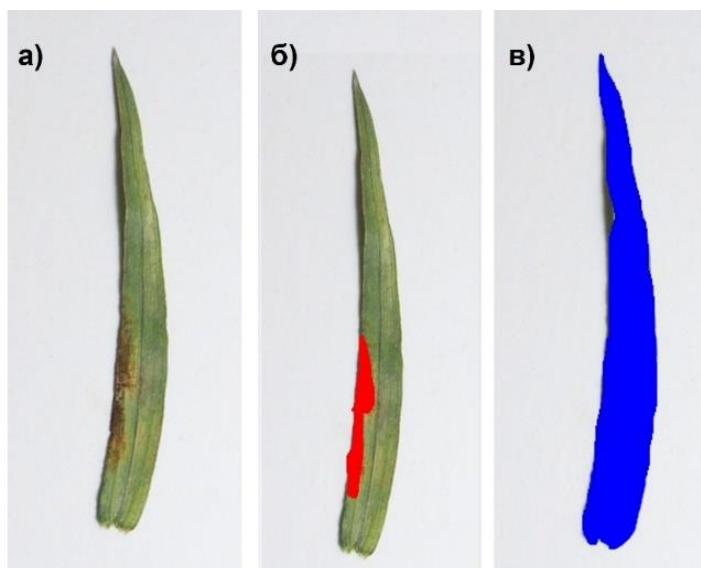


Рисунок 6 – Исходное изображение из полученной выборки (а) и соответствующие ему размеченные объекты: маска сетчатой пятнистости (б), маска листовой пластины (в)

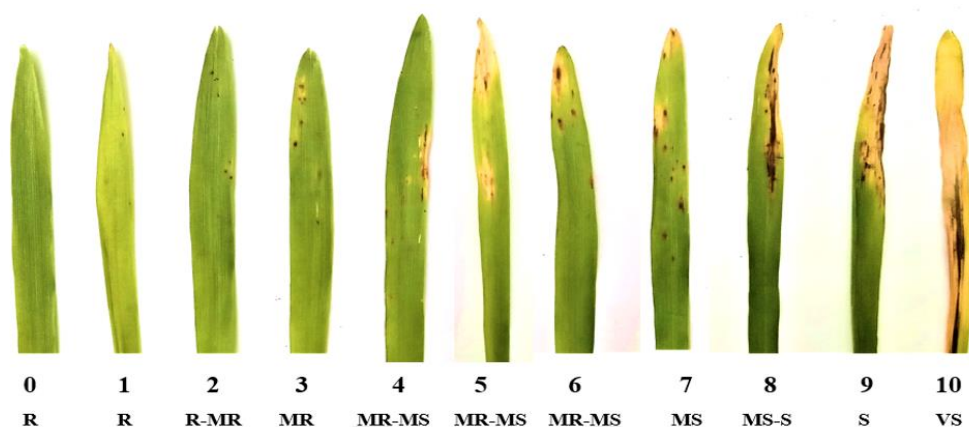
Была получена репрезентативная выборка растений ячменя с различной степенью поражения *P. teres*, произведена фотосъемка, осуществлена разметка данных – соотнесение каждого фото с процентом развития болезни. Для разработки модели оценки степени развития сетчатой пятнистости ячменя по шкале от 0 до 100 % для отдельных экземпляров растений полученные данные были переданы для математической обработки группе исследователей под руководством д.б.н., доцента кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» Ариничевой И. В. и к.э.н., доцента кафедры теоретической экономики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» Ариничева И. В.

Обработку полученных данных и разработку локализирующего сетчатую пятнистость алгоритма проводили в соответствии с методами глубокого машинного обучения, полносверточных нейронных сетей, модель базировалась на архитектуре U-Net, показавшей отличные результаты в задаче сегментации болезней пшеницы (Berman et al., 2018; Picon, 2018; Ариничев и др., 2023).

**Для проведения иммунологической оценки относительно сетчатой пятнистости ячменя** в условиях теплицы и климатической камеры Binder KBWF 720 (температура +25,0 °C, влажность 80%, лампы дневного света 13000 лк, спектр (250–785 нм)) сорта были высеяны в трёх повторностях в вазоны по 0,5 л по 10–12 растений на вазон. Инокуляция проведена в фазу 2-3 листьев с полностью развернутым вторым листом (Liu et al., 2012). Выделение чистой культуры патогена, наработка инокулюма гриба, инокуляция растений была проведена по стандартным методикам (Бабаянц и др., 1988; Хасанов, 1992; Афанасенко, 1996; Fetch, Steffenson, 1999; Егоров, 2004). Для получения инокулята чистую культуру грибов инкубировали (температура 25 °C, У/Ф 30W UVB 280–315 нм) на свекольно-морковном агаре (Волкова и др., 2022). Через 5 суток чашки Петри были помещены в холодильную камеру с температурой +5 °C на сутки для стимуляции

образования конидий. Инокуляция была проведена методом опрыскивания, концентрация инокулята составила минимум  $40 \times 10^3$  конидий на 1 мл, затем растения были помещены на сутки в полиэтиленовые изоляторы для поддержания оптимального уровня влажности (Билай, 1982; Fetch, Steffenson, 1999). Учет относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя был проведён через 7 суток после обработки по шкале Tekauz (Tekauz, 1985) (рисунок 7).

Иммунологическую оценку сортов ячменя озимого в полевых условиях фазы взрослого растения относительно возбудителя сетчатой пятнистости проводили на естественном инфекционном фоне. Контролем по восприимчивости был высеян восприимчивый к сетчатой пятнистости листьев сорт Романс (S). Все опытные варианты заложены в трехкратной повторности.



- |                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 – точечные некрозы (высокая устойчивость);                                                   | R  |
| 2 – 3 – некротические штрихи с небольшим хлорозом (реакция устойчивости);                      | R  |
| 4 – 6 – некротические пятна, окружённые чётко выраженным хлорозом (промежуточный тип реакции); | MR |
| 7 – 8 – сливающиеся некротические пятна, окружённые хлорозом;                                  | MS |
| 9 – 10 – весь отрезок поражён некрозом и хлорозом                                              | S  |

Рисунок 7 – Шкала для оценки устойчивости к возбудителю сетчатой пятнистости ячменя (Tekauz, 1985)

Учёт болезни осуществляли с момента первичного проявления заболевания, последующие учёты – до фазы молочно-восковой спелости зерна с интервалом 10

– 12 суток. Развитие болезни на листовой пластине определяли по шкале Э. Э. Гешеле, ранжирование сортов по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев осуществляли по шкале CIMMYT: 0 – заболевание отсутствует; R – устойчивость, развитие заболевания до 15 %; MR – средняя устойчивость, развитие заболевания от 15 до 30 %; MS – средняя восприимчивость, поражение до 50 %; S – восприимчивость, поражение более 50 % (Койшыбаев и др., 2014).

**В исследовании по влиянию генетически разнородных посевов на развитие сетчатой пятнистости листьев** перед посевом семена умеренно устойчивого и восприимчивого сортов тщательно перемешивали в пропорции 1 S:1 MR, 1 S:2 MR, 1 S:3 MR, 1 S:4 MR, также были посеяны моносорта без смеси. Фунгицидные обработки на опытных участках не проводили. Учёт болезни осуществляли в период максимального развития на растениях (Волкова и др., 2024). Степень пораженности листьев сетчатой пятнистостью определяли по шкале Э. Э. Гешеле (Koishibaev, Mumidzhanov, 2016). Определяли среднее развитие заболевания из общего количества обследованных растений в трех повторностях (не менее 25–30 растений в каждой повторности). После сбора урожая с каждой делянки были отобраны случайным образом 1000 зёрен (Automatic Seed Counter MSC-C) и взвешены (ViBRA ALE 223).

**Изучение морфолого-культуральных признаков, агрессивности и вирулентности** моноконидиальных изолятов, собранных с сортов, различающихся по типам устойчивости к патогенам, и с растений после обработки фунгицидами, было проведено с использованием методов, описанных в работах О. С. Афанасенко (2000), A. Baturo-Ciesniewska (2012). Для исследования морфолого-культуральных признаков было отобрано по 10 изолятов с каждого сорта. Морфология колоний была определена согласно предложенной схеме по существующей методике (Baturo-Ciesniewska et al., 2012) на 10 день после переноса мицелиальных дисков на чистую питательную среду (рисунок 8).

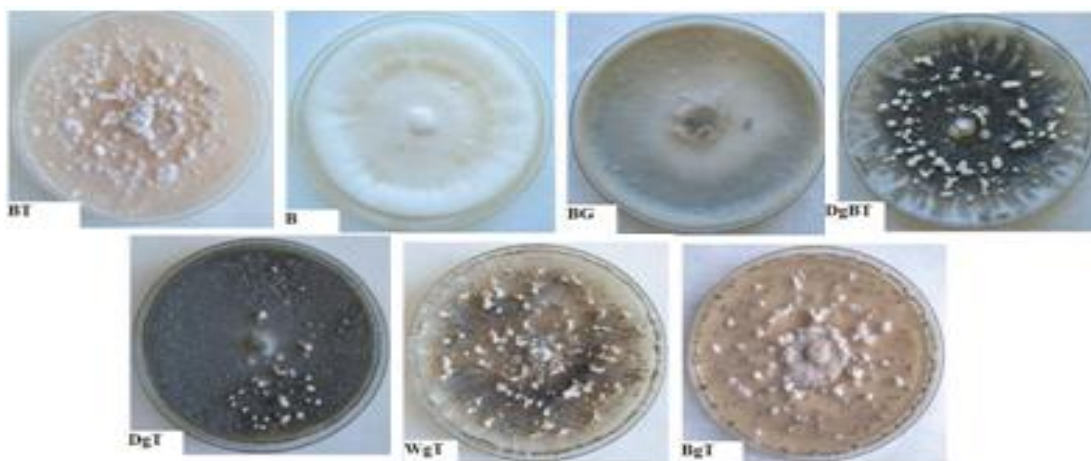


Рисунок 8 – Морфотипы колоний *Pyrenophora teres* после 10 суток инкубирования (Batur-Ciesniewska et al., 2012)

**Исследование по определению расового состава популяции патогена** было проведено с использованием международного набора дифференцирующих сортов (Afanasenko et al., 2009; Dinglasan et al., 2019). Для определения расового состава популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края использовали ежегодно по 25 моноконидиальных изолятов. В опыте с определением расового состава образцов популяции, отобранных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов и после обработки фунгицидами, было использовано по 20 изолятов, которые были выделены с растений различных сортов и после инокуляции рекомендуемой производителями нормой применения. Один набор сортов-дифференциаторов инокулировали одним изолятом. Для получения инокулята чистую культуру с одной спорой выращивали при ультрафиолетовом освещении при температуре 25 °C в течение 7 суток. Суспензию спор получали путем заливки чашек Петри стерильной водой и поверхностно-активным веществом Tween 20. Концентрацию суспензии инокулята доводили до  $40 \times 10^3$  конидий в 1 мл. Инокуляцию проводили путем распыления, затем растения помещали во влажную камеру в темноте. Через 24 часа растения помещали в климатическую камеру (температура +25,0 °C, влажность 80 %, лампы дневного света 13000 лк). Через 7 суток сорта-дифференциаторы оценивали по

международной шкале Tekauz (Tekauz, 1985). Расовый состав был охарактеризован с использованием восьмеричной системы. Девять сортов расположены в строгом порядке и разделены на три тройки. Типы реакции, оцененные в баллах в интервале от 1 до 5, относили к устойчивости, 5,1–10 – к восприимчивости. Каждому из трех классов было присвоено значение 4, 2 и 1 соответственно. Если задано значение «вирулентность», то триплетные данные суммируются. На них обозначены три цифры, которые являются названием расы. Повторение эксперимента – трехкратное.

Исследование параметров агрессивности и расового состава образцов популяции *P. teres*, собранных с различных по устойчивости сортов в разные фазы развития растения, было проведено одновременно у всех изолятов для исключения возможности влияния на результаты исследования биологических ритмов патогена. Агрессивность патогена *P. teres* определяли по четырем параметрам: скорость роста колоний, интенсивность споруляции, инкубационный период заболевания и развитие болезни после инокуляции выделенными популяциями восприимчивого сорта Романс (Дудка и др., 1982; Смирнов, Кузнецов, 2006; Золфагари, 2012; Зайцев, 2013). С каждого сорта было выделено по 10 изолятов (в трех повторностях). Скорость роста патогена определяли путём переноса мицелиальных дисков на чистую питательную среду, культивацией в течение 7 суток и измерением диаметра колонии (Билай и др., 1988). Инкубация происходила под ультрафиолетовыми лампами при температуре +23 °С. Среднюю скорость рассчитывали на основании замеров диаметра на 7 сутки. Интенсивность споруляции изолятов была изучена с помощью переноса и последующей инкубации в течение 10 суток под ультрафиолетовыми лампами (Билай и др., 1988). С каждой чашки Петри готовили по 10 мл конидиальной суспензии, проводили учёт количества спор в 1 мл суспензии (ColonyCount, Schuett).

Инкубационный период был определён как отрезок времени от момента заражения до проявления симптомов болезни (Wallwork et al., 2016).

**Изучение чувствительности сетчатой пятнистости к фунгицидам различных химических классов и микробиологических препаратов** на интактных растениях ячменя осуществляли на фоне искусственного заражения в фазу проростков. Чувствительность патогена к фунгицидам определяли с использованием классических фитопатологических методов по развитию болезни растений после их обработки по шкале Текауз (1985). Для проведения исследования по изучению чувствительности к фунгицидам в лабораторных условиях чистой культуры *P. teres* в чашки Петри вносили растворы с установленной для каждого препарата нормой применения согласно методике Чекмарева (Чекмарев, 2015; Чекмарев, 2017). Мицелиальные диски с колониями микромицета вносили в чашки Петри через сутки, в чашки с контрольным вариантом вносили стерильную воду. После инкубации под ультрафиолетовыми лампами при температуре +23 °C в течение 7 суток измерением диаметра колонии определяли скорость роста патогена. Для определения интенсивности споруляции чашки инкубировали 10 суток, затем с каждой чашки, где диаметр колонии на питательной среде с фунгицидом достиг достаточного размера, микробиологическим сверлом был вырезан мицелиальный диск и рассчитана средняя споруляция колонии.

**Статистическая обработка.** Все опыты проведены в трехкратной повторности. Биологическая эффективность (далее – БЭ) рассчитана по формуле Аббота (Методические указания..., 2009), полуэффективная концентрация (далее – LD<sub>50</sub>) определена с помощью сервиса «Quest Graph™ EC50 Calculator». Статистическое различие выборок оценивали с помощью критерия Фишера при уровне значимости  $\alpha=0,05$ , линейный коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ) и связь между признаками оценивали по шкале Чеддока (Круглова, 2018). Значение средней вирулентности определяли как средний балл развития болезни

сортов-дифференциаторов. Различия между изолятами популяции по частоте аллелей вирулентности определяли по индексу Нея (Tamura et al., 2007). Уровень генетического разнообразия *P. teres* описывали с помощью индекса разнообразия Шеннона по формуле:  $H_w = - \sum p_i \ln(p_i)$ , где  $p_i$  – частота  $i$ -го фенотипа в данной популяции,  $n$  – общее число изолятов исследуемой популяции. Изоляты с идентичными фенотипами, образовавшиеся в результате клонального размножения одного изолята, составили клональную фракцию популяции (clonal fraction – CF) (Zhan et al., 2003), которую рассчитывали по формуле:  $CF = 1 - (n_u/n)$ , где  $n_u$  – число уникальных фенотипов,  $n$  – общее число изолятов. Расчёты полученных данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica версии 13.3 (<http://statsoft.ru/products/trial/>).

## ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3. 1 Диагностика развития сетчатой пятнистости листьев ячменя с помощью компьютерного зрения

С отобранных в ходе фитосанитарных обследований в различных агроклиматических зонах (центральной, западной приазовской, южной предгорной) пораженных образцов ячменя была выделена чистая культура гриба *P. teres* (рисунок 9) и проведена наработка инокулюма гриба для дальнейших исследований. Нарботанный инокулюм использован для искусственной инокуляции ячменя озимого в условиях полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР.

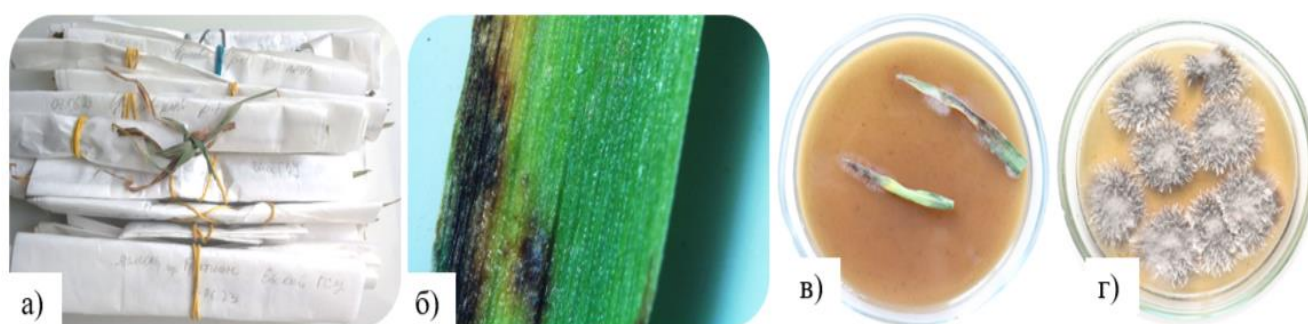


Рисунок 9 – Выделение и наработка инокулюма *Pyrenophora teres*: а) гербарные образцы пораженных сетчатой пятнистостью листьев ячменя; б) пораженные сетчатой пятнистостью участки листовой пластины ячменя (ув.\*4); в) пораженные листья ячменя на питательной среде (2 сут); г) чистая культура гриба *Pyrenophora teres* (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

В полевых условиях проведен сбор экспериментальной репрезентативной выборки с различным процентом развития сетчатой пятнистости листьев. Были отобраны пораженные листья с двух сортов – умеренно устойчивого сорта Виват и восприимчивого сорта Рубеж. Произведена фотосъемка и осуществлена разметка данных – соотнесение каждого фото с процентом развития болезни (рисунок 10).

Экспериментальная репрезентативная выборка по различному проценту развития сетчатой пятнистости ячменя в фазу взрослого растения в условиях полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР была проведена в четыре фазы развития – кущение (ВВСН 25), флаг-лист (ВВСН 39), выхода в трубку (ВВСН 45) и молочная спелость (ВВСН 70).

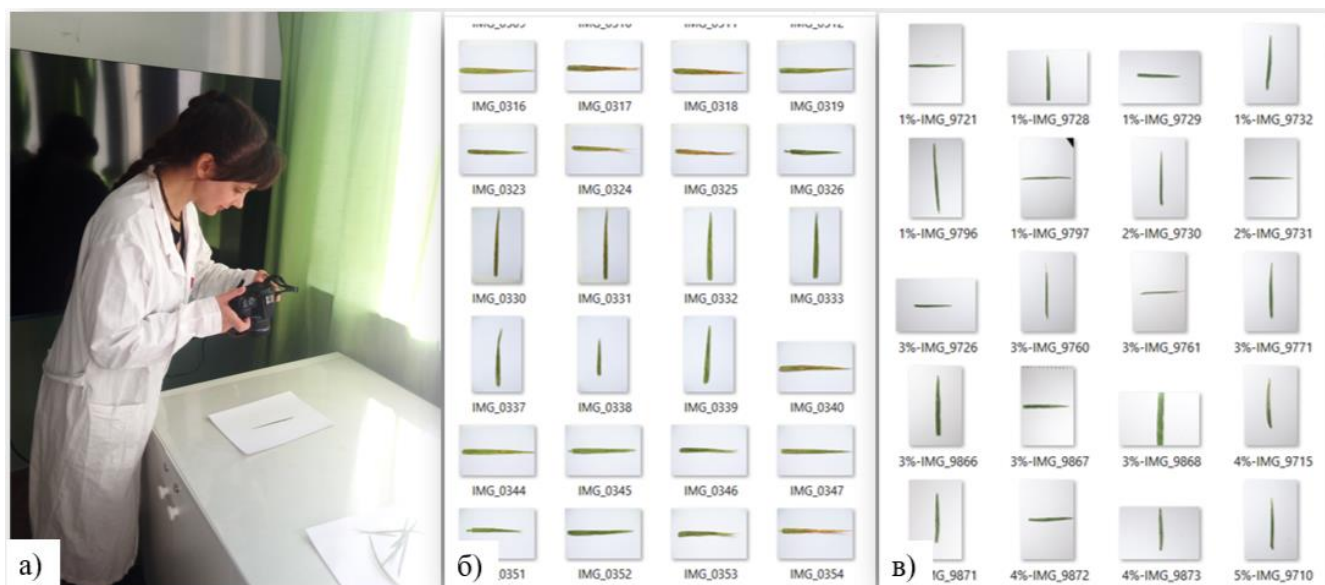


Рисунок 10 – Проведение фотофиксации растений ячменя с различной степенью поражения грибом *Pyrenophora teres* (а) и соотнесение каждого фото с процентом развития болезни (б, в), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

В результате проведенной работы произведена фотосъемка пораженных растений различных по устойчивости сортов ячменя озимого в разные фазы развития растения-хозяина и осуществлена разметка данных, то есть соотнесение каждого фото с процентом развития болезни. Полученные данные предоставлены профессору кафедры высшей математики ФГБОУ ВО КубГАУ доктору биологических наук Ариничевой И. В. и доценту кафедры теоретической экономики ФГБОУ ВО КубГУ Ариничеву И. В. для дальнейшей обработки с помощью современных инновационных методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

Общий подход к сегментации изображений с использованием архитектуры U-Net был применен для анализа сетчатой пятнистости ячменя озимого (Ариничева и др., 2023). В текущих условиях развития технологий обучить нейронную сеть, способную справляться с любыми сценариями, пока не представляется возможным. Важно четко понимать, где и как будет использоваться обученная модель. Это могут быть полностью контролируемые условия, когда образцы растений фотографируются на однородном фоне с контролируемым освещением, неконтролируемые условия с акцентом на конкретный орган растения, где изображения имеют сложный фон, но интересующий объект занимает большую часть кадра. Также возможны полностью неконтролируемые, полевые условия, поэтому перед началом работы важно было заранее зафиксировать общие параметры фотосъемки: ракурс, влияние теней и фона, диапазоны яркости и контрастности и другие факторы. Для повышения точности модели необходимо ограничить условия получения изображений и требовать их соблюдения от конечных пользователей. В противном случае даже самый совершенный алгоритм не сможет гарантировать уровень точности, достигнутый при обучении.

Модель, обученная на данных, полученных в лабораторных условиях при контролируемом освещении и светом однородном фоне, может сталкиваться с трудностями при применении на реальных полевых данных, где условия значительно варьируются. Однако лабораторные опыты позволяют создать эталонный набор данных, который необходим для первичной оценки производительности модели и её обучаемости, стать отправной точкой для адаптации модели и ее использования в условиях реальных полевых экспериментов, включая расширение выборки с учетом различных погодных условий, вариаций освещенности и других неконтролируемых факторов, что повысит её применимость к широкому спектру сценариев.

В результате проведенных исследований разработана модель сегментации сетчатой пятнистости ячменя озимого, базирующаяся на архитектуре U-net с кодерами ResNet (Ариничев и др., 2024). Обученную после двухэтапного процесса анализа изображений модель возможно масштабировать с одного объекта на участок возделывания культуры, а также на другие объекты зерновых колосовых культур для решения вопросов отделения листовой пластины от фона и сегментации пораженных болезнями участков на листе (при наличии некроза ткани), что открывает перспективы более широкого применения полученных в исследовании результатов (рисунок 11, а-б). Учитывая способность решающих деревьев к масштабированию, при наличии собранных данных по другим культурам и болезням, представленные ИИ-решения являются ценным инструментом в части принятия управленческих решений для фермеров и агрономов при борьбе с грибными болезнями зерновых культур, предоставляя оперативную и объективную оценку степени развития болезней.

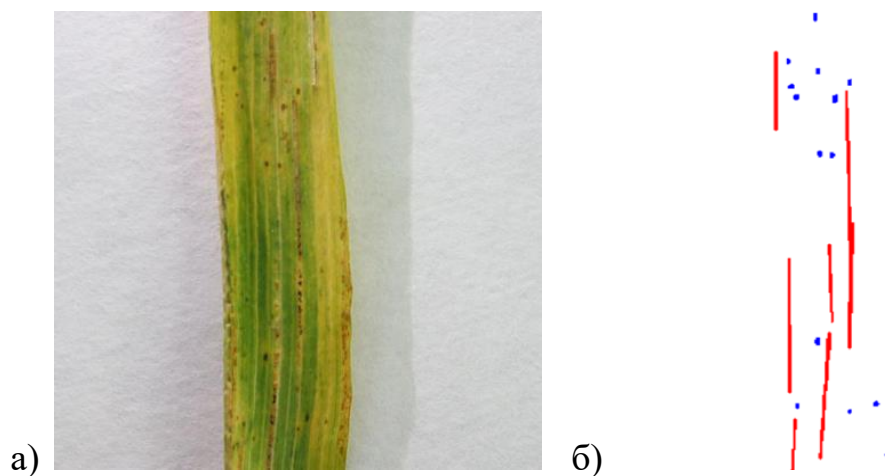


Рисунок 11 – Пример семантической сегментации на два класса: а) фотоснимок листа ячменя, пораженного двумя грибными болезнями (сетчатая пятнистость листьев и карликовая ржавчина); б) соответствующая исходному изображению маска двух болезней, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024 г.

Рассмотрена и решена важная с прикладной точки зрения задача автоматизированной локализации сетчатой пятнистости ячменя на основе

полносверточных методов компьютерного зрения (Ариничева и др., 2024). Обученная модель позволяет без участия человека-эксперта диагностировать наличие на органах растений (листьях) ячменя озимого очагов поражений рассматриваемой болезни для различных по устойчивости групп сортов в контролируемых условиях. В отличие от подавляющего числа исследований, где сегментация пораженных болезнями участков растений не является конечной целью, а выступает промежуточным звеном классификации заболевания, показано, что значимо лучших результатов можно достичь, ставя на первое место именно задачу сегментации и решая задачу классификации уже постфактум. Показано, что рассмотренный в исследовании инновационный метод прогнозирования развития сетчатой пятнистости ячменя озимого может успешно интегрироваться в общую стратегию фитосанитарной диагностики зерновых культур, включая ячмень (Волкова и др., 2024).

Использование компьютерного зрения для диагностики развития сетчатой пятнистости листьев ячменя привносит новые подходы в область контроля болезни растения. Разработанная модель открывает перспективы для анализа заболевания сельскохозяйственной культуры при разработке программы для ЭВМ, способствуя улучшению эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

### **3.2 Иммунологическая оценка высеваемых на юге России сортов ячменя озимого относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев**

Посев устойчивых к локальной популяции доминантов патогенного комплекса сортов является одним из наиболее распространённых способов защиты сельскохозяйственных посевов ячменя. В вегетационный период 2019–2021 гг. в условиях полевого стационара в фазу взрослого растения (ВВСН

70) (естественный инфекционный фон) и в условиях тепличного комплекса в фазу проростков (ВВСН 12) (искусственный инфекционный фон) ФГБНУ ФНЦБЗР была проведена иммунологическая оценка относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев 19 сортов и одной линии ячменя озимого (приложение А) (Данилова и др., 2021; Волкова и др., 2023). Для обеспечения высокого уровня гетерогенности популяции патогена при создании искусственного инфекционного фона были отобраны поражённые сетчатой пятнистостью листья ячменя озимого в трёх агроклиматических зонах региона (южной предгорной, центральной и западной приазовской) с различных производственных посевов.

Стратегии селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к наиболее вредоносным болезням базируются на информации об эволюционном потенциале популяций возбудителей болезней и генетическом разнообразии устойчивости растения-хозяина (Dinglasan et al., 2019; Яхник, Волкова, 2020). Проведение оценки устойчивости сорта в ювенильную фазу в контролируемых условиях на искусственном инфекционном фоне предполагает получение объективных данных о потенциальной возможности гриба вызывать инфекцию в растении – патогенности. Фаза проростков является наиболее восприимчивой к гемиботрофным болезням, но механизмы устойчивости ювенильной фазы и фазы взрослых растений существенно различаются (Данилова и др., 2022). Комплексное проведение иммунологической оценки предполагает наличие опытных данных в полевых условиях, когда на патосистему «фитопаразит-растение» помимо эффективных генов устойчивости взрослого растения и вирулентных генов фитопатогена воздействует ряд биотических и абиотических факторов (рисунок 12).

В течение периода исследования в условиях теплицы на искусственном инфекционном фоне в ювенильную фазу (ВВСН 12) устойчивость против возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя выявлена у четырех сортов (R

(развитие 2–3 балла)): Гордей (3,1 балла), Паттерн (3,0 балла), Сармат (2,4 балла) и Тимофей (2,7 балла) (рисунок 13). Умеренную устойчивость (MR (развитие 4–6 баллов)) к болезни проявили семь сортов: Версаль (4,6 балла), Каррера (5,7 балла), Кондрат (5,7 балла), Лазарь (5,0 балла), Мадар (4,5 балла), Мастер (5,5 балла), Спринтер (5,3 балла). Умеренная восприимчивость (MS (развитие 7–8 баллов)) к патогену выявлена у семи сортов: Агродеум (7,3 балла), Амиго (7,5 балла), Иосиф (7,7 балла), Кубагро-1 (7,9 балла), Лайс (7,5 балла), Рандеву (7,7 балла), Рубеж (7,3 балла). Восприимчивыми (S 9–10 баллов) к патогену выявлены линия АС-18 (9,3 балла) и сорт Романс (9,7 балла), последний был отобран в качестве контроля по восприимчивости.

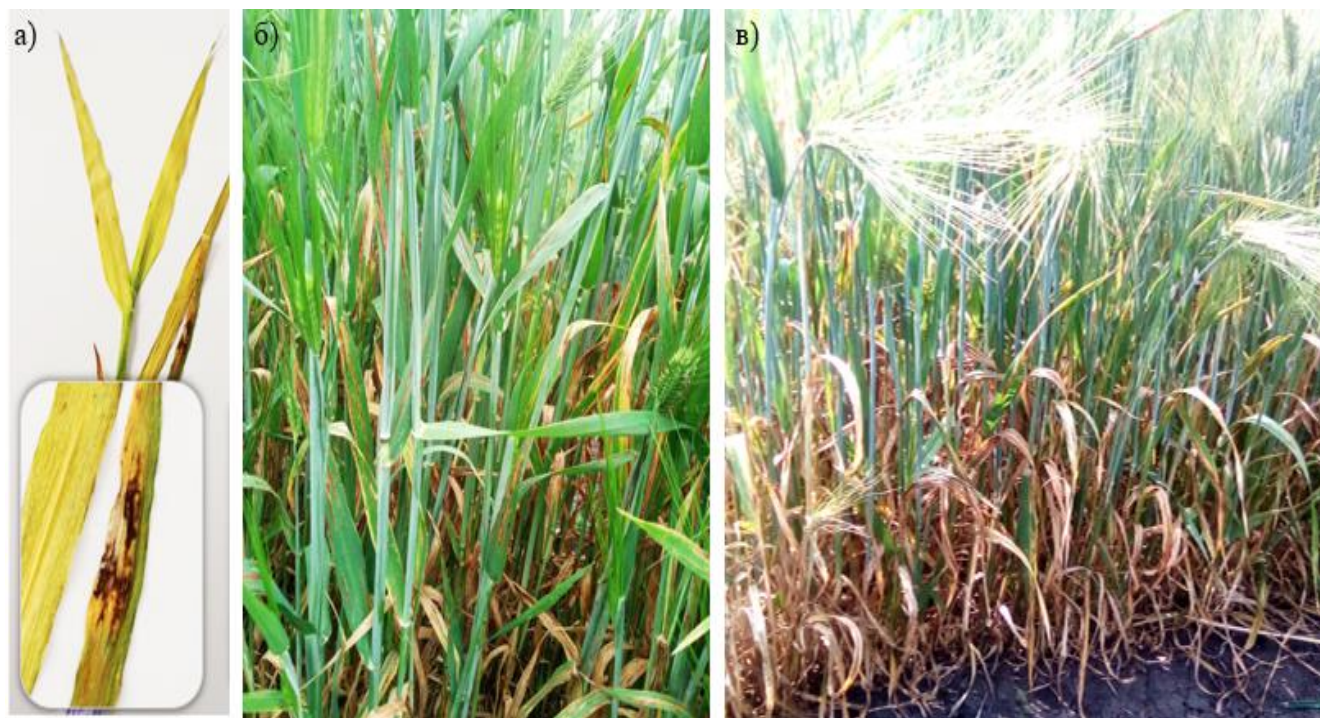


Рисунок 12 – Иммунологическая оценка восприимчивого к сетчатой пятнистости листьев сорта ячменя озимого Романс в полевых условиях: а) фаза появления колоса (BBCH 50) (4-дневные гербарные образцы); б) фаза конец колошения (BBCH 59); в) фаза восковой спелости (BBCH 80), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

При проведении иммунологической оценки (в условиях полевого стационара на естественном инфекционном фоне) сортов и линии ячменя озимого

был выявлен один сорт, обладающий устойчивостью к сетчатой пятнистости листьев в течение 3-х лет исследований, – Тимофей, развитие болезни на данном сорте в среднем составило 13,3 %. Умеренную устойчивость к патогену проявили шесть сортов и одна линия: Агродеум (23,3 %), АС-18 (23,3 %), Версаль (16,7 %), Иосиф (20,0 %), Мастер (20,0 %), Паттерн (21,7 %), Сармат (20,0 %). Умеренная восприимчивость выявлена у девяти сортов ячменя озимого: Амиго (43,3 %), Гордей (40,0 %), Каррера (38,3 %), Кондрат (38,3 %), Кубагро-1 (41,7 %), Лайс (36,7 %), Мадар (40,0 %), Рандеву (38,3 %), Спринтер (38,3 %).

Результаты полевых и тепличных исследований выявили низкую устойчивость к сетчатой пятнистости листьев большей части исследуемых сортов. 40,0 % сортов отнесены к восприимчивым к патогену в фазу взрослого растения и 55,0 % – в ювенильную фазу. Различия иммунологических характеристик сорта, согласно данным оригинаторов и проведенному исследованию, выявлены на четырех сортах, зарегистрированных в Реестре селекционных достижений за 9–15 лет до проведенного нами исследования (Кондрат – 2006 год регистрации, Рубеж – 2010 год регистрации, Спринтер, Лазарь – 2012 год регистрации) (Реестр селекционных достижений, 2024). Исключение составила иммунологическая оценка сорта Сармат (2006 год регистрации) ввиду выявленной умеренной устойчивости к сетчатой пятнистости листьев при заявленной оригинатором умеренной восприимчивости к патогену. За три года исследования в ювенильную фазу и фазу взрослого растения только на одном сорте Тимофей в течение двух лет (2019 г., 2022 г.) развитие болезни выявлено менее экономического порога вредоносности (Россельхозцентр, 2024).

На естественном инфекционном фоне поражение растений на контроле по восприимчивости (сорт Романс) в зависимости от погодных условий составило от 50,0 % (2020 г.) до 70,0 % (2021 г.), а на единственном из испытуемых устойчивом сорте Тимофей – от 10,0 % (2020 г.) до 15,0 % (2021 г.). Полученные данные

свидетельствуют о необходимости проведения обязательных защитных мероприятий всех сортов ячменя озимого на юге России, там, где развитие болезни превышает экономический порог вредоносности болезни.

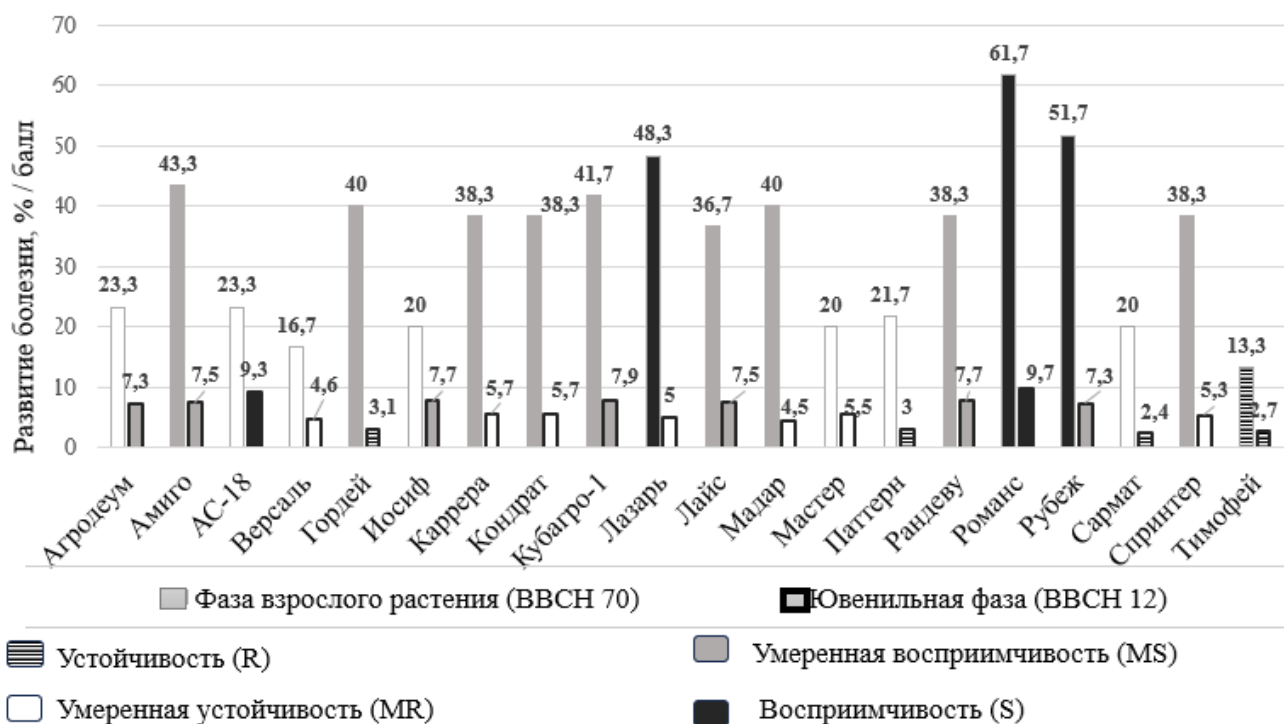


Рисунок 13 – Иммунологическая оценка сортов и линии ячменя озимого относительно возбудителя сетчатой пятнистости листьев в ювенильную фазу (BBCH 12) и фазу взрослого растения (BBCH 70), тепличный комплекс, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019–2021 гг.

Иммунологическая оценка 19 сортов и одной линии ячменя озимого выявила устойчивость в онтогенезе сорта Тимофей и умеренную устойчивость сортов Версаль, Мастер, Паттерн, Сармат. Сорта рекомендованы для использования в зонах сильного распространения сетчатой пятнистости листьев. Использование устойчивых и умеренно устойчивых сортов в сельскохозяйственном производстве рекомендовано для оптимизации системы защиты культуры от *P. teres*, а в селекционных программах – в качестве источников устойчивости к патогену.

### 3.3 Влияние смеси разнородных сортовых посевов ячменя озимого на развитие сетчатой пятнистости листьев

Для снижения развития и распространения сетчатой пятнистости листьев ячменя необходимо повысить генетическое разнообразие культуры. Одним из простых и экономически выгодных способов увеличения генетического разнообразия является высев генетически разнородных сортов, которые отличаются по устойчивости к патогену (Волкова и др., 2018). В связи с быстрой потерей сортовой устойчивости и активными процессами расообразования, происходящими в популяции *P. teres*, изучение влияния смесей рекомендованных для посева в Северо-Кавказском регионе сортов на снижение развития заболевания является актуальной задачей на юге России.

Было проведено изучение влияния генетически разнородных посевов на развитие сетчатой пятнистости листьев ячменя озимого (Yakhnik et al., 2024). Исследование проводили в течение 2020–2022 гг. вегетационных сезонов на естественном инфекционном фоне в условиях полевого стационара. Развитие сетчатой пятнистости ячменя являлось средним по ежегодным показателям в регионе. В конце июня 2022 года погодные условия сложились неблагоприятными для развития патогена. Статистический анализ свидетельствует о репрезентативности выборки, доля влияния расположения делянок не превышала 2–3 % (при  $F_{3.12}=7,68$ ,  $P=0,0009$  за 2020 год,  $F_{3.12}=3,43$ ,  $P=0,03$  за 2021 год, в 2022 году влияние между выборками отсутствовало (при  $F_{3.12}=0,3$ ,  $P=0,7$ )).

В исследовании учёт болезни осуществляли в период максимального развития на растениях. Определяли среднее развитие заболевания из общего количества обследованных растений ячменя двух сортов – умеренно устойчивого сорта Иосиф и восприимчивого к патогену сорта Романс. Было выявлено, что в

течение 2020–2022 гг. развитие болезни последовательно снижалось при увеличении в смеси доли умеренно устойчивого сорта, разница показателей составила от 28,6 до 56,6 % (2020 год), от 33,3 до 51,3 % (2021 год), от 31,0 до 40,1 % (2022 год), что указывает на положительный эффект использования смесей для снижения тяжести заболевания при использовании восприимчивых сортов (таблица 2).

Таблица 2 – Развитие сетчатой пятнистости листьев ячменя (%) в условиях полевого стационара на естественном инфекционном фоне в двухкомпонентной смеси в различных пропорциях, сорта Романс S, Иосиф MR, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020–2022 гг.

| Пропорция сортов в смеси | Развитие болезни, % (ВВСН 70) |           |          |
|--------------------------|-------------------------------|-----------|----------|
|                          | 2020 год                      | 2021 год  | 2022 год |
| S                        | 72,6±8,8**                    | 80,6±9,6  | 48,6±9,1 |
| 1 MR:1 S                 | 44,0±11,8                     | 47,3±12,2 | 17,6±8,6 |
| 2 MR:1 S                 | 36,6±14,9                     | 44,6±14,5 | 11,0±3,6 |
| 3 MR:1 S                 | 33,3±11,7                     | 40,0±10,6 | 9,2±3,0  |
| 4 MR:1 S                 | 22,6±9,6                      | 34,6±6,4  | 7,4±1,8  |
| MR                       | 16,0±5,0                      | 29,3±8,8  | 8,5±3,3  |

\* стандартное отклонение

\*\* однофакторный дисперсионный анализ выявил достоверные различия между вариантами (S – контроль) в 2020 году ( $F_{t4,2} < F_f 56,5$  для 1S:1MR;  $F_{t4,2} < F_f 64,3$  для 1S:2MR;  $F_{t4,2} < F_f 107,3$  для 1S:3MR;  $F_{t4,2} < F_f 219,9$  для 1S:4MR;  $F_{t4,2} < F_f 463,9$  для MR), в 2021 году ( $F_{t4,2} < F_f 68,8$  для 1S:1MR;  $F_{t4,2} < F_f 63,7$  для 1S:2MR;  $F_{t4,2} < F_f 120,0$  для 1S:3MR;  $F_{t4,2} < F_f 238,0$  для 1S:4MR;  $F_{t4,2} < F_f 231,0$  для MR), в 2022 году ( $F_{t4,2} < F_f 90,0$  для 1S:1MR;  $F_{t4,2} < F_f 218,5$  для 1S:2MR;  $F_{t4,2} < F_f 251,6$  для 1S:3MR;  $F_{t4,2} < F_f 293,3$  для 1S:4MR;  $F_{t4,2} < F_f 254,8$  для MR)

Селекционная работа в регионах проводится по направлениям адаптации новых сортов к агроклиматическим условиям, увеличения потенциальной урожайности и качественных характеристик семян, а также на иммунитет к доминантам патоконтекста региона (Баташева и др., 2020; Щенникова, Кокина, 2021; Николаев и др., 2022). Исследователи отмечают, что потенциальная урожайность ячменя в последние годы возросла на 50–60 %, но эффективность реализации генетического потенциала новых сортов остается на уровне 30–40 %,

что свидетельствует о недостатке проводимых защитных мероприятий на высокоурожайных, но восприимчивых к болезням сортах.

Показатель массы 1000 семян является одним из наиболее важных наследуемых факторов, обеспечивающих высокую урожайность сортов ячменя. На опытных участках с сетчатой пятнистостью масса 1000 семян во всех вариантах в среднем была выявлена максимальной в 2021 году – 45,8 г, в 2022 году масса составила 40,4 г, в 2020 году была выявлена минимальная масса семян – 31,6 г (таблица 3, рисунок 14).

Таблица 3 – Масса 1000 семян в смесях устойчивого и восприимчивого к патогену сортов, сорта Романс S, Иосиф MR, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020–2022 гг.

| Пропорция сортов в смеси | Масса 1000 семян, г |          |          |
|--------------------------|---------------------|----------|----------|
|                          | 2020 год            | 2021 год | 2022 год |
| S                        | 32,0±*0,5**         | 48,8±1,0 | 35,7±1,0 |
| 1 MR:1 S                 | 30,1±0,5            | 44,1±1,0 | 40,0±0,5 |
| 2 MR:1 S                 | 31,2±0,5            | 44,9±1,0 | 39,8±1,0 |
| 3 MR:1 S                 | 32,5±0,5            | 46,3±0,5 | 40,7±0,5 |
| 4 MR:1 S                 | 34,5±1,0            | 46,9±1,0 | 43,7±1,0 |
| MR                       | 29,2±1,0            | 43,9±0,5 | 42,7±0,5 |

\* стандартное отклонение

\*\* однофакторный дисперсионный анализ не выявил достоверные различия между вариантами (S – контроль) в 2020–2022 гг.: для 1S:1MR ( $F_{t9,1} < F_f 0,2$ ); для 1S:2MR ( $F_{t9,1} < F_f 0$ ); для 1S:3MR ( $F_{t9,1} < F_f 0,02$ ); для 1S:4MR ( $F_{t9,1} < F_f 0,2$ ); для MR ( $F_{t9,1} < F_f 0$ ). Между долями умеренно устойчивого сорта и массой 1000 семян корреляции по годам выявлено не было ( $r = -0,12$  (2020);  $r = -0,67$  (2021);  $r = 0,93$  (2022))

Эффективность применения сортовой смеси против возбудителя сетчатой пятнистости листьев менялась в зависимости от пропорций умеренно устойчивого и восприимчивого сортов. В 2020 и 2022 годах наблюдалась тенденция увеличения массы 1000 семян в смешанных посевах в сравнении с моносортовыми восприимчивыми и устойчивыми посевами. Показатели массы 1000 семян в исследовании зависели от погодных условий вегетационного сезона, поэтому использование смеси сортов позволило стабилизировать данный

параметр в 2020 году (в пропорции 1 S:4 MR масса 1000 зерен превышала показатели восприимчивого сорта на 2,5 г) и в 2022 году (в пропорции 1 S:4 MR масса 1000 зерен превышала показатели восприимчивого сорта на 8,0 г). В исследовании выявлена высокая степень обратной корреляции доли умеренно устойчивого сорта и развитием заболевания ( $r = -0,93$ ). Между долей умеренно устойчивого сорта в смеси и массой 1000 семян в опыте с сетчатой пятнистостью листьев одинаковой корреляции по годам не выявлено ( $r = -0,12$  (2020);  $r = -0,67$  (2021);  $r = 0,93$  (2022)).

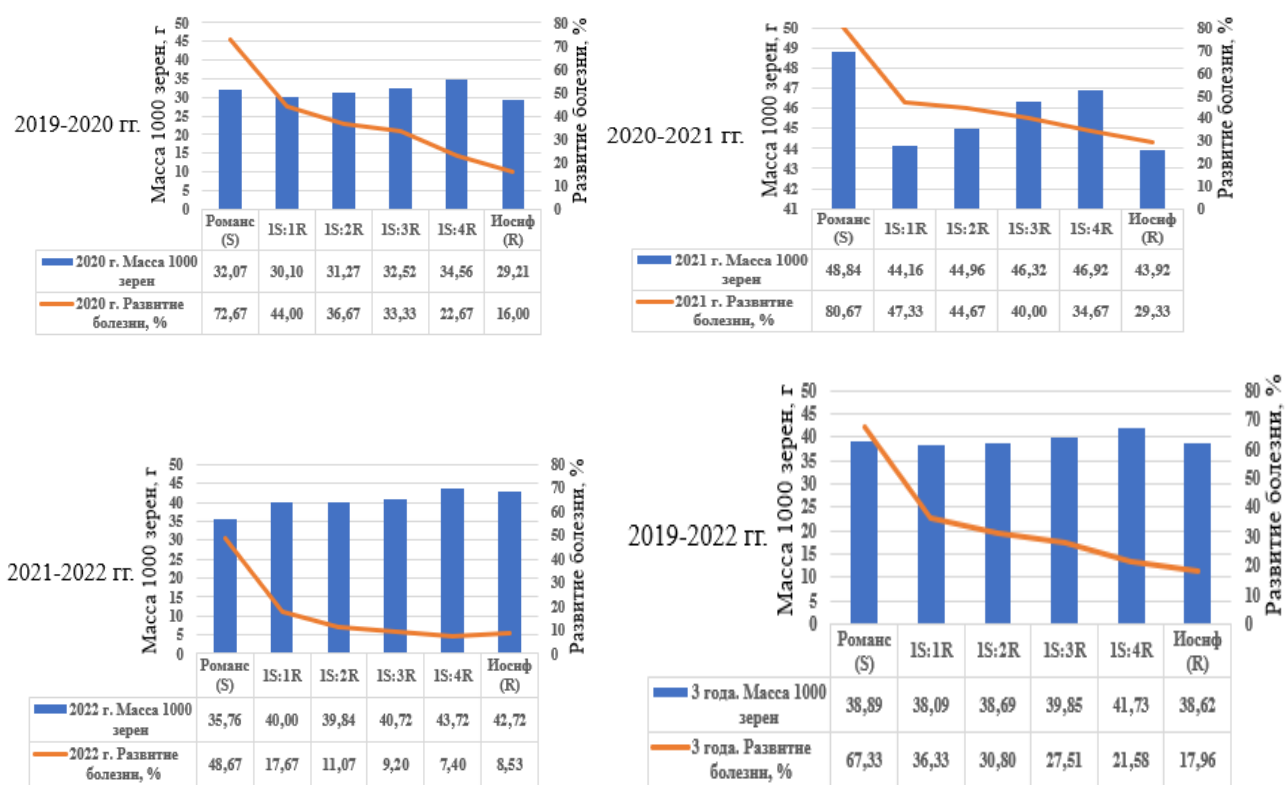


Рисунок 14 – Пропорции долей умеренно устойчивого/восприимчивого сортов ячменя озимого в смеси посевов и развитие болезни, сорта Романс S, Иосиф MR, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020–2022 гг.

В 2021 году на инфекционном участке масса 1000 семян была выше на посевах восприимчивого к патогену сорта, затем наблюдалась тенденция увеличения данного показателя с увеличением доли умеренно устойчивого сорта в посевах, а минимальное значение наблюдалось в посевах с одним умеренно

устойчивым сортом. Благоприятные погодные условия 2021 года способствовали формированию высоких урожаев при значительном развитии болезни, что свидетельствует о наличии достаточной толерантности сортов ячменя к сетчатой пятнистости листьев.

Показатели урожайности варьировали по годам исследования в зависимости от погодных условий вегетационного сезона и сортовых особенностей (рисунок 15). В среднем за три года исследования урожайность выявлена минимальной в опытном варианте на умеренно устойчивом сорте (6,3 т/га). В пропорции сортосмеси при увеличении доли устойчивого сорта урожайность увеличивалась (1 MR:1 S – 6,4 т/га; 2 MR:1 S – 6,5 т/га; 3 MR:1 S – 6,6 т/га; 4 MR:1 S – 6,9 т/га), урожайность на опытном участке с восприимчивым сортом составила 6,5 т/га. Толерантность различных сортов, как способность растений сформировать урожай без серьезных потерь качества при значительных поражениях растений, является важной характеристикой в селекционной работе (Schafer, 1971).

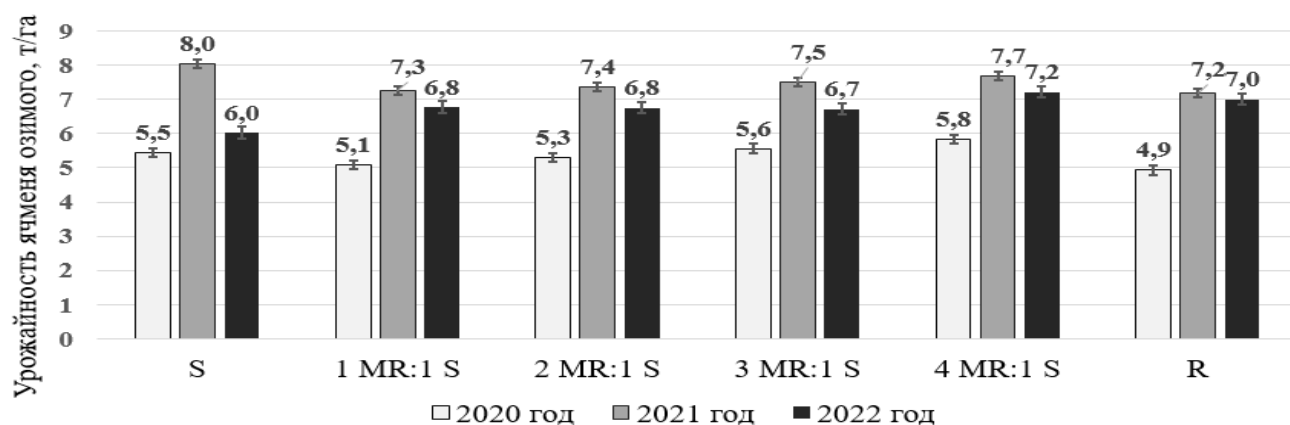


Рисунок 15 – Урожайность ячменя озимого\* (т/га) при применении сортовой смеси (сорта Романс S, Иосиф MR), полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020–2022 гг.

\* однофакторный дисперсионный анализ выявил достоверные различия между всеми вариантами по годам исследования:  $F_t 3,0 < F_f 10,0$  (2020 г.);  $F_t 3,1 < F_f 10,3$  (2021 г.);  $F_t 3,1 < F_f 13,7$  (2022 г.).

В долгосрочной перспективе в борьбе с листовыми болезнями толерантные сорта не оказывают значительного влияния на селекционное давление популяций патогенов в отличие от сортов, обладающих значительной устойчивостью (Volkova, Yakhnik, 2022). Однако прогресс в этом направлении требует глубокого понимания не только фенотипических признаков растения и механизмов защиты от стрессов, но и принципов действия различных видов паразитических грибов на растение-хозяина (Bingham et al., 2009).

Возбудитель сетчатой пятнистости листьев имеет две формы – *P. teres* f. *maculata* и *P. teres* f. *teres*, как уже отмечалось ранее. Являясь одним видом по генетическому профилю, данные формы различаются в механизмах заражения растения и токсическом действии (Lightfoot, Able, 2010). Форма *P. teres* f. *maculata* растет биотрофно, образуя пузырьки внутриклеточно в клетках эпидермиса перед переходом к межклеточному некротрофическому росту, тогда как *P. teres* f. *teres* не имеет начальной фазы биотрофного роста, продуцируя фитотоксины, приводящие к некрозу ткани (Abebe Worku, 2022). Таким образом, возбудитель сетчатой пятнистости ячменя в основном оказывает только локальное негативное воздействие, такое как отмирание тканей и уменьшение фотосинтетической поверхности, в итоге влияющее на уменьшение качества урожая. Адаптивные механизмы различных сортов ячменя позволяют сохранять относительную толерантность к возбудителю сетчатой пятнистости, что согласуется с приведенными выше результатами исследования.

По результатам трехлетних испытаний, при посеве ячменя озимого в различных пропорциях двухкомпонентной смеси сортов, различающихся по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев, определена высокая степень обратной корреляции доли умеренно устойчивого сорта и развития болезни растений ( $r = -0,93$ ). Выявлена достаточная толерантность сортов ячменя озимого к сетчатой пятнистости листьев, так как между долей умеренно устойчивого сорта

в смеси и массой 1000 семян по годам корреляции обнаружено не было ( $r = -0,12$  (2020);  $r = -0,67$  (2021);  $r = 0,93$  (2022)). Выявлено оптимальное сочетание смеси сортов (1 S:4 MR) и рекомендована к использованию смесь сортов – одна доля восприимчивого Романс (S) и четыре доли умеренно устойчивого сорта Иосиф (MR). Использование устойчивых сортов является одним из наиболее эффективных, экономичных и экологически безопасных способов борьбы с листовыми заболеваниями ячменя вследствие повышения комплексной устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам, что может стать желательным компонентом будущих систем устойчивого земледелия.

### **3.4 Морфолого-культуральные признаки популяции *Pyrenophora teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края**

Селекция сортов на устойчивость к сетчатой пятнистости листьев и изучение иммунных особенностей сорта предполагает создание искусственного инфекционного фона. Для наработки инокулюма в лабораторных условиях необходимо знание морфолого-культуральных особенностей возбудителя болезни (Пахратдинова и др., 2017). Изучение данных признаков позволяет проследить специфику развития гриба на питательных средах, а также помогает получить необходимую информацию о жизненном цикле гриба. Согласно данным литературы, морфолого-культуральные признаки фитопатогенных грибов являются одними из показателей для критериев оценки показателей агрессивности популяции (Kirai et al., 1970; Baturo-Ciesniewska et al., 2012; Pakhratdinova et al., 2017). Нами были изучены морфолого-культуральные признаки образцов популяции *P. teres*, выделенных с различных по устойчивости к патогену сортов ячменя озимого, согласно общепринятой методике Baturo-Ciesniewska (2012). Был проведен корреляционный анализ между

морфотипами колоний, выделенных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов, и развитием болезни после инокуляции восприимчивого сорта данными морфотипами колоний (Volkova et al., 2020). Также был описан тип мицелия, формирующийся в чистой культуре гриба при внесении фунгицидов на питательную среду.

В исследовании были изучены морфотипы колоний 10 изолятов *P. teres*, выделенных с различных по устойчивости к патогену сортов – умеренно устойчивого (далее MR) Версаль и восприимчивого (далее S) сорта Романс. Всего было выделено семь морфологических типов колоний *P. teres* (рисунок 16).

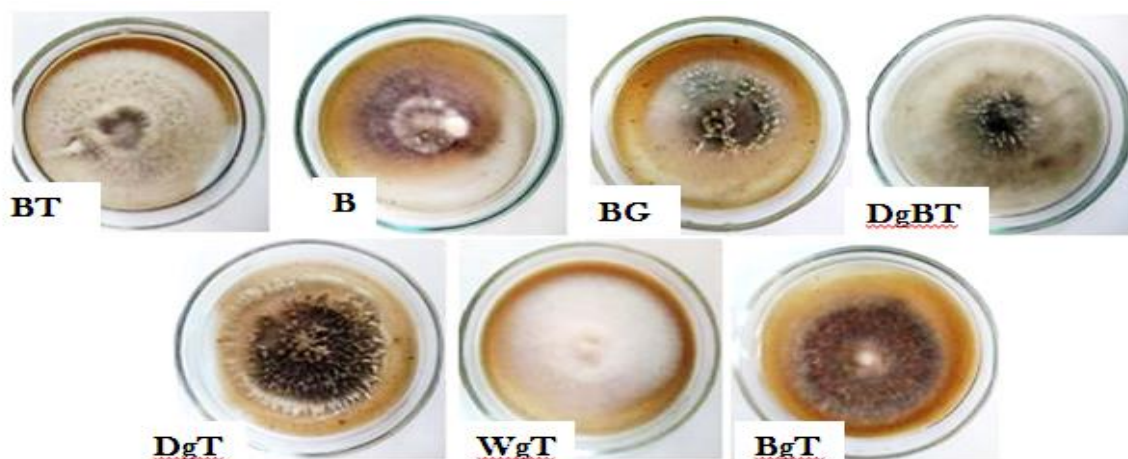


Рисунок 16 – Колонии изолятов *Pyrenophora teres* с различными морфологическими типами (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г., 2023 г.

Среди наиболее часто встречающихся морфотипов был выявлен морфотип BG с пушистым серо-белым мицелием, частота его встречаемости составила 20,0 % (Версаль MR) и 10,0 % (Романс S). Низкая встречаемость (Романс S – 10,0 %) была отмечена у колоний с морфотипом BT, имеющим светлый, почти белый мицелий с розоватым либо серым оттенком со светлыми пучками.

Среди колоний моноконидиальных изолятов *P. teres* преобладал тип колонии DgBT, имеющий темно-серый мицелий со снопообразными выростами. Он присутствовал в популяциях с максимальной частотой 20,0 % (Романс S) и 30,0 % (Версаль MR). Также выявлен с высокой частотой встречаемости

морфотип WgT, имеющий белый, нежный, низкий мицелий с темно-серыми пятнами и светлыми пучками (Версаль MR – 20,0 %, Романс S – 10,0 %) (таблица 4).

Таблица 4 – Встречаемость (%) морфотипов колоний изолятов *Pyrenophora teres*, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя озимого, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г., 2023 г.

| Сорт,<br>устойчивость | Встречаемость морфотипов колоний изолятов <i>Pyrenophora teres</i> , % |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                       | BT*                                                                    | B    | BG   | DgBT | DgT  | WgT  | BgT  |
| Версаль, MR           | 0                                                                      | 10,0 | 20,0 | 30,0 | 10,0 | 20,0 | 10,0 |
| Романс, S             | 10,0                                                                   | 20,0 | 10,0 | 20,0 | 10,0 | 10,0 | 20,0 |
| Виват, MR             | 20,0                                                                   | 10,0 | 20,0 | 40,0 | 0    | 0    | 10,0 |
| Рубеж, S              | 20,0                                                                   | 20,0 | 0,0  | 40,0 | 0    | 10,0 | 10,0 |

\* согласно методике Baturо-Ciesniewska (2012)

Исследование по изучению морфотипов колоний 10 моноконидиальных изолятов, выделенных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов – умеренно устойчивого сорта Виват и восприимчивого сорта Рубеж выявило, что наиболее часто встречался морфотип DgBT, имеющий темно-серый мицелий со светлыми пучками (Виват MR, Рубеж S – 40,0 %). Также среди наиболее часто встречающихся морфотипов был выявлен морфотип BT со светлым, почти белым, мицелием с розоватым либо серым оттенком со светлыми пучками – 20,0 %. Морфотип B, характеризующийся светлым мицелием с розовым оттенком и малым количеством пучков, был отмечен в популяциях, отобранных с умеренно устойчивого сорта с частотой 10,0 % и с восприимчивого сорта с частотой – 20,0 %. В 20,0 % случаев изолятов, отобранных с умеренно устойчивого сорта, был отмечен морфотип BG и в 10,0 % случаев изолятов, отобранных с восприимчивого сорта, был выявлен морфотип WgT. Наиболее часто встречающийся морфотип колоний DgBT – 40,0 % всех выявленных морфотипов. Частота остальных типов колоний составила около 10,0 %.

Широкую распространённость морфотипа DgBT отмечают и другие исследователи (Pakhratdinova et al., 2017). Корреляция между морфотипами колоний и развитием болезни после инокуляции восприимчивого сорта колониями выявлена незначительная ( $r=0,30$ ).

При изучении морфотипов колоний гриба *P. teres* в чистой культуре на питательной среде с внесенными препаратами было выявлено, что даже в чашках с 25–50 % от разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормы биопрепаратов и фунгицидов на химической основе колонии росли в основном на внесенном с питательной средой мицелиальном диске, образуя пленчатую колонию с белым стерильным мицелием (рисунок 17). Внесение препаратов Трихоцин, СП и Квадрис, СК обеспечило рост колоний гриба по периметру внесенного диска с питательной средой. В среднем, гриб разрастался на незначительное пространство на среде с фунгицидом диаметрально, образуя стерильный белый мицелий, характерный при выращивании на обедненной с недоступными питательными веществами среде.

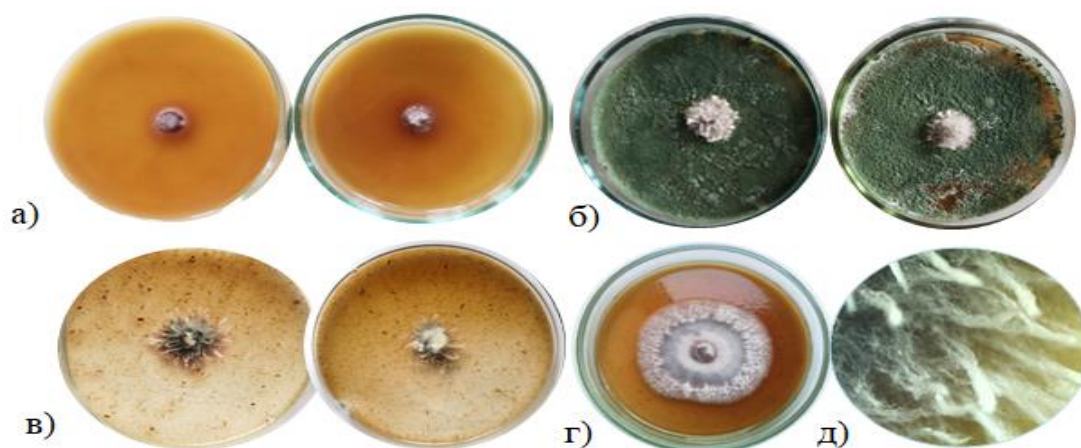


Рисунок 17 – Образование стерильного белого мицелия *Pyrenophora teres* при внесении в питательную среду фунгицидов: а) Оргамика С, Ж (75 % от нормы, 100 %); б) Трихоцин, СП (75 %, 100 %); в) Квадрис, СК (25 %, 50 %); г) контроль (стерильная вода); д) белый мицелий (ув. х 4), (фото Яхник Я. В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

Характеристика популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края по морфолого-культуральным признакам показала, что преобладающими типами колонии являются морфотипы DgBT (32,5 %), В (15,0 %), имеющие тёмно-серый мицелий со светлыми пучками, либо светлым мицелием с розовым оттенком и малым количеством пучков. Анализ показал незначительную корреляцию между сортовой устойчивостью и морфотипами ( $r=0,30$ ). При внесении изученных химических и биологических фунгицидов на питательную среду гриб *P. teres* разрастался минимально вокруг внесенного мицелиального диска, образуя белый пушистый мицелий со стерильными пучками. Ввиду того, что корреляция между морфотипами *P. teres* и развитием болезни после инокуляции восприимчивого сорта колониями согласно литературным источникам и нашей работе на данном этапе исследования выявлена незначительная, дальнейшие исследования морфотипов колоний гриба *P. teres* как критериев агрессивности популяции мы сочли нецелесообразными.

### **3.5 Вирулентность популяции *Pyrenophora teres***

#### **3.5.1 Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной из центральной агроклиматической зоны Краснодарского края**

Устойчивость зерновых культур к доминантам патогенного комплекса региона является одним из направлений селекции (Донцова, 2015). Фитопатогенным грибам рода *Helminthosporium* свойственна высокая генетическая вариабельность и быстрое приспособление к новым сортам растений-хозяев, вследствие этого главной причиной увеличения частоты и интенсивности эпифитотий грибных болезней, в частности, сетчатой пятнистости листьев,

является процесс активной микроэволюции патогена с образованием новых агрессивных рас и фенотипов гриба (Афанасенко, 2000; Афанасенко, 2010; Астапчук, 2017). Систематическое изучение эффективности генов устойчивости для использования полученных данных селекционерами в создании устойчивых к возбудителю сетчатой пятнистости листьев сортов ячменя озимого является актуальной задачей.

Растительный материал с пораженными сетчатой пятнистостью листьями был отобран в период 2020–2023 гг. на производственных посевах ячменя озимого центральной агроклиматической зоны Краснодарского края. Было выделено и продифференцировано по 25 моноконидиальных изолятов ежегодно (всего 100 изолятов) (Яхник, Волкова, 2020).

На структуру популяции *P. teres* по вирулентности влияет комплекс абиотических и биотических факторов, определяющих пути микроэволюционного процесса в популяциях патогена. Изучение структуры популяции *P. teres* было проведено в течение 2020–2023 гг. (приложение Б, таблицы 1–8). В течение четырех лет исследования авирулентная раса была выявлена 1 раз (2021 г.) (таблица 5).

Таблица 5 – Количество генов вирулентности в изолятах популяции *Pyrenophora teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края, 2020–2023 гг.

| Год              | Количество генов вирулентности, % |      |      |      |      |      |      |
|------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                  | 0                                 | 1-2  | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 2020             | 0,0                               | 4,0  | 16,0 | 16,0 | 28,0 | 24,0 | 12,0 |
| 2021             | 4,0                               | 28,0 | 24,0 | 16,0 | 12,0 | 8,0  | 8,0  |
| 2022             | 0,0                               | 8,0  | 12,0 | 40,0 | 28,0 | 12,0 | 0,0  |
| 2023             | 0,0                               | 4,0  | 24,0 | 28,0 | 20,0 | 20,0 | 4,0  |
| Среднее значение | 1,0                               | 11,0 | 19,0 | 25,0 | 22,0 | 16,0 | 6,0  |

Среднее содержание рас с одним и двумя генами вирулентности составило 11,0 %, с тремя – 19,0 %, с четырьмя – 25,0 %, с пятью – 22,0 %, с шестью – 16,0 %, с семью генами вирулентности – 6,0 %. Высокое количество вирулентных к сортам-дифференциаторам изолятов свидетельствует о высокой агрессивности популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края.

Выявлены различия по числу вирулентных изолятов к сортам-дифференциаторам Skiff, Prior, CI 9825 и Canadian Lake Shore, Harbin и с-20019 по годам исследования (таблица 6). Среднее количество вирулентных изолятов в популяции *P. teres* 2020 года составило 54,2 %. В 2021 году количество вирулентных изолятов в популяции гриба составило 39,1 %, в 2022 году – 46,2 %, в 2023 году – 47,6 %. Количество вирулентных изолятов в период исследования выявлено стабильно высоким, среднее ежегодное количество вирулентных изолятов определено на уровне 46,7 %.

Таблица 6 – Характеристика популяции *Pyrenophora teres* по количеству вирулентных изолятов к сортам-дифференциаторам, центральная агроклиматическая зона Краснодарского края, 2020–2023 гг.

| Сорта-дифференциаторы                      | Количество вирулентных изолятов, % |          |          |          |                  |
|--------------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|------------------|
|                                            | 2020 год                           | 2021 год | 2022 год | 2023 год | Среднее значение |
| Skiff                                      | 64,0                               | 12,0     | 28,0     | 56,0     | 40,0             |
| Prior                                      | 44,0                               | 28,0     | 24,0     | 24,0     | 30,0             |
| CI 9825                                    | 56,0                               | 16,0     | 4,0      | 32,0     | 27,0             |
| Canadian Lake Shore                        | 80,0                               | 28,0     | 56,0     | 32,0     | 49,0             |
| с-8755                                     | 0                                  | 28,0     | 32,0     | 56,0     | 29,0             |
| CI 5791                                    | 100                                | 76,0     | 48,0     | 40,0     | 66,0             |
| Harbin)                                    | 0                                  | 36,0     | 68,0     | 12,0     | 29,0             |
| с-20019)                                   | 52,0                               | 40,0     | 56,0     | 76,0     | 56,0             |
| Harrington (нет генов устойчивости)        | 92,0                               | 88,0     | 100      | 100      | 95,0             |
| Среднее количество вирулентных изолятов, % | 54,2                               | 39,1     | 46,2     | 47,6     | 46,8             |

Необходимо проводить ежегодный мониторинг с целью своевременного обнаружения появления и распространения наиболее агрессивных штаммов гриба *P. teres* в связи с высоким темпом микроэволюционных процессов в популяции патогена.

Средняя вирулентность выделенных из популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края ста изолятов за четыре года исследования составила 3,6 балла (приложение Б, таблицы 1, 3, 5, 7).

При анализе структуры популяции *P. teres* по вирулентности выявлено высокое расовое разнообразие. Генетическое разнообразие (информационный индекс Шеннона) повысилось с 2020 года по 2023 год на 0,14 у.е. Индекс Шеннона в 2020 году составил  $Sh=1,9$  у.е., в 2021 и 2022 годах –  $Sh=2,01$  у.е., в 2023 году –  $Sh=2,04$  у.е. Генетическая дистанция по различию частоты генов вирулентности (индекс Нея) для популяции возбудителя сетчатой пятнистости ячменя между 2020/2021 составила  $N=0,15$  у.е., между 2021/2022 гг. –  $N=0,07$  у.е., между 2022/2023 гг. –  $N=0,13$  у.е., в диапазоне между 2020/2023 гг. генетическая дистанция составила  $N=0,18$  у.е. Стоит отметить увеличение дистанции в частоте генов вирулентности популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев за четыре года исследования, что свидетельствует об интенсивных ежегодных расообразовательных процессах в популяции гриба *P. teres*.

Клональная фракция выделенных в 2020 и в 2021 гг. в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края изолятов гриба *P. teres* составила  $CF=0,16$ , из 25 рас выявлена 21 раса (приложение Б, таблицы 2, 4, 6, 8). В 2022 году из 25 изолятов определено максимальное расовое разнообразие – 23 расы, клональная фракция составила  $CF=0,08$ . В 2023 году исследования из 25 изолятов выявлены 22 расы, клональная фракция составила  $CF=0,12$ .

При проведении сравнительного анализа по встречаемости одинаковых рас между годами исследования определено, что в 2020/2021 гг. выявлены две

совпадающие расы, в 2021/2022 гг. и 2022/2023 гг. выявлено по три совпадающих расы. При сравнении расового состава между 2020 и 2023 годами также выявлены три одинаковые расы. За четыре года исследования из 100 изученных моноконидиальных изолятов гриба *P. teres* определены 43 совпадающие (включая 2020–2023 гг. года исследования) расы и 57 уникальных рас.

Средняя вирулентность ста изолятов гриба *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края за четыре года исследования составила 3,6 балла. Определено увеличение дистанции в частоте генов вирулентности популяции патогена за четыре года исследования, генетическая дистанция составила  $N=0,18$  у.е., что на 50 % выше среднего ежегодного увеличения данного показателя. Выявлено высокое разнообразие популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края по гетерогенности, анализ клональной фракции за 2020–2023 гг. определен на уровне  $CF=0,13$ . Исследования по изучению структуры популяции по вирулентности являются необходимым звеном в селекционной работе по изучению эффективности генов устойчивости против заболевания сетчатой пятнистостью листьев ячменя.

### **3.5.2 Вирулентность образцов популяции *Pyrenophora teres*, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя**

Устойчивость сорта к болезни является одним из основных факторов, влияющих на процессы микроэволюции патогена. Сравнительный анализ по признаку вирулентности изолятов *P. teres*, выделенных с различающихся по устойчивости к патогену сортов ячменя, был проведен в 2020–2021 гг. на сортах Версаль MR и Романс S и в 2022–2023 гг. на сортах Виват MR и Рубеж S в фазу конца выхода в трубку (BBCH 39) (приложение В, таблицы 1-8). Показатели

развития болезни растений восприимчивого сорта после инокуляции выделенными с различных по устойчивости сортов изолятами *P. teres*, средняя вирулентность и количество выявленных рас, собранных с различных по устойчивости сортов, показаны на рисунке 18.

Выявлено, что наибольшее поражение растений наблюдалось при инокуляции восприимчивого сорта изолятами, выделенными с сортов с умеренной устойчивостью к сетчатой пятнистости листьев – 2,5 балла Версаль MR (при 0,7 баллах Романс S) (2021 г.) и 6,0 баллов Виват MR (при 3,4 баллах Рубеж S) (2023 г.).

Средняя вирулентность популяции была ниже в популяции гриба, выделенной с наиболее устойчивого сорта Версаль MR – 1,6 балла (при 2,0 баллах Романс S).

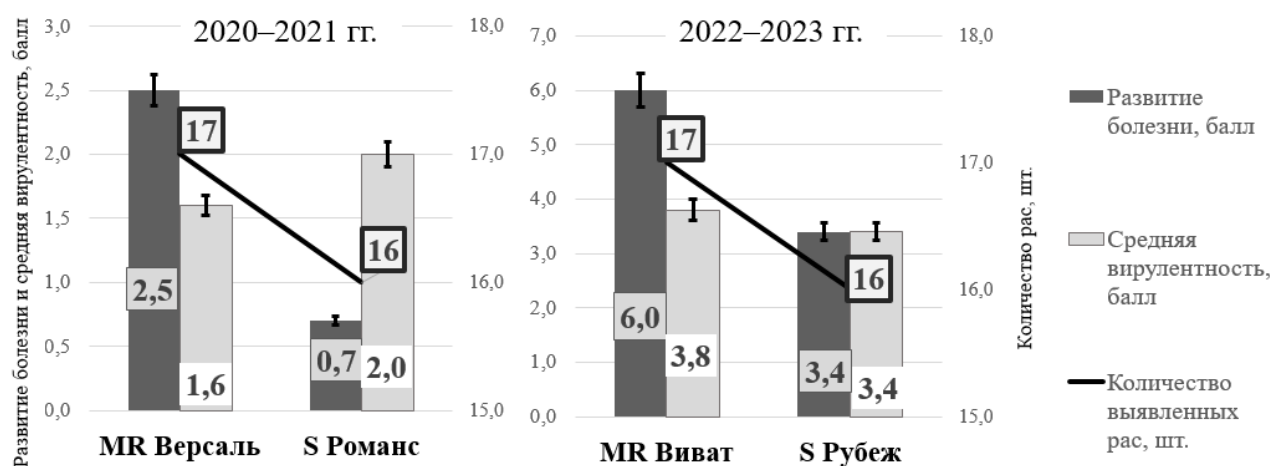


Рисунок 18 – Развитие болезни на восприимчивом сорте Романс, средняя вирулентность и количество выявленных рас в образцах популяции *Pyrenophora teres*, отобранных с различных по устойчивости сортов, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020–2023 гг.

В исследовании, проведенном в 2023 году, средняя вирулентность выявлена выше после инокуляции популяцией, выделенной с умеренного устойчивого сорта Виват MR – 3,8 балла, средняя вирулентность популяции, выделенной с восприимчивого сорта Рубеж S составила 3,4 балла.

Наибольшее разнообразие расового состава выявлено после инокуляции популяциями, выделенными с сортов Виват MR и Версаль MR ( $CF=0,15$ ). Клональная фракция образцов популяции, выделенных с сортов Романс S и Рубеж S, составила  $CF=0,20$ , что также подтверждается данными исследователей о высокой гетерогенности популяции *P. teres*, которые отмечали, что средняя вирулентность популяций патогена коррелирует с содержанием изолятов разного типа спаривания (Wonneberger et al., 2017; Levitin et al., 2019).

Для проведения статистической обработки полученных результатов нами был использован индекс Шеннона, характеризующий внутрипопуляционное разнообразие при наличии небольшой выборки входных данных и имеющий достаточно высокую чувствительность к внутрипопуляционным изменениям (Шитиков, Розенберг, 2005; Рсалиев и др., 2018; Гультяева и др., 2019). Наименьшая гетерогенность выявлена в популяции, выделенной с восприимчивого сорта Рубеж –  $Sh=1,89$  (при значении Виват MR  $Sh=2,02$ ). В исследовании, проведенном в 2023 году, разница выявлена несущественной, так как индекс Шеннона составил для Романс S  $Sh=2,05$ , для Виват MR  $Sh=2,04$ .

Структура популяции гриба изменяется в процессе онтогенеза растения-хозяина ввиду формирования адаптивных механизмов паразитического организма. В 2020–2021 гг. был проведен сравнительный анализ структуры по вирулентности образцов популяции, выделенных с растений в различные фазы развития. Была дополнительно изучена популяция, выделенная в фазу конца кущения – ВВСН 32 (приложение В, таблицы 5, 6). Выявлено совпадение рас, отобранных в изученных фазах в 12,5 % случаев. Популяции патогена, отобранные в более раннюю фазу онтогенеза с обоих сортов, имели меньшее количество совпадений по расовому составу (25,0 %), чем популяции, отобранные в более позднюю фазу развития растения (30,0 %). Полученные данные свидетельствуют о сложившихся адаптивных механизмах популяции патогена и

максимальном генетическом разнообразии гриба *P. teres* в весенний период возобновления вегетации растения-хозяина, что соответствует данным литературы о большом эволюционном потенциале патогена (Linde, Smith, 2019; Wuest et al., 2021).

Таким образом, было выявлено, что на умеренно устойчивых сортах накапливаются сложные гетерогенные расы, имеющие высокую агрессивность и способные преодолевать гены устойчивости. После инокуляции восприимчивого сорта популяциями *P. teres*, выделенными с сортов с различной устойчивостью, наибольшее поражение растений вызывали грибы, выделенные с умеренно устойчивых сортов (Версаль MR 2,5 балла, Романс S 0,7 балла; Виват MR 6,0 баллов, Рубеж S 3,4 балла). Наибольшее разнообразие расового состава выявлено после инокуляции популяциями *P. teres*, выделенными с умеренно устойчивых сортов Виват MR и Версаль MR (CF=0,15). Клональная фракция образцов популяции, выделенных с восприимчивых сортов, составила большее значение – CF=0,20. Можно заключить, что при несоблюдении принципа ротации генов высеваемых сортов потери урожая и ухудшение фитосанитарной обстановки могут достичь значительных размеров, что повлечёт за собой необходимость введения новых сортов с набором эффективных генов расонеспецифической устойчивости.

### **3.5.3 Вирулентность образцов популяции *Pyrenophora teres*, отобранных после обработки фунгицидами различных химических классов и микробиологическими препаратами**

Одним из ведущих факторов, влияющих на структуру популяции по вирулентности гриба *P. teres*, является обработка сельскохозяйственных посевов фунгицидами (Hodgson et al., 2025). Поскольку объемы и частота обработок

культуры различными видами фунгицидов (химическими и биологическими) с каждым годом увеличиваются, необходимо изучить изменения структуры популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев под влиянием препаратов. Изучение структуры популяции *P. teres* по вирулентности было проведено после выделения чистой культуры патогена с растений, обработанных фунгицидами различных классов и микробиологических препаратов. Были использованы фунгициды на химической основе (триазолы: флутриафол, ципроконазол, дифеноконазол, тебуконазол, пропиконазол; стробилурины: азоксистробин) и биологической основе (бактерии *Pseudomonas aureofaciens*, *Bacillus amyloliquefaciens*, грибы *Trichoderma harzianum*) (приложение Г, таблицы 1–10).

Показатели развития болезни растений ячменя после обработки рекомендуемой производителями нормой применения фунгицидов, средняя вирулентность и количество выявленных рас в популяциях *P. teres*, которые были отобраны после обработки различными фунгицидами, приведены на рисунке 19.

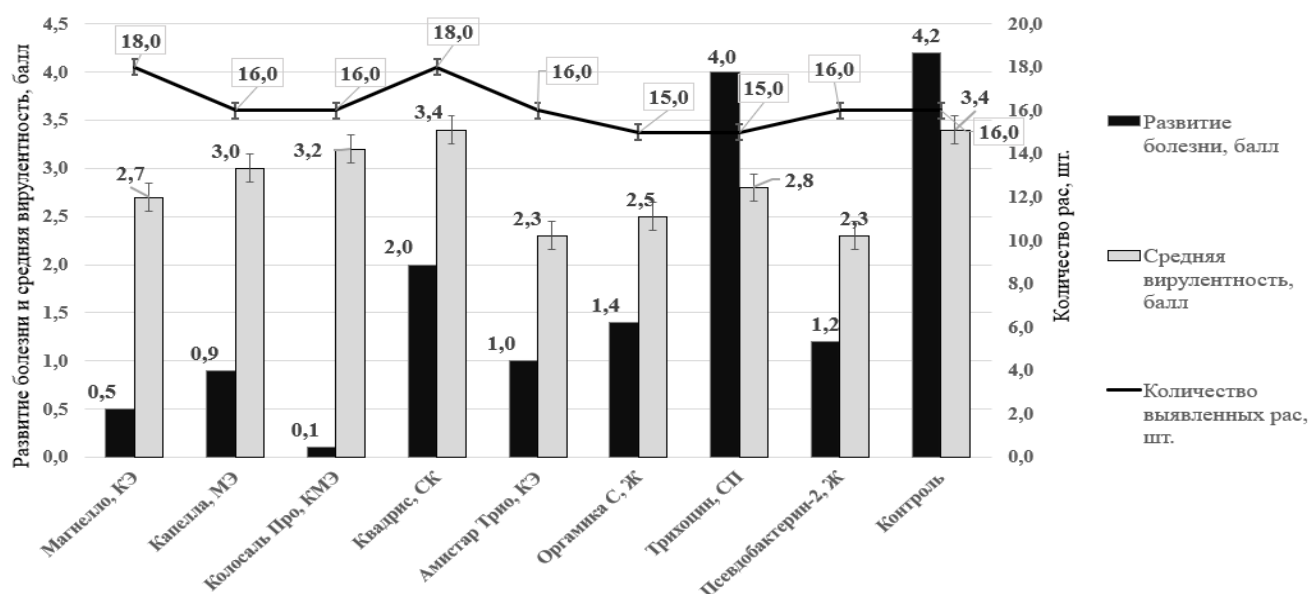


Рисунок 19 – Развитие болезни на восприимчивом сорте Романс, средняя вирулентность и количество выявленных рас в образцах популяции *Pyrenophora teres*, отобранных после обработки растений рекомендуемой нормой применения фунгицида, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

Средняя вирулентность популяции, которая была выделена после обработки наиболее эффективным на растениях фунгицидом на основе триазолов Колосаль Про, КМЭ, составила 3,2 балла. После обработки препарата с достаточно высокой эффективностью, Капелла, МЭ (триазолы) также выявлены высокие показатели средней вирулентности выделенной популяции – 3,0 балла. После обработки растений препаратом Квадрис, СК (стробилурины) с наименьшей из опытных вариантов эффективностью средняя вирулентность составила 3,4 балла.

Показатели средней вирулентности, выявленные у образцов популяции *P. teres*, отобранных после обработки биологическими препаратами, определены наиболее высокие после обработки фунгицидом Трихоцин, СП – 2,8 балла. В проведенном исследовании в опыте на растениях данный препарат показал неэффективность, биологическая эффективность составила всего 4,7 %. Самые низкие показатели средней вирулентности выявлены у образцов популяции патогена, выделенных после обработки растений препаратами на бактериальной основе – 2,3 балла (Псевдобактерин-2, Ж) и 2,5 баллов (Оргамика С, Ж).

В среднем при обработке растений средствами защиты на химической основе средняя вирулентность выделенных образцов наблюдалась выше на 14,6 % при сравнении с теми вариантами, которые выделены после обработки препаратами на биологической основе.

Корреляция между развитием болезни растения после обработки фунгицидами на химической основе и средней вирулентностью выделенных образцов популяции *P. teres* выявлена слабая ( $r=0,268$ ), а при анализе группы препаратов на биологической основе выявлено, что показатель развития болезни растений высоко влияет на среднюю вирулентность выделенных образцов популяции ( $r=0,97$ ).

Наибольшее разнообразие расового состава гриба *P. teres* выявлено после обработки препаратами на химической основе Магнелло, КЭ (триазолы) и

Квадрис, СК (стробилурины), клональная фракция составила  $CF=0,10$ . Клональная фракция образцов популяции гриба, которые были выделены с растений после обработки препаратами на химической основе Капелла, МЭ, Колосаль Про, КМЭ (триазолы) и Амистар Трио, КЭ (триазолы, стробилурины), выявлена на уровне контрольного варианта ( $CF=0,20$ ). Аналогичные показатели на уровне контрольного варианта определены после обработки биологическим препаратом Псевдобактерин-2, Ж (*Pseudomonas aureofaciens*) –  $CF=0,20$ . У образцов *P. teres*, выделенных после обработки препаратами на биологической основе Оргамика С, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens*) и Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*), выявлено минимальное расовое разнообразие. Показатель клональной фракции составил  $CF=0,25$ .

Согласно статистическому индексу Шеннона, который характеризует внутривидовое разнообразие, наибольшие показатели гетерогенности определены в популяциях, отобранных после обработки препаратами на основе класса триазолов (дифеноконазол, тебуконазол, пропиконазол, флутриафол) и бактерий *Bacillus amyloliquefaciens*: Колосаль Про, КМЭ ( $Sh=2,16$ ), Капелла, МЭ, ( $Sh=2,14$ ), Оргамика С, Ж ( $Sh=2,12$ ), Магнелло, КЭ ( $Sh=2,10$ ). В популяциях, которые были отобраны после обработки препаратами, содержащими действующие вещества из класса стробилуринов (азоксистробин) и *Trichoderma harzianum*, индекс разнообразия Шеннона выявлен ниже –  $Sh=2,09$  (Кварис, СК, Трихоцин, СП) и  $Sh=2,07$  (Амистар Трио, КЭ). Минимальное значение генетического разнообразия, согласно индексу Шеннона, определено после обработки фунгицидом на основе *Pseudomonas aureofaciens* –  $Sh=1,96$  (Псевдобактерин-2, Ж). В контрольном варианте показатель составил  $Sh=2,0$ .

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении генетического разнообразия популяции гриба *P. teres* и повышении вирулентности популяции патогена после обработки растений препаратами всех изученных химических

классов и микробиологических препаратов. Средняя вирулентность выделенных образцов популяции *P. teres* после обработки ячменя средствами защиты на химической основе наблюдалась выше на 14,6 % в сравнении с образцами, которые были выделены после обработки препаратами растений на биологической основе. Между развитием болезни и средней вирулентностью выявлена слабая корреляция после обработки растений препаратами на химической основе ( $r=0,268$ ) и высокая корреляция при применении препаратов на нехимической основе ( $r=0,97$ ). Клональная фракция выявлена с наибольшим значением разнообразия расового состава в опытных вариантах, отобранных с растений после обработки фунгицидами Магнелло, КЭ (дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л) и Квадрис, СК (азоксистробин 250 г/л), –  $CF=0,10$ . Клональная фракция образцов популяции, отобранных после обработки растений ячменя фунгицидами на биологической основе Оргамика С, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens*) и Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*), выявлена ниже контрольного варианта ( $CF=0,20$ ) и составила  $CF=0,25$ .

Наибольшие показатели гетерогенности определены в образцах популяции, отобранных с растений после обработки фунгицидами на основе триазолов и *Bacillus amyloliquefaciens*: Колосаль Про, КМЭ ( $Sh=2,16$ ), Капелла, МЭ, ( $Sh=2,14$ ), Оргамика С, Ж ( $Sh=2,12$ ), Магнелло, КЭ ( $Sh=2,10$ ). Минимальные показатели генетического разнообразия, согласно индексу Шеннона, выявлены после обработки препаратом на основе *Pseudomonas aureofaciens* –  $Sh=1,96$  (Псевдобактерин-2, Ж).

Результаты исследований свидетельствуют, что под действием биопрепаратов на основе *Pseudomonas aureofaciens* и *Trichoderma harzianum* в популяции *P. teres* не происходит отбор более вирулентных рас патогена. Под действием химических фунгицидов на основе триазолов (Магнелло, КЭ, Капелла, МЭ, Колосаль Про, КМЭ) происходит увеличение разнообразия популяции

*P. teres* по вирулентности. Таким образом, применение средств защиты растений на биологической основе при более низкой в сравнении с химическими препаратами биологической эффективности имеет потенциально положительный эффект в пролонгированной защите посевов ячменя локального агроценоза. В популяции гриба *P. teres* не происходит отбор наиболее вирулентных штаммов и применение данных препаратов минимально влияет на увеличение генетического разнообразия.

### **3.6 Агрессивность образцов популяции *Pyrenophora teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя озимого**

Влияние генотипа сорта на структуру популяции гриба *P. teres* является одним из ведущих факторов микроэволюции патогена. В данной работе изучено влияние устойчивости сорта на критерии агрессивности моноконидиальных изолятов *P. teres*, выделенных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов. В исследовании, проведенном в 2021 г., 2023 г., были определены следующие параметры: балл поражения интактного растения, скорость роста колоний, интенсивность споруляции и инкубационный период.

Развитие болезни на ячмене восприимчивого сорта было статистически выше при инокуляции изолятами, отобранными с более устойчивых сортов (Версаль MR / Романс S  $F_{t5,12} < F_{f31,5}$  и Виват MR / Рубеж S  $F_{t5,12} < F_{f25,7}$ ) (таблица 7). Средний балл развития болезни после инокуляции изолятами, отобранными с более устойчивого сорта Версаль, составил 6,7 баллов, что в 2,1 раза (219,4 %) выше развития болезни после инокуляции изолятами, отобранными с восприимчивого сорта Романс – 3,1 балл.

Таблица 7 – Развитие болезни (балл) на проростках восприимчивого сорта Романс после инокуляции изолятами, отобранными с различных по устойчивости к возбудителю сетчатой пятнистости листьев сортов ячменя озимого, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021, 2023 гг.

| Сорт,<br>устойчивость | Развитие болезни после инокуляции изолятами, балл |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------|---------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                       | 1                                                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
| <u>Версаль</u> MR     | 5,0±*0,3                                          | 6,0±0,4 | 6,0±0,4 | 6,0±0,4 | 5,8±0,4 | 7,0±0,5 | 7,0±0,4 | 7,0±0,2 | 8,0±0,3 | 8,0±0,4 |
| <u>Виват</u> MR       | 3,0±0,2                                           | 4,0±0,2 | 4,0±0,2 | 4,0±0,2 | 5,0±0,4 | 5,0±0,3 | 5,0±0,5 | 5,0±0,4 | 6,0±0,1 | 6,0±0,2 |
| <u>Романс</u> S       | 2,0±0,2                                           | 2,0±0,1 | 3,0±0,2 | 3,0±0,1 | 3,0±0,2 | 3,0±0,1 | 3,0±0,2 | 2,0±0,3 | 4,0±0,5 | 4,0±0,4 |
| <u>Рубеж</u> S        | 2,0±0,1                                           | 2,0±0,1 | 3,0±0,1 | 3,0±0,2 | 3,0±0,2 | 3,0±0,1 | 3,0±0,1 | 4,0±0,2 | 4,0±0,3 | 5,0±0,2 |

\* стандартное отклонение

Также выше на 41,2 % было развитие болезни после инокуляции изолятами, отобранными с более устойчивого сорта Виват (средний балл 4,8) в сравнении с развитием болезни после инокуляции изолятами, отобранными с менее устойчивого к болезни сорта Рубеж (3,4 балла).

Скорость роста колоний моноконидиальных изолятов, отобранных с различных по устойчивости к патогену сортов ячменя озимого, была выявлена с существенными различиями (таблица 8).

Таблица 8 – Скорость роста (мм/сутки) колоний изолятов *Pyrenophora teres*, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя озимого, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021, 2023 гг.

| Сорт,<br>устойчивость | Скорость роста колоний изолятов, мм/сутки |          |         |          |          |         |         |          |         |          |
|-----------------------|-------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|
|                       | 1                                         | 2        | 3       | 4        | 5        | 6       | 7       | 8        | 9       | 10       |
| <u>Версаль</u> MR     | 8,1±*0,4                                  | 8,0±0,3  | 8,5±0,2 | 8,1±0,6  | 9,1±0,4  | 8,1±0,2 | 8,8±0,3 | 8,3±0,4  | 9,1±0,3 | 8,7±0,3  |
| <u>Виват</u> MR       | 9,7±0,4                                   | 10,6±0,5 | 8,3±0,4 | 10,3±0,5 | 10,0±0,3 | 9,8±0,4 | 9,4±0,2 | 10,9±0,3 | 8,9±0,2 | 10,0±0,2 |
| <u>Романс</u> S       | 7,9±0,2                                   | 7,6±0,5  | 7,7±0,3 | 7,9±0,3  | 8,1±0,2  | 7,9±0,3 | 8,0±0,2 | 8,1±0,2  | 7,8±0,2 | 7,4±0,4  |
| <u>Рубеж</u> S        | 5,4±0,3                                   | 5,7±0,5  | 6,9±0,7 | 6,6±0,4  | 7,1±0,5  | 5,4±0,3 | 6,3±0,2 | 6,6±0,7  | 6,9±0,4 | 6,9±0,4  |

\* стандартное отклонение

Скорость роста колоний гриба, выделенных с умеренно устойчивого сорта Версаль, составила 8,5 мм/сутки, что на 8,9 % выше скорости роста колоний, выделенных с восприимчивого сорта Романс – 7,8 мм/сутки ( $F_{t5,2} < F_{f28,3}$ ). Выявлено, что скорость роста колоний с более устойчивого сорта на 53,1 % превышала скорость роста колоний, выделенных с восприимчивого сорта (Виват 9,8 мм/сутки, Рубеж 6,4 мм/сутки) ( $F_{t5,2} < F_{f49,2}$ ).

Интенсивность споруляции колоний образцов популяции, отобранных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов ячменя озимого, также выявила существенные различия (Версаль MR/Романс S  $F_{t5,3} < F_{f9,3}$  и Виват MR/ Рубеж S  $F_{t5,3} < F_{f10,5}$ ). Наибольшая спорулирующая способность была отмечена у популяции *P. teres*, собранной с умеренно устойчивого сорта Версаль –  $25 \times 10^3$  конидий/мл, что в четыре раза превышало интенсивность споруляции патогена с восприимчивого сорта Романс (таблица 9). Споруляция популяции, отобранной с умеренно устойчивого сорта Виват, была интенсивнее на 46,7 % споруляции, отобранной с восприимчивого сорта Рубеж.

Таблица 9 – Интенсивность споруляции колоний ( $\times 10^3$  конидий/мл) изолятов *Pyrenophora teres*, отобранных с различных по устойчивости сортов ячменя озимого, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г., 2023 г.

| Сорт,<br>устойчивость | Интенсивность споруляции, $\times 10^3$ конидий/мл |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|-----------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | 1                                                  | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
| Версаль MR            | 25 $\pm$ *2,9                                      | 20 $\pm$ 0,9 | 29 $\pm$ 4,0 | 23 $\pm$ 2,9 | 25 $\pm$ 2,6 | 30 $\pm$ 3,7 | 20 $\pm$ 2,0 | 28 $\pm$ 1,6 | 32 $\pm$ 2,4 | 18 $\pm$ 1,2 |
| Виват MR              | 17 $\pm$ 3,3                                       | 15 $\pm$ 2,0 | 10 $\pm$ 2,2 | 8 $\pm$ 2,5  | 14 $\pm$ 3,2 | 10 $\pm$ 1,6 | 12 $\pm$ 1,6 | 8 $\pm$ 0,8  | 17 $\pm$ 2,8 | 12 $\pm$ 1,4 |
| Романс S              | 5 $\pm$ 1,2                                        | 8 $\pm$ 2,2  | 4 $\pm$ 0,8  | 7 $\pm$ 0,4  | 7 $\pm$ 0,6  | 6 $\pm$ 0,4  | 3 $\pm$ 0,3  | 9 $\pm$ 1,4  | 6 $\pm$ 0,8  | 7 $\pm$ 0,4  |
| Рубеж S               | 10 $\pm$ 2,4                                       | 12 $\pm$ 3,0 | 14 $\pm$ 2,5 | 5 $\pm$ 0,4  | 7 $\pm$ 0,8  | 12 $\pm$ 2,0 | 8 $\pm$ 1,2  | 6 $\pm$ 0,4  | 7 $\pm$ 0,6  | 10 $\pm$ 2,2 |

\* стандартное отклонение

Наименьшее значение было выявлено у изолятов, собранных с умеренно восприимчивого сорта Кубагро-1 –  $3,6 \times 10^3$  конидий/мл. Популяция патогена,

собранный с восприимчивого сорта Романс, показала спорулирующую способность на уровне  $6,2 \times 10^3$  конидий/мл.

Попарное сравнение интенсивности споруляции колоний, собранных в разные фазы развития растения-хозяина, также показало существенные различия. Стоит отметить стабильно высокую спорулирующую способность популяции, собранной с умеренно устойчивого к *P. teres* сорта Версаль в обе фазы развития растения-хозяина (рисунок 20).



Рисунок 20 – Споруляция колоний *Pyrenophora teres*: а) начало споруляции (ув. 10/0.25); б) рост конидии на конидиеносце (ув. 40/0.65); в) 4-септированная конидия *P. teres* (ув. 40/0.65), (фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021, 2023 гг.

Выявлена слабая обратная корреляция между скоростью роста колоний и интенсивностью споруляции образцов, выделенных с умеренно устойчивого сорта Виват ( $r=-0,2$ ) и восприимчивого сорта Рубеж ( $r=-0,3$ ). Исследователями из Казахстана также была выявлена прямая отрицательная корреляция диаметра роста колоний и интенсивности споруляции (Pakhratdinova et al., 2017). Проведённые другими исследователями опыты не выявили корреляцию между скоростью роста колоний *P. teres* и спорулирующей способностью изолятов, собранных с различных агроклиматических зон (Batur-Ciesniewska et al., 2012, Astarchuk, 2017). Исследователи конца XX века предполагали, что морфолого-культуральные признаки грибов не имеют особого значения в фитопатологии и селекции растений, поскольку очень редко коррелируют с

патогенностью или вирулентностью. Анализ современных опубликованных данных показывает, что морфолого-культуральные признаки грибов, особенно споруляция гриба в культуре *in vitro*, – это важный показатель, используемый как критерий оценки вредоносности болезни, устойчивости сортов, прогноза развития патогена (Kirai et al., 1970; Baturo-Ciesniewska et al., 2012; Pakhratdinova et al., 2017).

Анализируя полученные данные, можно предположить, что устойчивый сорт является активатором потенциала стратегии выживания фитопатогена, провоцируя интенсификацию спорообразования.

При изучении продолжительности инкубационного периода развития *P. teres* были выявлены существенные различия между изолятами популяции с разных сортов ячменя (рисунок 21). Минимальный инкубационный период можно было наблюдать у изолятов патогена, отобранных с умеренно устойчивых сортов Версаль (0,1 балл развития болезни на 3 сутки после инокуляции) и Виват (0,2 балла развития болезни на 3 сутки после инокуляции), так как уже на третий день после инокуляции были выявлены первые проявления в виде хлорозов на поверхности листьев.

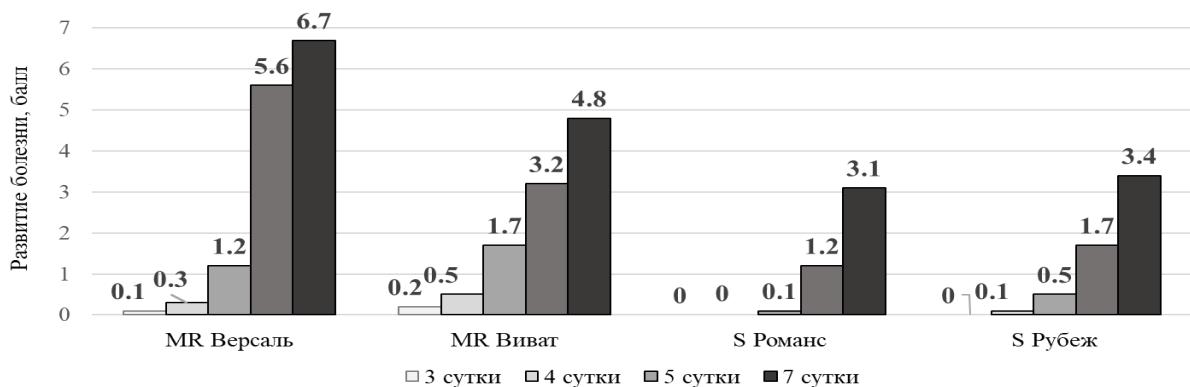


Рисунок 21 – Инкубационный период (сутки) и развитие болезни (балл) на растениях после инокуляции изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными с различных по устойчивости сортов ячменя озимого, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021, 2023 гг.

Популяции патогена, отобранные с восприимчивых сортов Романс и Рубеж, имели более длительный инкубационный период, болезнь проявилась в виде хлорозов и единичных некрозов через четверо суток после инокуляции. Популяция, отобранная с восприимчивого сорта Романс, имела самый длительный из опытных вариантов инкубационный период – 5 суток. К аналогичным выводам пришли другие исследователи из России, установив, что между продолжительностью инкубационного периода и поражением установлена слабая ( $r = -0,33$ ) отрицательная зависимость (Sheshegova et al., 2020).

Разнообразную внешнюю симптоматику имеет характер поражения различных по устойчивости к патогену сортов, что согласуется с данными литературы ввиду того, что появление симптомов зависит от вирулентности возбудителя, генотипа хозяина и абиотических факторов окружающей среды (Backes et al., 2021). Внешние признаки различных симптомов поражения на растении-хозяине проявляются в связи с индуцированием различных защитных механизмов (Liu et al., 2012). Поражение на восприимчивых сортах имеет очаговый характер и проявляется в виде коричневых некротических пятен на тканях листовой пластины, которые в процессе вегетации увеличиваются в размерах и образуют эллиптический или веретенообразный рисунок (рисунок 22). Они быстро распространяются по всей листовой пластине, при этом формируется характерное для патогена сетчатое очертание с выраженными некрозами и широкими хлорозами, которые при отсутствии защитных мероприятий могут привести к гибели всего листа (Vasighzadeh et al., 2022).

Заболевание поражает верхние ярусы, увеличивается площадь некротизированной листовой поверхности с хлорозами, нижние ярусы отмирают. На более устойчивых сортах ячменя сетчатая пятнистость наблюдается в виде небольших темных округлых пятен, имеющих меньше выраженные хлорозы, без типичного сетчатого рисунка. Часто начало инфицирования начинается по краям

листовой пластины, с механических повреждений растения при проведении различных агротехнических мероприятий, либо повреждении фитофагами.

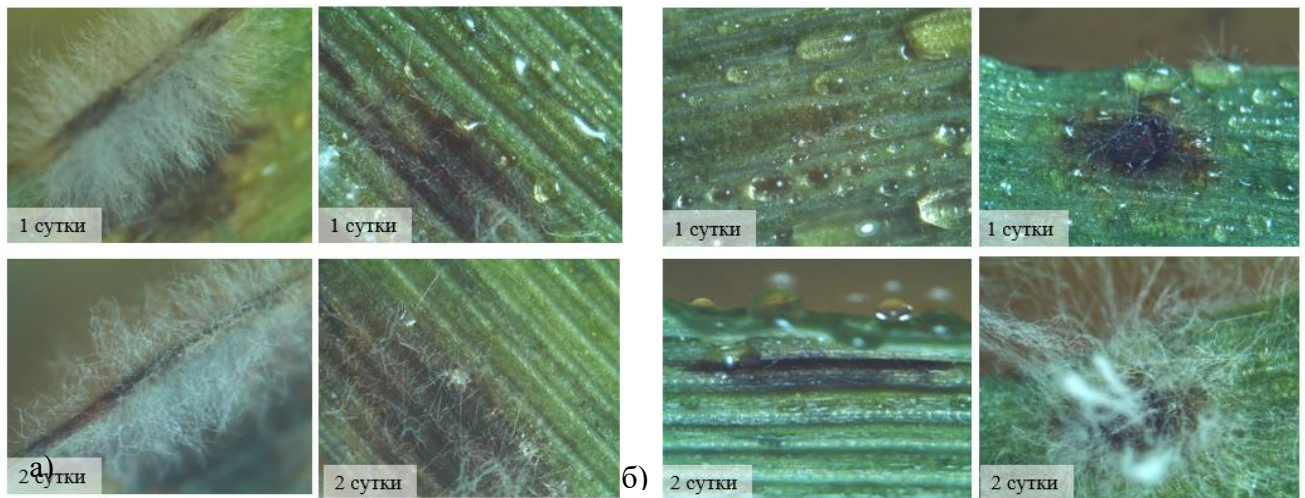


Рисунок 22 – Рост мицелия гриба *Pyrenophora teres* на инфицированной листовой поверхности: а) восприимчивый сорт Романс (S); б) умеренно устойчивый сорт Виват (MR) (ув. х 4, фото Яхник Я.В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

Защитные механизмы растения обуславливают различный рост колоний гриба *P. teres* при помещении пораженных участков растения на питательную среду. На листовой пластине восприимчивого сорта образуется хорошо структурированный бело-серый пушистый мицелий, который быстро разрастается, распространяется по листу и приобретает более темный оттенок. На пораженной ткани умеренно устойчивого сорта гриб растет с меньшей скоростью, мицелий пушистый и белый, наблюдается формирование перистых белых структур гриба, что, согласно данным литературы, свидетельствует о нехватке питательных ресурсов (Backes et al., 2021).

Анализ современных опубликованных данных показывает, что морфологические и культуральные характеристики грибов, особенно скорость роста колоний и споруляция в культуре *in vitro*, являются важными показателями, используемыми в качестве критерия для оценки агрессивности патогена, потенциальной устойчивости сортов и прогнозирования развития

эпифитотийноопасных ситуаций. Анализируя полученные данные, можно предположить, что устойчивый сорт является активатором потенциала стратегии выживания фитопатогена, обеспечивая естественный отбор наиболее агрессивных штаммов на растении-хозяине, что в перспективе негативно сказывается на проведении защитных мероприятий.

Таким образом, корреляционный анализ образцов популяции *P. teres*, собранных с сортов ячменя озимого с различной степенью устойчивости, выявил прямую пропорциональную зависимость между устойчивостью сорта и агрессивностью популяции патогена, так как развитие болезни на ячмене восприимчивого сорта было статистически выше при инокуляции популяциями, отобранными с более устойчивых сортов (Версаль MR/Романс S  $F_{t5,12} < F_{f31,5}$  и Виват MR/Рубеж S  $F_{t5,12} < F_{f25,7}$ ). Скорость роста колоний, выделенных с умеренно устойчивых сортов статистически выше скорости роста колоний изолятов, выделенных с восприимчивых сортов (Версаль MR/Романс S  $F_{t5,2} < F_{f28,3}$  и Виват MR/Рубеж S  $F_{t5,2} < F_{f49,2}$ ). Интенсивность споруляции колоний, собранных с умеренно устойчивых сортов выше данных показателей, отобранных с восприимчивых сортов (Версаль MR/Романс S  $F_{t5,3} < F_{f9,3}$  и Виват MR/Рубеж S  $F_{t5,3} < F_{f10,5}$ ). Популяции *P. teres*, отобранные с более устойчивых сортов, имеют меньший инкубационный период (на сортах Версаль MR, Виват MR первые проявления болезни на растении выявлены на третьи сутки, на сортах Рубеж S и Романс S – на четвертые и пятые сутки соответственно).

Полученные данные необходимы для разработки стратегии комплексной защиты растений при составлении сортовой мозаики для снижения накопления резистентных к сортам агрессивных клонов.

### 3.7 Чувствительность к фунгицидам различных химических классов и микробиологическим препаратам популяции *Pyrenophora teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края

Снижение или полное отсутствие чувствительности фитопатогенных грибов к химическим обработкам приводит к снижению урожайности, ухудшению качественных характеристик зерна и к контаминации семян микотоксинами. Необходимо проводить перманентные исследования изменения чувствительности доминантов фитопатогенного комплекса к основному ассортименту используемых защитных препаратов на химической и биологической основе для обоснования антирезистентной стратегии защиты ячменя озимого, контроля источника возможной инфекции и получения качественного урожая (Данилова и др., 2024). В данной работе изучена чувствительность региональной популяции *P. teres* к фунгицидам наиболее распространённых и широко применяемых на юге России химических классов триазолов и стробилуринов, а также к биологическим препаратам на основе *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Trichoderma harzianum* (Волкова и др., 2022; Волкова, Яхник, 2023). Чувствительность патогена к фунгицидам определяли по трём параметрам: развитие болезни после обработки растений фунгицидами с различной нормой применения, скорость роста колоний изолятов *P. teres* и интенсивность споруляции на питательной среде.

В вегетационном опыте при обработке растений ячменя фунгицидами различных классов и микробиологических препаратов были выявлены различия между вариантами (таблица 10). Определено, что внесение 25 % от разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормы ингибирует развитие патогена, биологическая эффективность препаратов при данной норме применения препарата составила от 11,2 % (Капелла, МЭ) до 52,6 % (Амистар Трио, КЭ).

Таблица 10 – Развитие сетчатой пятнистости листьев (балл) на растениях ячменя после обработки препаратами, сорт Романс, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

| Фунгицид                       | EC <sub>50</sub> ,<br>мг/л | Развитие болезни, балл |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |                            | 0 %*                   | 25 %    | 50 %    | 75 %    | 100 %   | 125 %   | 150 %   | 175 %   | 200 %   |
| Магнелло, КЭ                   | 4,7                        | 4,2±0,2                | 2,7±0,8 | 2,7±0,5 | 2,3±0,4 | 0,5±0,4 | 0,6±0,1 | 0,3±0,1 | 0,3±0,1 | 0       |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 36,8    | 36,8    | 44,7    | 88,2    | 86,8    | 92,1    | 94,1    | 100     |
| Капелла, МЭ                    | 3,4                        | 4,2±0,2                | 3,8±0,4 | 2,8±0,4 | 3±0,2   | 0,9±0,1 | 0,8±0,1 | 0,6±0,1 | 0,3±0,1 | 0,1±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 11,2    | 34,9    | 28,9    | 78,9    | 82,2    | 86,8    | 94,1    | 97,4    |
| Колосаль Про, КМЭ              | 1,4                        | 4,2±0,2                | 3,3±0,4 | 0,9±0,1 | 0,3±0,1 | 0,1±0,1 | 0,4±0,1 | 0,4±0,1 | 0,3±0,1 | 0       |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 21,1    | 78,9    | 92,1    | 97,0    | 89,5    | 97,6    | 97,6    | 100     |
| Квадрис, СК                    | 21,2                       | 4,2±0,2                | 3,0±0,4 | 2,4±0,2 | 2,2±0,2 | 2,0±0,4 | 1,2±0,1 | 0,8±0,1 | 0,6±0,1 | 0,2±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 28,9    | 43,2    | 47,9    | 52,3    | 71,6    | 81,1    | 85,8    | 95,3    |
| Амистар Трио, КЭ               | 13,0                       | 4,2±0,2                | 2,0±0,1 | 1,6±0,1 | 1,6±0,1 | 1,0±0,1 | 1,2±0,1 | 0,6±0,1 | 0,6±0,1 | 0,4±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 52,6    | 62,1    | 62,1    | 76,3    | 71,6    | 85,8    | 85,8    | 90,5    |
| Органика С, Ж                  | 3,6                        | 4,2±0,2                | 3,2±0,2 | 3,0±0,1 | 2,2±0,1 | 1,4±0,1 | 0,8±0,1 | 0,6±0,1 | 0,6±0,1 | 0,4±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 24,2    | 28,9    | 47,9    | 66,8    | 81,1    | 85,8    | 85,8    | 90,5    |
| Псевдобактерин-2, Ж            | 3,2                        | 4,4±0,2                | 3,8±0,3 | 4,1±0,2 | 2,2±0,1 | 1,8±0,1 | 1,1±0,1 | 0,8±0,1 | 0,8±0,1 | 0,5±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 13,6    | 6,8     | 50,0    | 59,1    | 75,0    | 81,8    | 81,8    | 88,6    |
| Трихоцин, СП                   | 4,2                        | 4,4±0,2                | 3,8±0,2 | 3,8±0,1 | 3,4±0,2 | 3,1±0,1 | 2,3±0,3 | 1,7±0,1 | 2,1±0,2 | 1,8±0,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                      | 13,6    | 13,6    | 22,7    | 29,5    | 47,7    | 61,4    | 52,3    | 59,1    |

\* – норма применения от разрешенной в сельском хозяйстве, %

Наибольшую эффективность при обработке разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормой отмечали при использовании препаратов на основе триазолов – Колосаль Про, КМЭ (97,0 %) и Магнелло, КЭ (88,2 %). Наименьшая эффективность выявлена после обработки препаратами на основе стробилуринов Квадрис, СК (52,3 %) и *Trichoderma harzianum* – Трихоцин, СП (29,5 %). Применение Органика С, Ж на основе *Bacillus amyloliquefaciens* показало эффективность 66,8 %. Полное подавление развития патогена на растениях установлено при обработке в двойных от разрешенных в сельском хозяйстве норм

применения препаратами Колосаль Про, КМЭ и Магнелло, КЭ. Отмечена достаточно высокая эффективность препарата на биологической основе Оргамика С, Ж. Увеличение его нормы от разрешенной в сельском хозяйстве на 25 % способствует росту эффективности применения до 81,1 %, что сопоставимо с эффективностью химических фунгицидов.

Современная защита растений основана не на полном истреблении патогенных организмов, а на ограничении негативного воздействия и сбалансированном отношении между организмами для обеспечения стратегии устойчивого развития агроэкосистемы и запуска частных саморегулятивных процессов, таких как иммунный ответ растения на заражение и активацию существующих генов устойчивости (Nazarov et al., 2020). Определение полуэффективной концентрации применения препаратов ( $EC_{50}$ ) выявило широкий диапазон ингибирования жизнедеятельности патогена (рисунок 23).

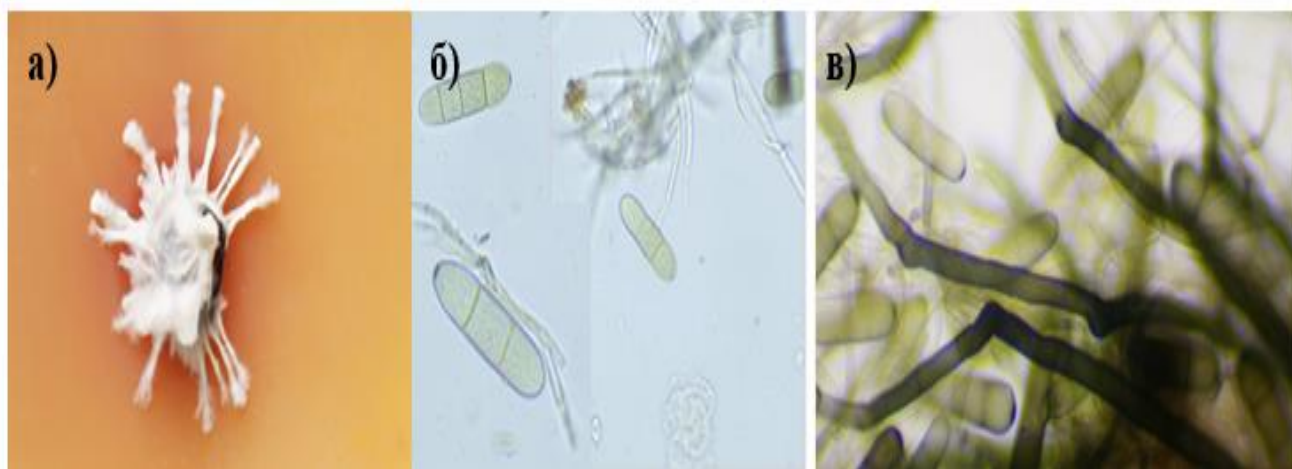


Рисунок 23 – Ингибирование образования морфологических структур *Pyrenophora teres*: а) стерильный белый мицелий (среда с препаратом Оргамика С, Ж); б) единичное формирование 2-4 септированных конидий гриба на среде с препаратом Магнелло, КЭ (ув. 40/0.65); в) интенсивное спорообразование (контроль) (ув. 40/0.65) (фото Яхник Я. В.), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

Достаточно высокая эффективность замедления роста патогена наблюдалась после обработки препаратом на основе *Pseudomonas aureofaciens* Псевдобактерин-2, Ж ( $EC_{50} 3,2$  мг/л), триазолов Капелла, МЭ ( $EC_{50} 3,4$  мг/л) и препарата на бактериальной основе Оргамика С, Ж ( $EC_{50} 3,6$  мг/л). Химические фунгициды на основе стробилуринов показали минимальное значение полуэффективной концентрации из группы исследуемых фунгицидов –  $EC_{50} 13,0$  мг/л (Амистар Трио, КЭ) и  $EC_{50} 21,2$  мг/л (Квадрис, СК). Применение против возбудителя сетчатой пятнистости листьев фунгицидов на основе триазолов свидетельствует о достаточно высоком уровне защиты листьев от патогена внутри листовой пластины, а также обеспечении «лечащего эффекта» (Андреева, Зинченко, 2002; Еланский и др., 2018).

В лабораторном опыте, проведенном с чистой культурой *P. teres*, внесение фунгицидов на питательную среду даже в заниженной норме применения привело к ингибированию роста колоний (таблица 11). При внесении 25 % от рекомендуемой производителями нормы эффективность препаратов составила от 34,3 % (Трихоцин, СП) до 94,8 % (Магнелло, КЭ). При внесении однокомпонентного препарата на основе стробилурина Квадрис, СК наблюдалась более низкая эффективность в сравнении с другими испытываемыми препаратами на химической и нехимической основах – 86,1 %.

При внесении препаратов в 50 % от рекомендуемой нормы рост колоний происходил на внесенном мицелиальном диске, занимая незначительное пространство на среде с фунгицидом, образуя большое количество стерильного белого мицелия, характерного при выращивании на обедненной с недоступными питательными веществами среде (Backes et al., 2021).

Таблица 11 – Ингибирование роста колоний *Pyrenophora teres* при внесении фунгицидов на питательную среду, мм, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

| Фунгицид                       | ЕС <sub>50</sub> ,<br>мг/л | Диаметр колоний, мм |          |          |          |         |         |         |         |          |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                                |                            | 0 %*                | 25 %     | 50 %     | 75 %     | 100 %   | 125 %   | 150 %   | 175 %   | 200 %    |
| Магнелло, КЭ,                  | 0,004                      | 50,3±3,6            | 2,6±0,8  | 2,6±0,5  | 2,3±0,4  | 0,5±0,3 | 0,6±0,1 | 0,1±0,1 | 0       | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 94,8     | 94,8     | 95,4     | 99,0    | 98,8    | 99,8    | 100     | 100      |
| Капелла, МЭ                    | 0,007                      | 50,3±3,6            | 3,8±0,4  | 2,8±0,4  | 1,7±0,2  | 0,9±0,1 | 0,8±0,1 | 0,6±0,1 | 0,1±0,1 | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 92,4     | 94,4     | 96,6     | 98,2    | 98,4    | 98,8    | 99,8    | 100      |
| Колосаль Про, КМЭ              | 0,257                      | 50,3±3,6            | 3,3±0,4  | 0,9±0,1  | 0,3±0,1  | 0,3±0,1 | 0,1±0,1 | 0,1±0,1 | 0       | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 93,4     | 98,2     | 99,4     | 99,4    | 99,8    | 99,8    | 100     | 100      |
| Квадрис, СК                    | 0,431                      | 50,3±3,6            | 16,0±0,8 | 8,0±0,4  | 6,6±0,7  | 7,0±0,4 | 5,0±0,4 | 4,0±0,4 | 2,6±0,1 | 0,5±0,1  |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 68,2     | 84,1     | 86,7     | 86,1    | 90,1    | 92,0    | 94,7    | 98,9     |
| Амистар Трио, КЭ               | 0,870                      | 50,3±3,6            | 6,7±0,3  | 0,1±0,1  | 0,0      | 0,0     | 0,8±0,1 | 0,4±0,1 | 0       | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 86,5     | 99,8     | 100      | 100     | 98,2    | 99,2    | 100     | 100      |
| Органика С, Ж                  | 0,063                      | 50,3±3,6            | 5,6±0,3  | 1,6±0,1  | 2,3±0,1  | 2,6±0,1 | 1,6±0,1 | 0,0     | 0,4±0,1 | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 88,7     | 96,7     | 95,4     | 94,7    | 97,2    | 100     | 99,2    | 100      |
| Псевдобактерин-2, Ж            | 0,522                      | 47,5±3,6            | 7,3±0,6  | 7,3±0,3  | 4,5±0,2  | 9,9±0,8 | 4,9±0,4 | 5,6±0,5 | 2,4±0,1 | 0        |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 84,6     | 84,6     | 90,5     | 79,2    | 89,7    | 88,2    | 94,9    | 100      |
| Трихоцин, СП                   | 0,187                      | 47,5±3,6            | 31,2±3,2 | 22,7±1,7 | 22,1±2,3 | 4,2±1,0 | 3,6±1,0 | 3,0±0,9 | 1,9±0,7 | 27,2±3,1 |
| Биологическая эффективность, % |                            | -                   | 34,3     | 52,2     | 53,5     | 70,1    | 71,4    | 72,6    | 74,9    | 42,7     |

\* – норма применения от разрешенной в сельском хозяйстве, %

Внесение в питательную среду фунгицидов в значительной степени ингибировало споруляцию (таблица 12). Средняя споруляция в контрольных вариантах составила  $(13,5 \pm 2,7) \times 10^3$  и  $(10,9 \pm 1,0) \times 10^3$  конидий/мл. Минимальное ингибирование спорообразования *P. teres* выявлено под влиянием препарата Магнелло, КЭ –  $(1,3 \pm 0,01) \times 10^3$  конидий/мл (рекомендуемая производителями норма). Препараты группы триазолов негативно влияют на органогенез конидиеносцев, конидий и других морфологических структур, что приводит к замедлению, либо полному отсутствию повторного заражения.

Таблица 12 – Ингибирование споруляции *Pyrenophora teres* ( $\times 10^3$  конидий/мл) при внесении фунгицидов на питательную среду, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022–2023 гг.

| Фунгицид                       | Интенсивность споруляции, $\times 10^3$ конидий/мл |               |               |               |                |               |               |               |       |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------|
|                                | 0 %*                                               | 25 %          | 50 %          | 75 %          | 100 %          | 125 %         | 150 %         | 175 %         | 200 % |
| Магнелло, КЭ                   | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0,9 $\pm$ 0,4 | 3,6 $\pm$ 0,7 | 0             | 1,3 $\pm$ 0,01 | 2,7 $\pm$ 0,4 | 0,7 $\pm$ 0,4 | 1,6 $\pm$ 0,4 | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 93,3          | 73,3          | 100           | 92,6           | 80,0          | 94,8          | 88,1          | 100   |
| Капелла, МЭ                    | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0,8 $\pm$ 0,4 | 1,8 $\pm$ 0,6 | 0,3 $\pm$ 0,4 | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 94,1          | 86,7          | 97,8          | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |
| Колосаль Про, КМЭ              | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0,0           | 1,2 $\pm$ 0,4 | 1,7 $\pm$ 0,4 | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 100           | 91,1          | 87,4          | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |
| Квадрис, СК                    | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0             | 0             | 0             | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 100           | 100           | 100           | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |
| Амистар Трио, КЭ               | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0             | 0             | 0             | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 100           | 100           | 100           | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |
| Органика С, Ж                  | 13,5 $\pm$ 2,7                                     | 0,3 $\pm$ 0,4 | 0,1 $\pm$ 0,4 | 0,1 $\pm$ 0,4 | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 97,8          | 99,3          | 99,3          | 100            | 100           | 100           | 100           | 100,0 |
| Псевдобактерин-2, Ж            | 10,9 $\pm$ 1,0                                     | 0             | 0             | 0             | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 100           | 100           | 100           | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |
| Трихоцин, СП                   | 10,9 $\pm$ 1,0                                     | 0             | 0             | 0             | 0              | 0             | 0             | 0             | 0     |
| Биологическая эффективность, % | -                                                  | 100           | 100           | 100           | 100            | 100           | 100           | 100           | 100   |

\* – норма применения от разрешенной в сельском хозяйстве, %

При внесении на питательную среду препаратов Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*) и Псевдобактерин-2, Ж (*Pseudomonas aureofaciens*) в мицелии гриба *P. teres* конидии не обнаружены. Препараты на основе стробилюринов также полностью ингибировали спорообразование, так как в чашках Петри с минимальным содержанием фунгицидов Амистар Трио, КЭ и Квадрис, СК конидии выявлены не были, что согласуется с данными литературы (Feng et al., 2020).

В результате проведенных исследований выявлено, что эффективность обработок фунгицидами пораженных сетчатой пятнистостью листьев растений в разрешенной для применения в сельском хозяйстве норме и при внесении препаратов в чистую культуру патогена значительно варьировала в зависимости от действующего вещества в составе препарата. Отмечено, что препараты на

основе триазолов вызывают максимальное ингибирование развития патогена на растениях и ингибирование роста колоний. Минимальное значение эффективности после обработки растений разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормой выявлено у биологического препарата на основе грибов *Trichoderma harzianum* Трихоцин, СП (26,7 %) и у химического препарата на основе стробилурина Квадрис, СК (52,6 %), максимальная биологическая эффективность выявлена при использовании препаратов на нехимической основе *Bacillus amyloliquefaciens* Оргамика С, Ж (66,8 %) и препаратов химического класса триазолы (Колосаль Про, КМЭ – 97,0 %; Магнелло, КЭ – 88,2 %; Капелла, МЭ – 78,8 %). В среднем во всех вариантах при внесении разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормы рост колоний патогена замедлился при применении препаратов на нехимической основе от 70,1 % (Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*)) до 94,7 % (Оргамика С, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens*)) от 86,1 % (Квадрис, СК (стробилурины)) до 98,2 % – 100 % (Капелла, МЭ, Магнелло, КЭ; Колосаль Про, КМЭ (триазолы), Амистар Трио, КЭ (стробилурины, триазолы) при внесении препаратов на химической основе. Препараты на основе *Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП), *Pseudomonas aureofaciens* (Псевдобактерин-2, Ж) и стробилуринов (Амистар Трио, КЭ и Квадрис, СК) полностью предотвращали спорообразование. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что чувствительность *P. teres* к препаратам с действующими веществами на основе триазолов (дифеноконазол, тебуконазол, пропиконазол, флутриафол) и *Bacillus amyloliquefaciens* остается на достаточно высоком уровне для оперативного сдерживания болезни ( $EC_{50}$  от 1,4 мг/л до 4,7 мг/л). Установлено снижение чувствительности препарата Амистар Трио, КЭ на основе стробилуринов и триазолов ( $EC_{50}$  13,0 мг/л) и препарата Квадрис, СК на основе стробилуринов ( $EC_{50}$  21,2 мг/л) к популяции *P. teres*. Против повторного конидиального заражения сетчатой пятнистостью листьев рекомендовано применять препараты

на основе азоксистробина, *Pseudomonas aureofaciens* и *Trichoderma harzianum*, которые полностью ингибируют спороношение гриба.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан аннотированный набор данных для семантической сегментации проявлений сетчатой пятнистости листьев ячменя, ориентированный на автоматизированную диагностику степени развития *Pyrenophora teres*. Набор данных служит основой для разработки специализированных прикладных решений, таких как мобильные приложения или облачные сервисы, для использования в условиях реального сельскохозяйственного производства.

Результаты иммунологической оценки 19 сортов и 1 линии ячменя озимого, проведенной в течение 3-летнего периода, выявили низкую устойчивость против возбудителя сетчатой пятнистости листьев всех изученных сортов. Восприимчивость к патогену в фазу взрослого растения проявили 40,0 % сортов из числа изученных и 55,0 % – в фазу проростков. В фазу взрослого растения в полевых условиях умеренная устойчивость к патогену выявлена у шести сортов и одной линии (Агродеум (23,3 %), АС-18 (23,3 %), Версаль (16,7 %), Иосиф (20,0 %), Мастер (20,0 %), Паттерн (21,7 %), Сармат (20,0 %)), в фазу проростков устойчивость выявлена у четырех сортов (Гордей (3,1 балла), Паттерн (3,0 балла), Сармат (2,4 балла) и Тимофей (2,7 балла)). Сорта Версаль, Мастер, Паттерн, Сармат проявили умеренную устойчивость к патогену в фазу проростков и взрослого растения. Из 20 изученных сортов выявлен один сорт, устойчивый в онтогенезе, – Тимофей. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения обязательных защитных мероприятий всех сортов ячменя озимого от сетчатой пятнистости листьев на юге России.

При посеве двухкомпонентной смеси умеренно устойчивого и восприимчивого к патогену сортов в различных пропорциях выявлена высокая степень обратной корреляции доли умеренно устойчивого сорта и развития болезни растений ( $r = -0.93$ ). Оптимальной пропорцией по снижению развития

болезни и хозяйственной эффективности сортосмеси умеренно устойчивого (MR) и восприимчивого (S) сортов определена пропорция 1 S:4 MR.

Характеристика популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края по морфолого-культуральным признакам показала, что преобладающими типами колонии являются морфотипы DgBT (32,5 %), В (15,0 %), имеющие тёмно-серый мицелий со светлыми пучками либо светлый мицелий с розовым оттенком и малым количеством пучков. Анализ показал слабую корреляцию между сортовой устойчивостью и морфотипами ( $r=0,30$ ). При внесении химических (Магнелло, КЭ, Капелла, МЭ, Колосаль Про, КМЭ, Квадрис, СК, Амистар Трио, КЭ) и биологических (Оргамика С, Ж, Псевдобактерин-2, Ж, Трихоцин, СП) фунгицидов на питательную среду гриб *P. teres* разрастался минимально вокруг внесённого мицелиального диска, образуя белый пушистый мицелий со стерильными пучками, характерный при выращивании на обедненной с недоступными питательными веществами среде.

Определена вирулентность популяции *P. teres* центральной агроклиматической зоны Краснодарского края – 3,6 балла. Обнаружено увеличение дистанции в частоте генов вирулентности популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев. С 2020 по 2023 годы генетическая дистанция составила  $N=0,18$  у.е., что на 50,0 % выше, чем ежегодное среднее увеличение дистанции. Определено высокое разнообразие популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев по гетерогенности, анализ клональной фракции за 2020–2023 гг. составил  $CF=0,13$ . За четыре года исследования определено 57 уникальных рас (из 100 рас).

Выявлено, что на умеренно устойчивых сортах ячменя озимого накапливаются сложные расы возбудителя сетчатой пятнистости листьев, имеющие высокую агрессивность. Выделенные изоляты вызывали наибольшее развитие болезни растений восприимчивого сорта (Версаль (MR) – 2,5 балла,

Романс (S) – 0,7 балла (2020-2021 гг.); Виват (MR) – 6,0 баллов, Рубеж (S) – 3,4 балла (2022-2023 гг.)). Наибольшее разнообразие расового состава определено после инокуляции образцами популяции *P. teres*, выделенными с умеренно устойчивых сортов Виват и Версаль (CF=0,15), клональная фракция выделенных с восприимчивых к возбудителю сетчатой пятнистости листьев сортов составила CF=0,20. Наименьшая гетерогенность, согласно индексу Шеннона, характеризующего внутривидовое разнообразие, выявлена в популяции гриба, выделенной с восприимчивого сорта Рубеж – Sh=1,89 (при значении Виват MR Sh=2,02) и не выявлена между различными по устойчивости сортами Романс S (Sh=2,05) и Версаль MR (Sh=2,04). Можно заключить, что при несоблюдении принципа ротации генов потери урожая и ухудшение фитосанитарной обстановки могут достичь значительных размеров, что повлечёт за собой необходимость введения новых сортов с набором других эффективных генов расонеспецифической устойчивости.

Определено, что при обработке растений средствами защиты на химической основе (Магнелло, КЭ, Капелла, МЭ, Колосаль Про, КМЭ, Квадрис, СК, Амистар Трио, КЭ) средняя вирулентность выделенных образцов популяции патогена выше на 14,6 % в сравнении с образцами, выделенными после обработки препаратами на биологической основе (Оргамика С, Ж, Псевдобактерин-2, Ж, Трихоцин, СП). Выявлена слабая корреляция между развитием болезни после обработки растений препаратами на химической основе и средней вирулентностью ( $r=0,268$ ), и высокая корреляция при применении препаратов на биологической основе ( $r=0,97$ ).

Выявлено наибольшее значение клональной фракции у образцов популяции *P. teres*, отобранных после обработки препаратами Магнелло, КЭ (триазолы) и Квадрис, СК (стробилурины) – CF=0,10. Клональная фракция образцов, выделенных после обработки растений препаратами на биологической основе

Оргамика С, Ж и Трихоцин, СП, составила  $CF=0,25$ , что ниже контрольного варианта ( $CF=0,20$ ). Выявлено увеличение генетического разнообразия популяции гриба *P. teres* после обработки растений препаратами на основе триазолов и *Bacillus amyloliquefaciens*: Колосаль Про, КМЭ ( $Sh=2,16$ ), Капелла, МЭ, ( $Sh=2,14$ ), Оргамика С, Ж ( $Sh=2,12$ ), Магнелло, КЭ ( $Sh=2,10$ ). Минимальное значение генетического разнообразия выявлено после обработки препаратом на основе *Pseudomonas aureofaciens* –  $Sh=1,96$  (Псевдобактерин-2, Ж), что ниже контрольного варианта ( $Sh=2,0$ ). Результаты исследования свидетельствуют, что применение средств защиты растений на основе *Pseudomonas aureofaciens* и *Trichoderma harzianum* при более низкой в сравнении с химическими препаратами биологической эффективности имеет потенциально положительный эффект в пролонгированной защите посевов ячменя локального агроценоза. В популяции гриба *P. teres* не происходит отбор наиболее вирулентных штаммов и применение биопрепаратов минимально влияет на увеличение генетического разнообразия.

Корреляционный анализ образцов популяции *P. teres*, собранных с сортов ячменя с различной степенью устойчивости, выявил прямую пропорциональную зависимость между устойчивостью сорта и агрессивностью популяции патогена, так как развитие болезни на ячмене восприимчивого сорта было статистически выше при инокуляции изолятами, отобранными с более устойчивых сортов (Версаль MR / Романс S –  $F_{t5,12} < F_{f31,5}$  и Виват MR / Рубеж S –  $F_{t5,12} < F_{f25,7}$ ). Скорость роста колоний *P. teres*, выделенных с умеренно устойчивых сортов, статистически выше скорости роста колоний изолятов, выделенных с восприимчивых сортов (Версаль MR / Романс S –  $F_{t5,2} < F_{f28,3}$  и Виват MR / Рубеж S –  $F_{t5,2} < F_{f49,2}$ ). Интенсивность споруляции колоний, отобранных с умеренно устойчивых сортов, выше данных показателей с восприимчивых сортов (Версаль MR / Романс S –  $F_{t5,3} < F_{f9,3}$  и Виват MR / Рубеж S –  $F_{t5,3} < F_{f10,5}$ ). Изоляты гриба, отобранные с более устойчивых сортов, после инокуляции восприимчивого к

патогену сорта имели меньший инкубационный период (Версаль MR, Виват MR – первые проявления болезни на растении выявлены на третьи сутки, Рубеж S и Романс S – на четвертые и пятые сутки соответственно). Полученные данные необходимы для разработки стратегии использования интегрированной защиты растений во избежание накопления высоковирулентных к различным сортам агрессивных клонов.

В результате проведенных исследований выявлено, что эффективность обработок фунгицидами пораженных сетчатой пятнистостью листьев растений в разрешенной для применения в сельском хозяйстве норме и при внесении препаратов в чистую культуру патогена значительно варьировала в зависимости от действующего вещества в составе препарата. Отмечено, что препараты на основе триазолов вызывают максимальное ингибирование развития патогена на растениях и ингибирование роста колоний. Минимальное значение эффективности после обработки растений разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормой выявлено у биологического препарата на основе грибов *Trichoderma harzianum* Трихоцин, СП (29,5 %) и у химического препарата на основе стробилурина Квадрис, СК (52,6 %). Максимальная биологическая эффективность выявлена при использовании препаратов на биологической основе *Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж – 66,8 %) и препаратов химического класса триазолы (Колосаль Про, КМЭ – 97,0 %; Магнелло, КЭ – 88,2 %; Капелла, МЭ – 78,8 %). Во всех вариантах при внесении на агаризованную среду разрешенной для применения в сельском хозяйстве нормы рост колоний патогена замедлился с препаратами на биологической основе от 70,1 % (*Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП) до 94,7 % (*Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж)) и от 86,1 % (стробилурины (Квадрис, СК)) до 100 % (стробилурины, триазолы (Амистар Трио, КЭ)) с препаратами на химической основе. Препараты на основе *Trichoderma harzianum* (Трихоцин, СП), *Pseudomonas aureofaciens*

(Псевдобактерин-2, Ж) и стробилуринов (Амистар Трио, КЭ и Квадрис, СК) полностью предотвращали спорообразование. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что чувствительность региональной популяции гриба *P. teres* к препаратам на основе триазолов и *Bacillus amyloliquefaciens* остается на достаточно высоком уровне для оперативного сдерживания болезни. Против повторного конидиального заражения сетчатой пятнистостью листьев рекомендовано применять препараты на основе азоксистробина, *Pseudomonas aureofaciens* и *Trichoderma harzianum*, которые полностью ингибируют спороношение. Систематические исследования чувствительности популяции *P. teres* к препаратам крайне важны. Они позволят своевременно выявить накопление резистентных штаммов, зафиксировать уровень сдвига чувствительности к фунгицидам, что будет способствовать разработке научно обоснованной антирезистентной стратегии применения современного ассортимента фунгицидов на основе различных химических классов и микробиологических препаратов.

## Практические рекомендации

1. Устойчивый к патогену сорт Тимофей и умеренно устойчивые сорта Версаль, Мастер, Сармат рекомендованы для использования в зонах сильного распространения сетчатой пятнистости листьев ячменя в системе интегрированной защиты и в селекции как источники устойчивости.

2. В системах интегрированной защиты ячменя озимого от *P. teres* оптимальной для сдерживания болезни и достижения высоких показателей урожайности пропорцией сортосмеси умеренно устойчивого и восприимчивого сортов определена пропорция 1 S:4 MR, то есть одна часть восприимчивого сорта (Романс S) к четырем частям умеренно устойчивого сорта (Иосиф MR).

3. При проведении защитных мероприятий рекомендовано использование препаратов на основе триазолов (Колосаль Про, КМЭ, 0,4 л/га (пропиконазол 300 г/л, тебуконазол 200 г/л), Магнелло, КЭ, 1,0 л/га (дифеноконазол 100 г/л, тебуконазол 250 г/л), Капелла, МЭ, 1,0 л/га (дифеноконазол 30 г/л, пропиконазол 120 г/л, флутриафол 60 г/л)) и *Bacillus amyloliquefaciens* (Оргамика С, Ж, 0,4 л/га) для максимального ингибирования развития патогена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Е. И., Зинченко В. А. Системные фунгициды–ингибиторы биосинтеза эргостерина // Журнал «АгроXXI. – 2002. – Т. 4. – С. 14–15.
2. Анисимова А. В. Полиморфизм по признаку вирулентности и особенности микроэволюции в популяциях возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyrenophora teres f. teres* // Микология и фитопатология. – 2017. – Т. 51. – №. 4. – С. 229–240.
3. Анпилогова Л. К., Волкова Г. В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе) // Краснодар: ВНИИБЗР РАСХН. – 2000. – 28 с.
4. Ариничев И.В. Семантическая сегментация ржавчин и пятнистостей пшеницы / И.В. Ариничев, С.В. Полянских, И.В. Ариничева // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 118–125.
5. Ариничев И. В. Модели на основе искусственного интеллекта для цифровой диагностики болезней зерновых культур (на примере *Pyrenophora teres* озимого ячменя) / И. В. Ариничев, И. В. Ариничева, Г. В. Волкова, Я. В. Яхник // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 1. – С. 64–68.
6. Ариничева И. В. Диагностика развития сетчатой пятнистости озимого ячменя на основе цифровых интеллектуальных технологий / И. В. Ариничева, Г. В. Волкова, И. В. Ариничев, Я. В. Яхник // Научные труды КубГАУ. – 2023. – №. 106. – С. 81–85.
7. Ариничева И. В. Компьютерное зрение для наблюдения и учета *Pyrenophora teres* озимого ячменя / И. В. Ариничева, Г. В. Волкова, Я. В. Яхник, И. В. Ариничев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 72–79.

8. Астапчук И. Л. Оценка полевой устойчивости сортов и линий озимого ячменя к сетчатому гельминтоспориозу (возбудитель *Helminthosporium teres* (Sacc.)) / И. Л. Астапчук, Н. В. Репко, Г. Л. Зеленский // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кощачев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 67–68.

9. Астапчук И. Л. Оценка коллекционных сортообразцов озимого ячменя на устойчивость к карликовой ржавчине и сетчатой пятнистости листьев в условиях юга России / И. Л. Астапчук, А. В. Данилова, Г. В. Волкова // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 11–13 сентября 2018 года. Том Выпуск 10. – Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2018. – С. 321–323.

10. Астапчук И. Л. Возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя: биология, этиология, вирулентность, устойчивость растения-хозяина (краткий обзор) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 127. – С. 604–627.

11. Астапчук И. Л. Скрининг иммуномодуляторов для снижения развития возбудителя сетчатой пятнистости листьев озимого ячменя в условиях теплицы и поля / Астапчук И. Л., Волкова Г. В., Дядюченко Л. В. // Рисоводство. – 2018. – №. 1. – С. 35–40.

12. Афанасенко О. С. Изменчивость популяций возбудителей гельминтоспориозных пятнистостей ячменя и генетический контроль устойчивости к *Pyrenophora teres* Drechs. Автореферат дис. ... доктора биологических наук. Санкт-Петербург. 1996. – 44 с.

13. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гемибiotрофным патогенам / О.С. Афанасенко // Идентифицированный генофонд растений и селекция: Сб. науч. трудов. СПб. ВИР, 2005. – С. 592–609.
14. Афанасенко О. С. Проблемы создания сортов сельскохозяйственных культур с длительной устойчивостью к болезням // Защита и карантин растений. –2010. – №3. – С. 4–9.
15. Бабаянц Л. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах членах СЭВ / Л. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Вехтер, Н.Некlesa и др. // Прага. – 1988. – С. 270–277.
16. Баранов О. Ю. Видовой состав возбудителей болезней озимого ячменя / Журнал «Земледелие и защита растений» перечень ВАК Беларуси для публикации научных трудов соискателей ученых степеней. – 2019. – С. 12.
17. Баташева Б. А. Перспективные направления селекции ячменя в Дагестане / Б. Баташева, Р. Абдулаев, О. Ковалева, И. Звейнек, Е. Радченко // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – №. 3. – С. 17–22.
18. Беляева Н. Л. Обоснование применения фунгицидов как инструмент эффективной защиты ячменя // Управление плодородием и улучшение агроэкологического состояния земель. – 2017. – С. 3–7.
19. Берестецкий А. О. Биорациональные средства защиты растений // Защита и карантин растений. – 2017. – №. 8. – С. 9–14.
20. Билай В.И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений (справочник) / под редакцией В.И. Билай // Киев: Наукова думка. – 1988. – 549 с.
21. Бровкина Т. Я. Особенности накопления биомассы растений и динамики засоренности посевов озимой пшеницы при различных агротехнологиях и уровнях плодородия почвы // Развитие интеграционных процессов как цель и условие повышения конкурентоспособности науки. – 2020. – С. 57–62.

22. Борисова Т. Г. Эффективность применения и востребованность регуляторов роста Циркона, Эпина-Экстра и микроудобрений в технологии выращивания зерновых культур // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №. 1. – С. 70–72.
23. Вавилов, Н. И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н. И. Вавилов. – М.: Колос. – 1966. – 559 с.
24. Буга С. Ф. Тактика и экономика защиты озимой пшеницы и ярового ячменя от болезней / Буга С. Ф., Жуковский А. Г., Ильюк А. Г., Радына А. А. // Защита и карантин растений. – 2012. – №8. – С. 18–22.
25. Валиуллин А. Р. Влияние различных фунгицидов на формирование урожая ярового ячменя / А. Р. Валиуллин, А. А. Зиганшин, О. В. Шибеева, Р. И. Сафин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 4. – №. 2. – С. 108–110.
26. Владимиров С. А. Антропоэкологические проблемы в зоне рисоводства Нижней Кубани / Владимиров С. А., Хатхоху Е. И., Момот И. В. // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: Сборник статей Международно-практической конференции Уфа. – 2017. – №. 4. – С. 4.
27. Волкова Г. В. Оценка влияния индукторов болезнеустойчивости на развитие сетчатого гельминтоспориоза ячменя (возбудитель *Helminthosporium teres* (Sacc.)) / Г. В. Волкова, С. В. Шебяковский, И. Л. Астапчук, Л. В. Дядюченко // Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – 2016. – С. 35–38.
28. Волкова Г. В. Эффективность сортосмешанных посевов озимой пшеницы против возбудителя бурой ржавчины / Г. В. Волкова, О. Ф. Ваганова, О. А. Кудинова // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 7. – С. 14–16.

29. Волкова Г.В. Фитосанитарное состояние посевов ячменя озимого в Краснодарском крае и республике Адыгея в предуборочный период / Г. В. Волкова, А. В. Данилова, Л. Н. Шуляковская, А. В. Минакова // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1(25). – С. 50–63.
30. Волкова Г. В. Подбор оптимальной питательной среды для культивирования *Pyrenophora teres* / Г. В. Волкова, Я. В. Яхник, О. Ю. Кремнева, Е. Г. Мерзликина // Вестник Ульяновской ГСА. – 2022. – Т. 3 – №.59. – С. 122–127.
31. Волкова Г. В. Чувствительность сетчатой пятнистости ячменя к фунгицидам триазолового класса / Г. В. Волкова, Я. В. Яхник, Е. Н. Мерзликина, О. Ю. Шарай // Сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей КНФ / отв. ред. В. В. Анисимов, ред.: В. Г. Гайдуков, Г. В. Бакуменко. – Краснодар: Кубанский научный фонд. – 2022. – С. 51–55.
32. Волкова Г. В. Иммунологическая оценка озимых сортов ячменя против сетчатой пятнистости листьев / Г. В. Волкова, Я. В. Яхник, А. В. Данилова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53. – №. 7. – С. 48–56.
33. Волкова Г. В., Яхник Я. В. Чувствительность возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя (*Pyrenophora teres* Drechsler) к фунгицидам // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – №. 6. – С. 48–52.
34. Волкова Г. В. Инновационный подход к мониторингу сетчатой пятнистости ячменя / Г. В. Волкова, И. В. Ариничева, Я. В. Яхник // Защита и карантин растений. – 2024. – №. 8. – С. 29–32.
35. Ворокова Н. Х. Статистический анализ посевных площадей в Краснодарском крае / Ворокова Н. Х., Алексеенко О. В. // Colloquium-journal. – Голопристанський міськрайонний центр зайнятості= Голопристанский районный центр занятости, 2018. – №. 13(9). – С. 7.

36. Гешеле Э. Э. Отношение ячменей к паразитному грибу *Helminthosporium teres* / Э. Э. Гешеле // Тр. по приклад. бот., ген. и селек. – 1928. – Т. 19. – вып.1. – С. 371–384.

37. Грибные патогены зерновых колосовых культур: биология, распространение, вредоносность, методы учета, сбора и хранения биоматериала. Создание искусственных инфекционных фонов: Научно-практические рекомендации / Г.В. Волкова, Я.В. Яхник, О.А. Кудинова, М.С. Гвоздева, А.В. Данилова, В.Д. Руденко, А.Д. Кустадинчев, Ю.С. Ким – Краснодар: ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024. – 98 с. ISBN 978-5-93491-974-1.

38. Григорьев А. О., Волкова Г. В. Применение современных индукторов болезнеустойчивости на зерновых культурах // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 7 (160). – С.78–86.

39. Гришечкина Л. Д. Агробиологическое и экотоксикологическое обоснование формирования ассортимента фунгицидов для защиты пшеницы: дис. ... докт. с/х. наук: 06.01.07 / СПб: 2018. – 395 с.

40. Гульяева Е. И. Мониторинг вирулентности и фенотипического состава популяции *Russinia tritici* на Южном Урале в 2018 году / Е. И. Гульяева, Е. Р. Шрейдер, Е. Л. Шайдаюк, Н. П. Бондаренко // Вестник защиты растений. – 2019. – №. 2 (100). – С. 28–33.

41. Гусев И. В. Влияние фунгицидов на развитие возбудителя корневой гнили пшеницы // Вестник аграрной науки. 2020. – 2 (71). – С. 22.

42. Данилова А. В. Болезни ячменя и устойчивость к ним растения-хозяина / А. В. Данилова, Г. В. Волкова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 77. – С. 74–84.

43. Данилова А.В. Иммунологическая оценка сортов озимого ячменя к листовым заболеваниям на юге России / А. В. Данилова, Г. В. Волкова, Я. В. Яхник,

О.В. Таранчева, Е.В. Гладкова // Российская сельскохозяйственная наука. –2021. – № 5. – С. 16–21.

44. Данилова А.В. Оценка устойчивости перспективных сортообразцов озимого ячменя к комплексу листовых болезней в разные фазы вегетации растения / А. В. Данилова, И. Л. Астапчук, Г. В. Волкова // Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях : Международная научно-практическая конференция, Краснодар, 09 сентября 2016 года. – Краснодар: Индивидуальный предприниматель Синяев Дмитрий Николаевич, 2016. – С. 85–88.

45. Данилова А. В. Источники устойчивости к сетчатой пятнистости среди диких видов ячменя / А. В. Данилова, Я. В. Яхник, Г. В. Волкова, И. Г. Лоскутов // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. – 2022. – С. 171–177.

46. Данилова А. В., Яхник Я. В., Изварина А. Г., Волкова Г. В. Защита озимого ячменя от сетчатой пятнистости листьев с использованием современных фунгицидов / А. В. Данилова, Я. В. Яхник, А. Г. Изварина, Г. В. Волкова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54. – №. 2. – С. 68–76.

47. Данилова А. В. Новый фунгицид Протазокс в защите озимого ячменя от пятнистостей листьев в условиях Краснодарского края / А. В. Данилова, Ю. С. Ким, Г. В. Волкова // Земледелие. – 2020. – №. 6. – С. 41–44.

48. Долгополова Н. В., Кондратова Е. Ю. Эффективность действия фунгицидов в посевах ячменя // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №. 7. – С. 101–105.

49. Дорошенко Е. С. Полная иммунологическая характеристика коллекции голозерного ячменя в условиях южной зоны / Е. С. Дорошенко, Э. С. Дорошенко, Н. В. Шишкин //Аграрный вестник Урала. – 2022. – №. 8 (223). – С. 15–26.

50. Дорошенко Э. С., Донцова А. А. Характеристика коллекционных образцов озимого ячменя по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам //Аграрная наука. – 2024. – №. 7. – С. 107–112.
51. Донцова А. А. Состояние производства и сортовой состав ячменя в Ростовской области / А. А. Донцова, Е. Г. Филиппов, С. А. Раева //Зерновое хозяйство России. – 2014. – №. 4. – С. 40–44.
52. Донцова А. А. Использование молекулярных методов селекции на устойчивость к сетчатой пятнистости ячменя (Обзор) // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №113(09). – С. 1–11.
53. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. – 2014. – 350 с.
54. Дубровская Н. Н. Влияние химических препаратов на развитие колоний гриба *Bipolaris sorokiniana* / Н. Н. Дубровская, В. В. Чекмарев, О. И. Корабельская // Фундаментальные и прикладные научные исследования. – 2017. – С. 175–179.
55. Дудка А. И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка. – 1982. – 551 с.
56. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Изд-во МГУ. Наука. – 2004. – 528 с.
57. Еланский С. Н. Устойчивость *Helminthosporium solani*, *Colletotrichum coccodes* и *Rhizoctonia solani* к фунгицидам, используемым для обработки клубней картофеля / С. Н. Еланский, М. А. Побединская, И. А. Кутузова, М. М. Ярмеева, Т. А. Гуркина, Л. Ю. Кокаева // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – №. 3. – С. 50–53.
58. Ершова Л. А., Велибекова Е. И. Устойчивость сортов ячменя к вредным организмам и способы повышения урожайности //Защита и карантин растений. – 2017. – №. 12. – С. 40–43.

59. Зайцев Д. В. Оптимизация тест-систем испытаний биологически активных веществ растений против некоторых фитопатогенных грибов из отдела *Deuteromycota* : дис. – автореферат дис. ... канд. биол. Наук. Москва. – 2013. – 133 с.
60. Захаренко В. А. Иммуитет зерновых культур в управлении фитосанитарными рисками зерновых агроэкосистем // Аграрная наука. – 2019. – Т. 2. – С. 19–24.
61. Золфагари А. Стратегии размножения и поддержания жизнеспособности *Phytophthora infestans* в Иранском Голестане и Москве при применении фунгицидов и растительных экстрактов : дис. – Рос. гос. аграр. ун-т. – 2012. – 239 с.
62. Зубкович А. А., Гриб С. И. Современное состояние и приоритетные направления селекции ячменя для условий республики Беларусь // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси. – 2017. – С. 220–224.
63. Иванченко Т. В. Оптимизация средств химизации для повышения урожайности ячменя ярового / Т. В. Иванченко, Г. И. Резанова, В. В. Тупицина // Пермский аграрный вестник. – 2016. – №. 2 (14). – С.34–39.
64. Илюшина Н. А. Мутагенность и канцерогенность пестицидов, опасность для здоровья человека. Систематический обзор // Здравоохранение Российской Федерации. – 2017. – Т. 61. – №. 2. – С. 96–102.
65. Ишкова Т.И. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / Л.И. Берестецкая, Е.Л. Гасич, М.М. Левитин, Д.Ю Власов. Санкт-Петербург. – 2000. – 76 с.
66. Князева А. П. Влияние биологических препаратов на урожайность ярового ячменя / А. П. Князева, А. С. Мастеров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 90–93.

67. Коваленко Л. В., Серая Н. Н. Оценка состояния и перспектив развития производства озимой пшеницы в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 79. – С. 23–28.

68. Козубовская Г. В. Сравнительная характеристика ярового ячменя разного эколого-географического происхождения / Г. В. Козубовская, О. Ю. Козубовская, В. И. Балакшина // Научно-агрономический журнал. – 2017. – №. 1 (100). – С. 37–40.

69. Комарова О. П., Земляницына С. В. Снижение пестицидной нагрузки как основа экологической безопасности сельских территорий // Фундаментальные исследования. – 2020. – №. 3. – С. 54–59.

70. Кочетков П. П. Комплексное влияние пестицидного загрязнения на состояние окружающей среды // Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. – 2017. – С. 170–174.

71. Кочетков П. П. Оценка опасности пестицидного воздействия на окружающую среду / Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надежности, устойчивости и эффективности систем. – 2018. – С. 366–371.

72. Койшыбаев М. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: методические указания / М. Койшыбаев, В.П. Шаманин, А.И. Моргунов // Анкара: ФАО-СЕК. – 2014. – 58 с.

73. Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. – 2016. – 28 с.

74. Кононова Т. В. Эффективность приемов в технологии возделывания зерновых культур на выщелоченных черноземах Краснодарского края / Кононова Т. В., Жиленко С. В. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – №. 4. – С. 41–44.
75. Круглова Е. С. Выбор критериев расчета достоверности различий результатов экспериментальных исследований // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2018. – №. 4. – С. 50–58.
76. Кудинова О. А. Использование индукторов устойчивости в защите озимой пшеницы от бурой ржавчины // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 111–113.
77. Кузнецова Т.Е. Перспективность сортов двуручек ячменя / Т.Е. Кузнецова, Н. В. Серкин, В. В. Нестеренко, Н. А. Веретельникова //Современные научно-исследовательские решения в условиях технологических и цифровых новаций. – 2021. – С. 99–107.
78. Лавринова В. А. Общие принципы развития исследований по защите зерновых культур от болезней в Тамбовской области / В. А. Лавринова, В. В. Чекмарев, И. В. Гусев //Земледелие. – 2018. – №. 1. – С.27–31.
79. Лашина Н. М. Создание дигаплоидов ячменя как исходного материала для селекции сортов с групповой устойчивостью к болезням : дис. – автореферат дис. ... канд. биол. Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений РАСХН. – 2015. – 157 с.
80. Лашина Н. М., Зубкович А. А., Афанасенко О. С. Доноры устойчивости ячменя к возбудителям пятнистостей листьев из абиссинского и восточноазиатского генетических центров разнообразия культуры //Вавиловские чтения-2020. – 2020. – С. 172–172.
81. Лобанкова О. Ю. Экологические аспекты защиты ячменя от болезней в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края : дис. – автореферат дис. ... канд. биол. – Ставрополь. – 2004. – 112 с.

82. Малкандуев Х. А. Новый сорт озимого ячменя для условий Северного Кавказа / Х. А. Малкандуев, Н. В. Серкин, А. Х. Малкандуева, Р. И. Шамурзаев, В. В. Нестеренко // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – №. 3 (95). – С. 39–44.

83. Мальцева Д. А., Репко Н. В. Оценка мутантных форм озимого ячменя по массе 1000 зерен // Вавиловские чтения-2020. – 2020. – С. 179–180.

84. Манжелесова Н., Волынец А. Фитогормоны и фенольные соединения в борьбе с болезнями растений // Наука и инновации. – 2015. – Т. 3. – №. 145. – С. 62–65.

85. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – СПб. – 2009. – 321 с.

86. Марченкова Л. А. Фитосанитарное состояние семян сортов и линий зерновых культур в Московской области / Л. А. Марченкова, Р. Ф. Чавдарь, О. В. Павлова, Т. Г. Орлова // Защита и карантин растений. – 2019. – №. 6. – С. 26–28.

87. Морозов Н. А. Новый сорт озимого ячменя–КУПЕЦ / Н. А. Морозов, И. В. Самсонов, М. А. Коломиец, Н. А. Панкратова // Инновационные технологии и агроэкология в сельскохозяйственном производстве аридных территорий Прикаспия. – 2022. – С. 22.

88. Николаев П. Н. Новые перспективные линии ячменя пивоваренного направления селекции Омского аграрного научного центра / П. Н. Николаев, О. А. Юсова, А. Е. Кремпа // Земледелие. – 2022. – №. 1. – С. 39–43.

89. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году / Д.Н. Говоров, А.Н. Живых // Москва: АО «Первая Образцовая типография». – 2020. – С. 321–322.

90. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году / Д.Н. Говоров, А.Н. Живых // Москва: АО «Первая Образцовая типография». – 2021. – С. 333–334.

91. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2021 году и прогноз развития вредных объектов в 2022 году / Д.Н. Говоров, А.Н. Живых // Москва: АО «Первая Образцовая типография». – 2022. – С. 326.

92. Обозова Д. О., Косников С. Н. Фунгициды как эффективное средство защиты сельскохозяйственных культур и их интегральная оценка // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 1. – С. 33–39.

93. Пахратдинова Ж. У. Морфолого-культуральные признаки изолятов *Pyrenophora teres*, выделенных из казахстанской и Омской популяций гриба / Ж. У. Пахратдинова, Н. Т. Амирханова, А. С. Рсалиев // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 12. – С. 150–158.

94. Пикушова Э. А. Токсичность протравителей для патогенных микромицетов / Э. А. Пикушова, Л. А. Шадрина, Т. А. Долбилова // Защита и карантин растений. – 2016. – №. 7. – С. 42–45.

95. Попова Э. В. Фунгистатическая активность индукторов устойчивости к темно-бурой пятнистости пшеницы // Plant Protection News. – 2018. – №. 4. – С. 53–57.

96. Прусакова Л. Д., Чижова С. И. Применение производных триазола в растениеводстве // Агрохимия. – 1998. – № 10. – С. 37–44.

97. Репко Н. В. Ретроспективный анализ сортов озимого ячменя, созданных на юге России / Н. В. Репко, Е. В. Смирнова, К. В. Сухинина, А. С. Коблянский // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 123. – С. 347–365.

98. Репко Н. В. Селекция озимого ячменя на высокую продуктивность и зимостойкость в условиях Северного Кавказа: автореферат дис... доктора сельскохозяйственных наук. – Краснодар. – 2016. – 45 с.

99. Репко Н. В. Селекция озимого ячменя в условиях юга России. Краснодар: КубГАУ. – 2018. – 258 с.

100. Рожко Е. И., Крупенько Н. А. Сетчатая пятнистость ярового ячменя (*Pyrenophora teres* Drechsler) (литературный обзор) // Защита растений. – 2024. – Т. 1. – №. 48. – С. 146–157.

101. Романенко А. А. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы / А.А. Романенко, Л. А. Беспалова, И. Н. Кудряшов, И. Б. Аблова // Краснодар: ЭДВИ, 2005 – 212 с.

102. Рсалиев А. С. Внутривидовая дифференциация популяций *Pyrenophora teres* в Казахстане и Омской области России / А. С. Рсалиев, Н. Т. Амирханова, Ж. У. Пахратдинова // Микология и фитопатология. – 2018. – Т. 52. – №. 1. – С. 55–65.

103. Санин С. С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – №. 6. – С. 45–55.

104. Сердюков Д. Н., Репко Н. В. Скрининг селекционных линий озимого ячменя по отдельным хозяйственно-ценным признакам // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 165. – С. 209–224.

105. Серкин Н. В. Характеристика новых сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» / Н. В. Серкин, Т. Е. Кузнецова, А. В. Реуткина, В. В. Нестеренко, Н. А. Веретельникова, В. С. Шконда, О. В. Таболин // Генофонд растений как стратегический фактор стабильности развития Российской

Федерации : Тезисы докладов Международной научно-практической конференции, проходящей в рамках Всероссийского координационного совета по зернофуражным культурам и Второго научного Форума «Генетические ресурсы России», Санкт-Петербург, 28–30 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», 2023. – С. 80–81.

106. Сидорова Т.М. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов / Т. М. Сидорова, А. М. Асатулова, А. И. Хомяк // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – № 53. – С. 29–37.

107. Скибина Ю. С. Иммунологическая оценка сортов озимого ячменя к темно-бурой пятнистости листьев в вегетационный период 2016-2017 гг. / Ю. С. Скибина, И. Л. Астапчук, Н. В. Репко // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России. – 2018. – С. 294–296.

108. Скибина Ю. С. Оценка исходного материала озимого ячменя на устойчивость к темно-бурой пятнистости листьев // Colloquium-journal. – Голопристанський міськрайонний центр зайнятості, 2019. – №. 16 (40). – С.98–101.

109. Смирнов А. Н., Кузнецов С. А. Определение стратегий размножения и жизнеспособности полевых популяций *Phytophthora infestans* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2006. – №. 4. – С.141–153.

110. Супранович Р. В., Матвейчик М. А. Пестициды фирмы «Сиб» в системе защиты сада // Защита и карантин растений. – 1995. – №. 5. – С. 32.

111. Сущевич Ю. А., Шашко Ю. К. Изучение биологического разнообразия и особенностей культивирования возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyrenophora teres* f. *teres* Drechsler в Республике Беларусь // Земледелие и растениеводство. – 2022. – №. 2. – С. 28–30.

112. Тарасова А. М. Влияние средств защиты растений и минеральных удобрений на фитопатогенный комплекс грибов ярового ячменя в Верхневолжье // Вестник защиты растений. – 2007. – №. 1. – С. 53–66.
113. Ткаленко Г. Биологические препараты в защите растений. Пропозиция. – 2015. – С. 2–15.
114. Троицкая Ю. С. Отношение к фунгицидам и агрессивность изолятов фитоготры / Ю. С. Троицкая, А. С. Черняховская, А. Н. Смирнов // Агро XXI. – 2007. – № 10. – С. 32–33.
115. Тютерев С. Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // Вестник защиты растений. – 2001. – №. 1. – С. 38–53.
116. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2014. – 208 с.
117. Филиппов Е. Г. Результаты экологического испытания сортов озимого ячменя / Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова, Д. П. Донцов, А. А. Буланова // Аграрный вестник Урала. – 2017. – №. 5 (159). – С. 75–83.
118. Филиппов Е. Г. Итоги сотрудничества ФГБНУ «АНЦ «Донской» и ФГБНУ «НЦЗ им. ПП Лукьяненко» по селекции озимого ячменя / Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова, Д. П. Донцов, В. В. Нестеренко, Н. В. Серкин, Т. Е. Кузнецова // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №. 4. – С. 50–55.
119. Филиппов Е. Г. Новый раннеспелый сорт ярового ячменя Федос // Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова, Д. П. Донцов, Р. Н. Брагин / Зерновое хозяйство России. – 2021. – №. 2. – С. 11–16.
120. Фирсова Т. И. Анализ динамики посевных площадей и урожайности озимого ячменя в РФ / Т. И. Фирсова, Г. А. Филенко, А. А. Донцова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №. 5. – С. 53–57.

121. Хасанов Б. А. Определитель грибов-возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera* и *Exserohilum* // Ташкент: Фан. – 1992. – 180 с.

122. Хижняк С. В. Биологические средства защиты растений как экологически безопасная альтернатива химическим препаратам: существующие проблемы и пути их решения / С. В. Хижняк, Е. П. Пучкова // Региональные рынки потребительских товаров: качество, экологичность, ответственность бизнеса. – 2019. – С. 83–86.

123. Чекмарев В. В. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам. – 2015. – 137 с.

124. Чекмарев В. В. Биологическая оценка фунгицидов *IN VITRO* // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №. 5. – С. 65–68.

125. Шитиков В. К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии. Сб. научн. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН. – 2005. – С. 99–104.

126. Шумилов Ю.В. Коллекционные образцы пшеницы и ячменя – источники устойчивости к высокоопасным болезням зерновых культур / Ю. В. Шумилов, О. Ю. Кремнева, Е. В. Синяк // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях (посвящается 140-летию А.Г. Дояренко) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии, Саратов, 18 марта 2014 года / Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов: ООО «Ракурс», 2014. – С. 144–148.

127. Щербакова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – №. 5. – С. 875–891.
128. Щенникова И. Н., Кокина Л. П. Перспективы селекции ячменя для условий Волго-Вятского региона (аналитический обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – №. 1. – С. 21–31.
129. Яхник Я. В., Волкова Г. В. Эффективность генов устойчивости ячменя против сетчатой пятнистости (возбудитель *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* Drechler) // Сборник трудов Четвертого Международного Микологического Форума. М: Академия Микологии, 2020. – Т.8. – С. 354–355.
130. Ababa G. Adult-plant resistance and a suitable method of reaction determination to scald and net form net blotch in malt barley genotypes at a hot spot location in Ethiopia / G. Ababa, T. Shiferaw, W. Hailu, W. Fekadu, S. Alamerew //Discover Agriculture. – 2025. – Т. 3. – №. 1. – С. 5.
131. Abebe Worku. Barley Net Blotch Disease Management: A Review // Agriculture Journal IJOEAR. – 2021. – №7. – P. 69–81.
132. Abbas A. *Trichoderma* spp. as antagonist of *Rhizoctonia solani* //J Plant Pathol Microbiol. – 2017. – Т. 8. – №. 3. – С. 1–9.
133. Afanasenko O. S. Problems to create grades of agricultural crops with long stability to diseases //Zashchita i Karantin Rastenii. – 2010. – №. 3. – С. 4–9.
134. Afanasenko O. S. Mapping of the loci controlling the resistance to *Pyrenophora teres* f. *teres* and *Cochliobolus sativus* in two double haploid barley populations //Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2015. – Т. 5. – №. 3. – С. 242–253.

135. Afanasenko O. New and potentially dangerous diseases of grain crops in Russia / O. Afanasenko, L. Mikhailova, N. Mironenko, A. Anisimova, N. Kovalenko, O. Baranova, K. Novozhilov // Plant Protection Bulletin. – 2011. – №. 4. – P. 3–18.

136. Afanasenko O., Novozhilov K. Problems of the rational use of genetic resources of plant resistance to diseases // Ecological genetics. – 2009. – 7 (2). P. 38–43.

137. Afanasenko O. Development of an international standard set of barley differential genotypes for *Pyrenophora teres* f. *teres* / O. Afanasenko, M. Jalli, H. Pinnschmidt, O. Filatova, G. Platz // The plant pathology journal. – 2009. – 58 (4). – P. 665–676.

138. Afanasenko O. Validation of molecular markers of barley net blotch resistance loci on chromosome 3h for marker-assisted selection / O. Afanasenko, I. Rozanova, A. Gofman, N. Lashina, F. Novakazi, N. Mironenko, A. Zubkovich // Agriculture. – 2022. – T. 12. – №. 4. – C. 439.

139. Akhavan A. Virulence of *Pyrenophora teres* populations in western Canada // Canadian Journal of Plant Pathology. – 2017. – T. 38. – №. 2. – C. 183–196.

140. Amezrou R. Genome-wide association studies of net form of net blotch resistance at seedling and adult plant stages in spring barley collection. / R. Amezrou, R. Verma, S. Chao, R. Brueggeman, L. Belqadi, M. Arbaoui, S. Gyawali // Molecular breeding. – 2008. – 38 (5). – P. 58.

141. Asaturova A. Efficacy of new local bacterial agents against *Pyrenophora tritici-repentis* in Kuban Region, Russia / A. Asaturova, N. Zhevnova, N. Tomashevich, M. Pavlova, O. Kremneva, G. Volkova, N. Sidorov // Agronomy. – 2022. – T. 12. – №. 2. – C. 373.

142. Asaturova A. M. Evaluation of *Bacillus velezensis* Biocontrol Potential against Fusarium Fungi on Winter Wheat / A. M. Asaturova, N. A. Zhevnova, N. S. Tomashevich, T. M. Sidorova, A. I. Homyak, V. M. Dubyaga, B. S. Tupertsev // Agronomy. – 2022. – T. 12. – №. 8. – C. 1956.

143. Backes A. Biological agent modulates the physiology of barley infected with *Drechslera teres* / A. Backes, N. Vaillant-Gaveau, Q. Esmaeel // *Frontiers in plant science*. – 2021. – T. 12. – C. 614951.

144. Baturo-Ciesniewska A. Diversity in the Polish isolates of *Drechslera teres* in spring barley as determined through morphological features, mating types, reaction to control agents and RAPD markers / Baturo-Ciesniewska A., Grabowski A., Pańka A. // *The plant pathology journal*. – 2012. – 94 (2). – P. 339–351.

145. Baybakova E. V. et al. The efficiency of cyproconazole and fludioxonil for plant protection against the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea* / E. V. Baybakova, E. E. Nefed'eva, M. N. Belitskaya, I. R. Gribust, V. F. Zheltobriukhov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2019. – T. 315. – №. 7. – P. 072037.

146. Ben Alaya A. *Pyrenophora teres* growth and severity of net blotch on barley under salt stress / A. Ben Alaya, F. Rabhi, K. Hessini, N. Djébali // *European Journal of Plant Pathology*. – 2021. – №. 161(3). – P. 709–722.

147. Berman M., Triki A. R., Blaschko M. B. The lovasz-softmax loss: A tractable surrogate for the optimization of the intersection-over-union measure in neural networks // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. – 2018. – C. 4413–4421.

148. Bingham I. J. Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease / I. J. Bingham, D.R. Walters, M.J. Foulkes, N.D. Paveley // *Annals of Applied Biology*. – 2009. – №. 154(2). – P. 59–173.

149. Borg J. Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures: A meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps / J. Borg, L. Kiær, C. Lecarpentier, I. Goldringer, A. Gauffreteau, S. Saint-Jean, J. Enjalbert // *Field Crops Research*. – 2018. – №. 221. – P. 298–313.

150. Bouhouch Y. Detection of Both *Pyrenophora teres* f. *teres* and f. *maculata* in Asymptomatic Barley Leaves Using Digital Droplet PCR (ddPCR) / Y. Bouhouc, D. Aggad, N. Richet, S. Rehman, M. Al-Jaboobi, Z. Kehel, L. Sanchez // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – T. 25. – №. 22. – C. 11980.
151. Buchannon K.W., McDonald W.C. Sources of resistance in barley to *Pyrenophora teres* / Canadian Journal of Plant Science. – 1965. – №. 45. – P. 189–193.
152. Chen S. An approach for rice bacterial leaf streak disease segmentation and disease severity estimation / S. Chen, K. Zhang, Y. Zhao, Y. Sun, W. Ban, Y. Chen, T. Yang // Agriculture. – 2021. – T. 11. – №. 5. – P. 420.
153. Chin K. M. Characterizing resistance risk of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* to strobilurins / K. M. Chin, D. Chavaillaz, M. Kaesbohrer, T. Staub, F. G. Felsenstein // Crop Protection. – 2001. – T. 20. – №. 2. – P. 87–96.
154. Clare S. J. Research advances in the *Pyrenophora teres* – barley interaction / S. J. Clare, N. A. Wyatt, R. S. Brueggeman, T. L. Friesen // Molecular Plant Pathology. – 2020. – T. 21. – №. 2. – P. 272–288.
155. Creissen H.E. Stabilization of yield in plant genotype mixtures through compensation rather than complementation / H. E. Creissen, T.H. Jorgensen, J.K. Brown // Annals of botany. – 2013. – № 112(7). – P. 1439–1447.
156. Creissen H. E. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes / H.E. Creissen, T.H. Jorgensen, J.K. Brown // Crop Protection. – 2016. – № 85. – P. 1–8.
157. Daba Sintayehu D. Genome-wide association studies and candidate gene identification for leaf scald and net blotch in barley (*Hordeum vulgare* L.) / Daba, Sintayehu D., Richard Horsley, Robert Brueggeman, Shiaoman Chao, and Mohsen Mohammadi // Plant disease. – 2019. – № 103.5. – C. 880–889.
158. DeChant C. Auto-mated Identification of Northern leaf blight-infected maize plants from field imagery using deep learning / C. DeChant, T. Wiesner-Hanks, S.

Chen, E. L. Stewart, J. Yosinski, M. A. Gore, H. Lipson // *Phytopathology*. – 2017. – №107. – P. 1426–1432.

159. Dinglasan E. Genetic characterization of resistance to *Pyrenophora teres f. teres* in the international barley differential Canadian lake shore // *Frontiers in plant science*. – 2019. – T. 10. – P. 326.

160. Deising H.B. Mechanisms and significance of fungicide resistance / H.B. Deising, S. Reimann, S.F. Pascholati // *Brazilian Journal of Microbiology*. – 2008. – №39. – P. 286–295.

161. Ebadollahi A. Fumigant toxicity and repellent effect of seed essential oil of celery against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* F // *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. – 2018. – T. 21. – №. 1. – P. 146–154.

162. Ellis R. P. Wild barley: a source of genes for crop improvement in the 21st century? / B. P. Forster, D. Robinson, L. L. Handley, D. C. Gordon, J. R. Russell, W. Powell // *Journal of experimental botany*. – 2000. – T. 51. – №. 342. – P. 9–17.

163. Ellwood S. R. Genetic variation of *Pyrenophora teres f. teres* isolates in Western Australia and emergence of a Cyp51A fungicide resistance mutation / S. R. Ellwood, V. Piscetek, W. J. Mair, J. A. Lawrence, F. J. Lopez-Ruiz, C. Rawlinson // *Plant Pathology*. – 2019. – T. 68. – №. 1. – P. 135–142.

164. Ellwood S. R. A first genome assembly of the barley fungal pathogen *Pyrenophora teres f. teres* // *Genome biology*. – 2010. – T. 11. – №. 11. – P. 109.

165. Feng Y. Kinetics and new mechanism of azoxystrobin biodegradation by an *Ochrobactrum anthropi* strain SH14 / W. Zhang, S. Pang, Z. Lin, Y. Zhang, Y. Huang, S. Chen // *Microorganisms*. – 2020. – T. 8. – №. 5. – P. 625.

166. Finckh M.R. Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture. In *Sustainable disease management in a European context*. – 2008. – № 121. – P. 399–409.

167. Finckh M. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance / M. Finckh, E. Gacek, H. Goyeau, C. Lannou, U. Merz, C. Mundt, M. Wolfe // *Agronomie*. – 2000. – № 20(7). – P. 813–837.

168. Fowler R. Pathogenic variation of *Pyrenophora teres f. teres* in Australia / R. Fowler, G. Platz, K. Bell // *Australasian Plant Pathology*. – 2017. 46 (2). – P. 115–128.

169. Fuentes A. F. High-performance deep neural network-based tomato plant diseases and pests diagnosis system with refinement filter bank / A. F. Fuentes, S. Yoon, J. Lee, D. S. Park // *Frontiers in plant science*. – 2018. – T. 9. – P. 1162.

170. Gamba F. Continuous variation and specific interactions in the *Pyrenophora teres f. teres*–barley pathosystem in Uruguay / F. Gamba, A. Sisic, M. Finckh // *Journal of Plant Diseases and Protection*. – 2020. – P. 1–9.

171. Ghazvini H., Tekauz A. Virulence Diversity in the Population of *Bipolaris sorokiniana* / H. Ghazvini // *Plant Disease*. – 2007. – № 7. – P. 814–821.

172. Guo H. Virulence and molecular diversity in the *Cochliobolus sativus* population causing barley spot blotch in China // *Plant disease*. – 2019. – T. 103. – №. 9. – P. 2252–2262.

173. He H.M. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture / H.M. He, L.N. Liu, S. Munir, N.H. Bashir, W.A. Yi, N.G., Jing, C.Y. LI. // *Journal of Integrative Agriculture*. – 2019. – № 8(9) – P. 1945–1952.

174. Hafez Y. M. Morpho-physiological and biochemical responses of barley plants (*Hordeum vulgare* L.) against barley net blotch disease with application of non-traditional compounds and fungicides / Y. M. Hafez, K. A. Abdelaal, M. E. Eid, F. F. Mehiair // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. – 2016. – № 2– P. 261–268.

175. Hafez Y. Management of barley net blotch using *Trichoderma asperellum* (T34), eugenol, non-traditional compounds and fungicides // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. – 2019. – T. 29. – №. 1. – P. 1–12.

176. Hendawey M. H. Implication of phenolic compounds and amino acids in tolerance against net blotch disease in barley (*Hordeum vulgare* L.) / M. H. Hendawey, M. M. Gharib, T. A. Marei, A. S. Mohammed // Glob. J. Biotechnol. Biochem. – 2014. – T. 9. – C. 105–129.

177. Hodgson L. M. Field-scale gene flow of fungicide resistance in *Pyrenophora teres* f. *teres* and the effect of selection pressure on the population structure / F. J. Lopez-Ruiz, M. R. Gibberd, G. J. Thomas, A. Zerihun // Phytopathology – 2025. – T. 115. – №. 1. – C. 85–96.

178. Jalli M. and Robinson J. Stable resistance in barley to *Pyrenophora teres* f. *teres* isolates from the Nordic-Baltic region after increase on standard host genotypes //Euphytica. – 2000. – T. 113. – C. 71–77.

179. Jayasena K. W. Evaluation of fungicides in control of spot-type net blotch on barley / K. W. Jayasena, R. Loughman, J. Majewski //Crop Protection. – 2002. – T. 21. – №. 1. – C. 63–69.

180. Jensen B. Clonostachys rosea reduces spot blotch in barley by inhibiting prepenetration growth and sporulation of *Bipolaris sorokiniana* without inducing resistance / B. Jensen, P. S. Lubeck, H. J. L. Jorgensen //Pest management science. – 2016. – T. 72. – №. 12. – P. 2231–2239.

181. Zadoks J.C. A decimal code for the growth stages of cereals / J.C. Zadoks, T.T. Chang, C.F. Konzak // Weed Res. – 1974. –14. – P.415–421.

182. Zhan J. The global genetic structure of the wheat pathogen *Mycosphaerella graminicola* is characterized by high nuclear diversity, low mitochondrial diversity, regular recombination, and gene flow / J. Zhan, R. E. Pettway, B. A. McDonald // Fungal Genetics and Biology. – 2003. – T. 38. – №. 3. – C. 286–297.

183. Zhang S. Leaf image based cucumber disease recognition using sparse representation classification / S. Zhang, X. Wu, Z. You, L. Zhang // Computers and electronics in agriculture. – 2017. – T. 134. – C. 135–141.

184. Queiros L. Recommended rates of azoxystrobin and tebuconazole seem to be environmentally safe but ineffective against target fungi / L. Queiros, N. Aguiar, P. Pereira, F. J. Goncalves, A. Alves, J. L. Pereira // *Ecotoxicology*. – 2023. – C. 1–12.
185. Kang Z. Differential sensitivity among *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* isolates to propiconazole and pyraclostrobin fungicides // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2019. – T. 41. – №. 3. – C. 415–434.
186. Khan T. N., Boyd W. J. R. Physiologic specialization in *Drechslera teres* // *Australian Journal of Biological Sciences*. – 1969. – T. 22. – №. 5. – C. 1229–1236.
187. Kirai Z. Phytopathology methods / Z. Kirai, Z. Clement, F. Shoimoshi // *Kolos*. Moscow. – 1970. – P.201–203.
188. Knight N. Workflows for detecting fungicide resistance in net form and spot form net blotch pathogens / N. L. Knight, K. C. Adhikari, K. N. Dodhia, W. J. Mair, F. J. Lopez-Ruiz // *Pest Management Science*. – 2023. – P. 7951.
189. Kolesnikov L. E. The effectiveness of biopreparations in soft wheat cultivation and the quality assessment of the grain by the digital x-ray imaging / L.E. Kolesnikov, I.I. Novikova, E.V. Popova, N.S. Priyatkin, E.V. Zuev, Yu.R. Kolesnikova, M.D. Solodyannikov // *Agronomy Research*. – 2020. – №18(4). – P. 2436–2448.
190. Konig J. Development of an efficient method for assessing resistance to the net type of net blotch (*Pyrenophora teres* f. *teres*) in winter barley and mapping of quantitative trait loci for resistance // *Molecular breeding*. – 2013. – T. 32. – №. 3. – P. 641–650.
191. Kosiada T. Influence of temperature and daylight length on barley infection by *Pyrenophora teres* // *Journal of Plant Protection Research*. – 2008. – №. 48(1). – P. 9–15.
192. Lammari H. I. Sensitivity of the *Pyrenophora teres* population in Algeria to Quinone outside inhibitors, succinate dehydrogenase inhibitors and demethylation

inhibitors / H. I. Lammari, A. Rehfus, G. Stammer, H. Benslimane // The Plant Pathology Journal. – 2020. – T. 36. – №. 3. – P. 218.

193. Levitin M. M., Mironenko N. V. Structure and Areas of Populations of Phytopathogenic // Fungi. – 2016. – P. 216–225.

194. Levitin M. Population research of fungi – causes of diseases of cereal crops. Plant Protection News. – 2019. – №. 4. – P. 5–16.

195. Lightfoot D. J., Able A. J. Growth of *Pyrenophora teres* in planta during barley net blotch disease // Australasian Plant Pathology. – 2010. – T. 39. – №. 6. – P. 499–507.

196. Lin K. Deep learning-based segmentation and quantification of cucumber powdery mildew using convolutional neural network / K. Lin, L. Gong, Y. Huang, C. Liu, J. Pan // Frontiers in plant science. – 2019. – T. 10. – P. 155.

197. Linde C. C. Host specialisation and disparate evolution of *Pyrenophora teres f. teres* on barley and barley grass / C.C. Linde, L.M. Smith // BMC evolutionary biology. – 2019. – №. 19 (1). – P. 139.

198. Liu Z. *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen / Z. Liu, S. Ellwood, R. Oliver, T. Friesen // Molecular Plant Pathology. – 2011. – №. 12(1). – P.1–19.

199. Liu Z. H. Virulence profile and genetic structure of a North Dakota population of *Pyrenophora teres f. teres*, the causal agent of net form net blotch of barley // Phytopathology. – 2012. – T. 102. – №. 5. – P. 539–546.

200. Lucas J. A. The evolution of fungicide resistance / J. A. Lucas, N. J. Hawkins B. A. Fraaije // Advances in applied microbiology. – 2015. – T. 90. – P. 29–92.

201. Lukyanova M.V. New sources and donors for barley breeding / Byulleten Vsesoyuznogo Nauchno Issledovatel'skogo Instituta Rasteniyevodstva imeni N.I. Vavilova. – 1990. – №.201. – P. 26–30.

202. Mair W. J. Demethylase inhibitor fungicide resistance in *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* associated with target site modification and inducible overexpression of Cyp51 // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – №. 7. – P. 1279.

203. Mair W. J. Parallel evolution of multiple mechanisms for demethylase inhibitor fungicide resistance in the barley pathogen *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata* / W. J. Mair, G. J. Thomas, K. Dodhia, A. L. Hills, K. W. Jayasena, S. R. Ellwood, F. J. Lopez-Ruiz // *Fungal Genetics and Biology*. – 2020. – T. 145. – P. 103475.

204. Mair W. J. Emergence of resistance to succinate dehydrogenase inhibitor fungicides in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* in Australia / W. J. Mair, H. Wallwork, T. A. Garrard, J. Haywood, N. Sharma, K.N. Dodhia, F. J. Lopez-Ruiz // *BioRxiv*. – 2023. – P. 2023.04. 23.537974.

205. Martin R. A., Clough K. S. Relationship of airborne spore load of *Pyrenophora teres* and weather variables to net blotch development on barley / *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 1984. – № 6(2). – P. 105–110.

206. Mathre D. E. Compendium of barley diseases. – St. Paul, MN: APS press, 1997. – P. 10–12.

207. Matny O. *Hordeum jubatum*: An alternative host for fungal pathogens attacking cultivated barley / O. Matny, M. Miller, B. J. Steffenson // *Plant Disease*. – 2025. – №. 10. – P. ja.

208. Matsuzaki Y. Antifungal activity of metyltetraprole against the existing QoI-resistant isolates of various plant pathogenic fungi: Metyl tetraprole against QoI-R isolates / Y. Matsuzaki, S. Kiguchi, H. Suemoto, F. Iwahashi // *Pest management science*. – 2020. – T. 76. – №. 5. – P. 1743–1750.

209. McLean M. S. Spot form of net blotch, caused by *Pyrenophora teres* f. *maculata*, is the most prevalent foliar disease of barley in Victoria, Australia / M. S. McLean, B. J. Howlett, G. J. Hollaway // *Australasian Plant Pathology*. – 2010. – T. 39. – №. 1. – P. 46–49.

210. McLean M. S., Hollaway G. J. Control of net form of net blotch in barley from seed-and foliar-applied fungicides //Crop and Pasture Science. – 2019. – T. 70. – №. 1. – P. 55–60.

211. Mezaache-Aichour S. Resistance of Telluric Fungi to Chemical Fungicides //Owner & Publisher. – 2018. – №. 2(2). – P. 70–78.

212. Mikhailova L. Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis* populations with regard to virulence / L. Mikhailova, I. Ternuk, N. Mironenko // Mycology and Phytopathology. – 2010. – 44 (3). – P. 262–272.

213. Mironenko N. Intraspecific genetic diversity of *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (*Drechslera tritici-repentis* [Died.] Shoem.) detected by random amplified polymorphic DNA assays / N. Mironenko, E. Timopheeva, L. Mikhailova, D. Kopahnke, I. Kramer, F. Ordon // Archives of Phytopathology and Plant Protection. – 2007. – T. 40. – №. 6. – C. 431–440.

214. Muria-Gonzalez M. Profile of the in vitro secretome of the barley net blotch fungus, *Pyrenophora teres f. teres* / M. Muria-Gonzalez, K. Zulak, E. Allegaert, R. Oliver, S. Ellwood // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2020. – №.109. – P. 14–51.

215. Nazarov P. A. Infectious plant diseases: Etiology, current status, problems and prospects in plant protection / P. A. Nazarov, D. N. Baleev, M. I. Ivanova, L. M. Sokolova, M. V. Karakozova //Acta naturae. – 2020. – T. 12. – №. 3. – P. 46.

216. Newton A. C. Soil tillage effects on the efficacy of cultivars and their mixtures in winter barley / A. C. Newton, D. C. Guy, A. G. Bengough, D. C. Gordon, B. M. McKenzie, B. Sun, P. D. Hallett // Field Crops Research. – 2012. – T. 128. – P. 91–100.

217. Ngalimat M.S. A Review on the Biotechnological Applications of the Operational Group *Bacillus amyloliquefaciens* / M.S. Ngalimat, R.S.R. Yahaya, M.M.A.

Baharudin, S.M. Yaminudin, M. Karim, S.A. Ahmad, S. Sabri // Microorganisms. – 2021. – №. 9. – P. 614.

218. Novakazi F. Identification of QTL for resistance against two fungal pathogens, *Pyrenophora teres f. teres* and *Bipolaris sorokiniana*, in a barley (*Hordeum vulgare* L.) Monograph. – 2020. – P. 138.

219. Oguz A., Karakaya A. *Pyrenophora teres* de patojenik varyasyon // Mustafa Kemal Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi. – 2015. – №. 20 (2). – P. 83–102.

220. Pakhratdinova Zh. Morphological and cultural characteristics of *Pyrenophora teres* isolates isolated from the Kazakhstan and Omsk populations of the fungus University / Zh. Pakhratdinova, N. Amirkhanova, A. Rsaliev // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian. – 2017. – №. 52 (1). – P. 55–65.

221. Paveley N. D. Predicting effective fungicide doses through observation of leaf emergence / N. D. Paveley, D. Lockley, T. B. Vaughan, J. Thomas, K. Schmidt // Plant Pathology. – 2000. – T. 49. – №. 6. – C. 748–766.

222. Paul O. *In vitro* activities of *Maesa lanceolata* extracts against fungal plant pathogens / O. Okemo Paul, Harsh Pal Bais, Jorge M. Vivanco // Fitoterapia. – 2003. – № 74(3). – P. 312–316.

223. Picon A. Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild / A. Picon, A. Alvarez-Gila, M. Seitz, A. Ortiz-Barredo, J. Echazarra, A. Johannes // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – №161. P. 280–290.

224. Poudel B. Rare *Pyrenophora teres* hybridization events revealed by development of sequence-specific PCR markers / B. Poudel, S. Ellwood, A. Testa, M. McLean, M. W. Sutherland, A. Martin // Phytopathology. – 2017. – 107 (7). – P. 878–884.

225. Putsepp R. Fungicide sensitivity profile of *Pyrenophora teres* f. *teres* in field population / R. Putsepp, A. Mae, L. Pollumaa, L. Andresen, R. Kiiker // Journal of Fungi. – 2024. – T. 10. – №. 4. – C. 260.
226. Richards J. Fine mapping of the barley chromosome 6H net form net blotch susceptibility locus / J. Richards, S. Chao, T. Friesen, R. Brueggeman // G3: Genes, Genomes, Genetics. – 2016. – T. 6. – №. 7. – C. 1809-1818.
227. Ronen M. Characterization of the Barley Net Blotch Pathosystem at the Center of Origin of Host and Pathogen / M. Ronen, H. Sela, E. Fridman, R. Perl-Treves // Pathogens. – 2019. – №. 8 (4). – P. 275.
228. Rozanova I. V. SNPs associated with barley resistance to isolates of *Pyrenophora teres* f. *teres* // BMC genomics. – 2019. – T. 20. – №. 3. – P. 1–10.
229. Saltini A. I semi della civiltà // Frumento, riso e mais nella storia delle società umane. – 1996. – P. 182–188.
230. Rollins J. A. Variation at the vernalisation genes *Vrn-H1* and *Vrn-H2* determines growth and yield stability in barley (*Hordeum vulgare*) grown under dryland conditions in Syria / J. A. Rollins, B. Drosse, M. A. Mulki, S. Grando, M. Baum, M. Singh, M. Von Korff // Theoretical and Applied Genetics. – 2013. – T. 126. – P. 2803–2824.
231. Saleem R. Mango Leaf Disease Identification Using Fully Resolution Convolutional Network / R. Saleem, J. H. Shah, M. Sharif, G. J. Ansari // Computers, Materials & Continua. – 2021. – T. 69. – №. 3. – P. 3581–3601.
232. Sarpeleh A. H. Initial characterisation of phytotoxic proteins isolated from *Pyrenophora teres* / A. H. Sarpeleh, M. E. Wallwork, D. E. Tate, A. Catcheside, J. Able // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2008. – №. 72(1-3). – P. 73–79.
233. Sautua F. J., Carmona M. A. SDHI resistance in *Pyrenophora teres* f. *teres* and molecular detection of novel double mutations in *sdh* genes conferring high resistance // Pest Management Science. – 2023. – № 79(9). – P. 3300–3311.

234. Serenius M. Genetic differentiation in *Pyrenophora teres* populations measured with AFLP markers / M. Serenius, O. Manninen, H. Wallwork, K. Williams // Mycological Research. – 2007. – №.111 (2). – P. 213–223.
235. Schafer J.F. Tolerance to plant disease. Annual review of phytopathology. – 1971. – №. 9(1). – P. 235–252.
236. Sheshegova T., Shchennikova I. Sources of resistance of barley to helminthosporous diseases and their use in the fants of the North-East // Bulletin of the NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). – 2020. – №.2. – P. 76–83.
237. Shpanev A. M., Denisyuk E. S. Efficiency of Microbial Preparations Based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* for the Protection of Spring Barley from Diseases in Northwestern Russia // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2020. – T. 56. – №. 9. – P. 930–939.
238. Stetkiewicz S. An interdisciplinary method for assessing IPM potential: case study in Scottish spring barley / S. Stetkiewicz, A. Bruce, F. J. Burnett, R. A. Ennos, C. F. Topp // CABI Agriculture and Bioscience. – 2022. – T. 3. – №. 1. – P. 23.
239. Suemoto H. Metyltetraprole, a novel putative complex III inhibitor, targets known QoI-resistant strains of *Zymoseptoria tritici* and *Pyrenophora teres*/ H. Suemoto, Y. Matsuzaki, F. Iwahashi // Pest management science. – 2019. – T. 75. – №. 4. – P. 1181–1189.
240. Tamura K. MEGA4: molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0 / K. Tamura, J. Dudley, M. Nei, S. Kumar // Molecular biology and evolution. – 2007. – T. 24. – №. 8. – P. 1596–1599.
241. Tekauz A., Mills J. T. New types of virulence in *Pyrenophora teres* in Canada // Canadian Journal of Plant Science. – 1974. – T. 54. – №. 4. – P. 731–734.
242. Tekauz A. A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres* // Canad. J. Plant Pathol. – 1985. – №.7. – P. 181–183.

243. Tomic A. Trkulja, V., Matic, S., Trkulja, N., Ilicic, R., Scortichini, M., & Popovic Milovanovic, T. Net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler): An increasingly significant threat to barley production / A. Tomic, V. Trkulja, S. Matic, N. Trkulja, R. Ilicic, M. Scortichini, T. Popovic Milovanovic // Plant Protection Science. – 2024. – T. 60. – №. 1. – P. 1–30.

244. Tini F. Management of *Pyrenophora teres* f. *teres*, the causal agent of net form net blotch of barley in a two-year field experiment in central Italy / F. Tini, L. Covarelli, G. Ricci, E. Balducci, M. Orfei, G. Beccari // Pathogens. – 2022. – №11(3). – P. 291.

245. Tratwal A., Bocianowski J. Cultivar mixtures as part of integrated protection of spring barley // Journal of Plant Diseases and Protection. – 2018. – T. 125. – P. 41–50.

246. Turo C. Species hybridisation and clonal expansion as a new fungicide resistance evolutionary mechanism in *Pyrenophora teres* spp. / C. Turo, W. Mair, A. Martin, S. Ellwood, R. Oliver, F. Lopez-Ruiz // BioRxiv. – 2021. – P. 2021.07.30.454422.

247. Vasighzadeh A. Infection experiments of *Pyrenophora teres* f. *maculata* on cultivated and wild barley indicate absence of host specificity / A. Vasighzadeh, B. Sharifnabi, M. Javan-Nikkhah, E. H. Stukenbrock // European Journal of Plant Pathology. – 2022. – T. 163. – №. 3. – P. 749–759.

248. Vidal T. Reduction of fungal disease spread in cultivar mixtures: Impact of canopy architecture on rain-splash dispersal and on crop microclimate / T. Vidal, A. Boixel, B. Durand, C. de Vallavieille-Pope, L. Huber, S. Saint-Jean // Agricultural and Forest Meteorology. – 2017. – №. 246. – P. 154–161.

249. Volkova G. The use of varietal mixed crops in the protection of winter wheat from leaf rust / G. Volkova, O. Kudinova, O. Vaganova // Agriculture. – 2020. – №.5. – P. 38–40.

250. Volkova G. Study of the influence of barley varieties with different resistance to barley net blotch on the change in the structure of the hemibiotrophic pathogen population by morphological and cultural characteristics and virulence / G. Volkova, Y. Yakhnik, A. Smirnova, E. Klychnikov / XI International Scientific and Practical Conference «Biological Plant Protection is the Basis of Agroecosystems Stabilization» // 2020. – №. 21. – P. 00030.

251. Volkova G., Yakhnik Y. *Pyrenophora teres*: Population structure, virulence and aggressiveness in Southern Russia // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2022. – №29 (10). – P.103401.

252. Wallwork H. Pathogen diversity and screening for minor gene resistance to *Pyrenophora teres f. teres* in barley and its use for plant breeding / H. Wallwork, M. Butt, E. Capio // Australasian Plant Pathology. – 2016. – №. 45 (5). – P. 527–531.

253. Walters D. R. Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach // European Journal of Plant Pathology. – 2012. – Т. 133. – №. 1. – P. 33–73.

254. Wei X. Синергетическое действие коммерчески доступных фунгицидов для защиты пшеницы от корневой гнили, вызываемой *Bipolaris sorokiniana* в Китае // Болезни растений. – 2020. – №.3. – P. 68–75.

255. Wuest S.E. Ecological and evolutionary approaches to improving crop variety mixtures / S.E. Wuest, R. Peter, P.A. Niklaus // Nature Ecology and Evolution. – 2021. – №5 (8). – P.1068–1077.

256. Wonneberger R. Mapping of quantitative trait loci associated with resistance to net form net blotch (*Pyrenophora teres f. teres*) in a doubled haploid Norwegian barley population / R. Wonneberger, A. Ficke, M. Lillemo // PloS one. – 2017. – №.12 (4). – P. 168–173.

257. Yakhnik Y. Cultivar Mixtures as Part of Integrated Protection of Winter Barley from Leaf Diseases and Abiotic Stresses / Y. Yakhnik, G. Volkova, A. Danilova, K. Kutumov // Advancements in Life Sciences. – 2024. – Т. 11. – №. 4. – P. 904–911.

258. Yumurtaci A. Utilization of wild relatives of wheat, barley, maize and oat in developing abiotic and biotic stress tolerant new varieties //Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2015. – P. 1–23.

259. ООО «Агροстандарт». Селекция и семеноводство зерновых культур. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrostd.com/ozimyj-yachmen/> (дата обращения 12.04.2023)

260. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/> (дата обращения 10.04.2023).

261. Рагулин В. Фунгициды – производные триазола. АгроXXI. Агропромышленный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/stati/fungicidy-proizvodnye-triazola.html> (дата обращения: 23.07.2022).

262. ФГБУ Российский сельскохозяйственный центр [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhocenter.ru/> (дата обращения 8.04.2024).

263. ФГБУ ЦЕНТР АГРОАНАЛИТИКИ [Электронный ресурс]. URL: <https://specagro.ru/news/202002/polozhenie-del-v-apk-krasnodarskogo-kрая-za-2019-god-po-napravleniyu-rasteniievodstvo> (дата обращения 3.02.2021).

264. Федеральная служба государственной статистики/Бюллетени о состоянии сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: [http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения 20.12.2020).

265. Федеральная служба государственной статистики / Бюллетень «Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2023 году [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 13.01.2024).

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение А. Иммунологическая оценка высеваемых на юге России сортов  
ячменя озимого относительно сетчатой пятнистости листьев,  
ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019–2021 гг.

| Сорт      | Года исследования                                                     |          |          |                                                               |          |          |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------|----------|----------|
|           | 2019 год                                                              | 2020 год | 2021 год | 2019 год                                                      | 2020 год | 2021 год |
|           | Развитие сетчатой пятнистости<br>листьев в фазу взрослого растения, % |          |          | Развитие сетчатой пятнистости<br>листьев в фазу всходов, балл |          |          |
| Агродеум  | 25,0±2,0                                                              | 15,0±2,3 | 30,0±2,3 | 7,0±0,8                                                       | 8,0±1,2  | 7,0±0,8  |
| Амиго     | 45,0±4,0                                                              | 35,0±4,0 | 50,0±4,0 | 7,3±0,4                                                       | 8,0±1,4  | 7,3±0,4  |
| АС-18     | 20,0±4,7                                                              | 20,0±2,3 | 30,0±6,2 | 9,0±0,8                                                       | 10,0±0,8 | 9,0±0,8  |
| Версаль   | 10,0±2,0                                                              | 15,0±2,0 | 25,0±2,3 | 4,3±0,4                                                       | 4,3±0,4  | 5,3±0,4  |
| Гордей    | 45,0±4,0                                                              | 30,0±6,2 | 45,0±4,7 | 3,7±0,4                                                       | 3,0±0,0  | 2,7±0,4  |
| Иосиф     | 15,0±2,3                                                              | 15,0±2,3 | 30,0±4,0 | 7,7±0,4                                                       | 8,0±1,2  | 7,3±0,4  |
| Каррера   | 40,0±4,0                                                              | 30,0±4,0 | 45,0±4,0 | 5,3±0,4                                                       | 5,7±0,4  | 6,0±0,8  |
| Кондрат   | 35,0±2,3                                                              | 30,0±2,3 | 50,0±6,2 | 5,0±0,8                                                       | 6,0±0,8  | 6,0±0,8  |
| Кубагро-1 | 40,0±2,3                                                              | 40,0±4,0 | 45,0±4,0 | 7,3±0,4                                                       | 8,0±0,8  | 8,3±0,4  |
| Лазарь    | 55,0±6,2                                                              | 30,0±4,7 | 60,0±8,5 | 4,0±0,4                                                       | 5,7±0,4  | 5,3±0,4  |
| Лайс      | 35,0±2,3                                                              | 35,0±6,2 | 40,0±2,3 | 7,3±0,4                                                       | 7,3±0,4  | 8,0±0,0  |
| Мадар     | 45,0±4,0                                                              | 30,0±4,0 | 45,0±4,7 | 5,0±0,8                                                       | 4,3±0,4  | 4,3±0,4  |
| Мастер    | 25,0±2,3                                                              | 10,0±2,3 | 25,0±2,3 | 5,7±0,4                                                       | 4,0±0,8  | 6,7±0,4  |
| Паттерн   | 15,0±2,3                                                              | 20,0±4,7 | 30,0±4,0 | 3,7±0,4                                                       | 2,3±0,4  | 3,0±0,8  |
| Рандеву   | 35,0±4,0                                                              | 35,0±4,0 | 45,0±4,0 | 8,0±0,8                                                       | 7,0±0,8  | 8,0±0,8  |
| Романс    | 65,0±6,2                                                              | 50,0±2,3 | 70,0±6,2 | 9,3±0,4                                                       | 10,0±0,9 | 9,7±0,4  |
| Рубеж     | 50,0±2,3                                                              | 35,0±6,2 | 70,0±7,0 | 7,0±0,8                                                       | 7,0±0,8  | 8,0±0,8  |
| Сармат    | 10,0±2,3                                                              | 25,0±2,3 | 25,0±2,0 | 2,0±0,0                                                       | 3,3±0,4  | 2,0±0,0  |
| Спринтер  | 40,0±6,2                                                              | 30,0±4,0 | 45,0±4,7 | 4,3±0,4                                                       | 5,7±0,4  | 6,0±0,8  |
| Тимофей   | 15,0±2,3                                                              | 10,0±2,3 | 15,0±2,3 | 2,3±0,4                                                       | 2,0±0,0  | 3,7±0,4  |

Приложение Б. Структура популяции *Pyrenophora teres* по вирулентности

Таблица Б. 1 – Развитие болезни сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2020 г.

| №<br>изоляция | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                             |                                              |                          |                              |                          |                                         |                                               |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
|               | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 + Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены устойчивости отсутствуют) |
| 1             | 0,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                         | 7,0                                          | 0,0                      | 5,0                          | 0,5                      | 0,5                                     | 7,0                                           |
| 2             | 6,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                         | 5,0                                          | 1,0                      | 5,5                          | 1,0                      | 5,0                                     | 6,0                                           |
| 3             | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,0                                         | 8,0                                          | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 0,5                                     | 6,5                                           |
| 4             | 5,0                                                                                                       | 0,5                   | 6,0                                         | 2,0                                          | 1,5                      | 6,0                          | 0,5                      | 5,0                                     | 5,0                                           |
| 5             | 0,5                                                                                                       | 1,0                   | 7,0                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,5                          | 1,0                      | 5,5                                     | 5,0                                           |
| 6             | 0,5                                                                                                       | 5,5                   | 0,5                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 1,0                                     | 5,0                                           |
| 7             | 6,0                                                                                                       | 6,0                   | 1,5                                         | 5,5                                          | 0,5                      | 5,0                          | 0,5                      | 1,0                                     | 5,5                                           |
| 8             | 5,0                                                                                                       | 6,5                   | 7,0                                         | 6,0                                          | 1,0                      | 5,5                          | 1,5                      | 1,5                                     | 5,5                                           |
| 9             | 5,5                                                                                                       | 0,5                   | 5,0                                         | 5,0                                          | 1,5                      | 6,0                          | 0,5                      | 7,0                                     | 6,0                                           |
| 10            | 0,5                                                                                                       | 5,0                   | 6,0                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,5                          | 1,0                      | 7,0                                     | 2,0                                           |
| 11            | 6,0                                                                                                       | 0,5                   | 1,5                                         | 5,5                                          | 1,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 1,0                                     | 2,5                                           |
| 12            | 5,5                                                                                                       | 6,0                   | 5,5                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,0                          | 0,5                      | 6,0                                     | 5,5                                           |
| 13            | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 6,5                                         | 7,0                                          | 0,5                      | 7,0                          | 0,5                      | 5,0                                     | 6,0                                           |
| 14            | 6,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                         | 5,0                                          | 1,0                      | 7,0                          | 1,0                      | 0,5                                     | 6,5                                           |
| 15            | 1,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                         | 1,5                                          | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,5                                     | 5,0                                           |
| 16            | 0,5                                                                                                       | 0,5                   | 5,0                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,5                          | 0,5                      | 1,0                                     | 5,0                                           |
| 17            | 6,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                         | 1,0                                          | 0,5                      | 6,0                          | 1,0                      | 7,0                                     | 5,0                                           |
| 18            | 5,5                                                                                                       | 5,5                   | 7,0                                         | 6,0                                          | 0,5                      | 6,0                          | 0,5                      | 6,0                                     | 6,5                                           |
| 19            | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                         | 1,5                                          | 1,0                      | 6,0                          | 1,0                      | 1,0                                     | 5,0                                           |
| 20            | 1,0                                                                                                       | 0,5                   | 5,5                                         | 6,0                                          | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 6,0                                     | 5,5                                           |
| 21            | 0,5                                                                                                       | 5,5                   | 0,5                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,0                                     | 5,0                                           |
| 22            | 6,0                                                                                                       | 6,0                   | 5,0                                         | 6,0                                          | 1,5                      | 5,5                          | 0,5                      | 5,0                                     | 7,0                                           |
| 23            | 5,5                                                                                                       | 7,0                   | 1,5                                         | 5,5                                          | 0,5                      | 7,0                          | 0,5                      | 0,5                                     | 5,0                                           |
| 24            | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                         | 5,0                                          | 0,5                      | 5,5                          | 1,0                      | 1,5                                     | 5,0                                           |
| 25            | 1,0                                                                                                       | 0,5                   | 0,5                                         | 1,0                                          | 1,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 1,0                                     | 5,0                                           |

Таблица Б. 2 – Расовый состав сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2020 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | №<br>расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|-----------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | с-8755 | CI 5791 | Harbin | с-20019 | Harrington |           |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 051       |
| 2            | B                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 553       |
| 3            | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 751       |
| 4            | B                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 513       |
| 5            | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 153       |
| 6            | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 251       |
| 7            | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 651       |
| 8            | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 751       |
| 9            | B                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 552       |
| 10           | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | A          | 350       |
| 11           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | A          | 450       |
| 12           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 753       |
| 13           | B                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 553       |
| 14           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 751       |
| 15           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 013       |
| 16           | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 151       |
| 17           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 413       |
| 18           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 753       |
| 19           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 411       |
| 20           | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 153       |

Таблица Б. 3 – Развитие болезни сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2021 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                              |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 + Pt25+<br/>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 2,5                   | 3,5                                              | 6,0                                          | 5,0                      | 6,5                          | 5,0                      | 5,5                                         | 7,5                                                 |
| 2            | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 4,0                          | 5,0                      | 2,5                                         | 5,5                                                 |
| 3            | 3,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                              | 2,5                                          | 4,0                      | 6,0                          | 3,0                      | 5,0                                         | 6,5                                                 |
| 4            | 1,5                                                                                                       | 3,5                   | 1,0                                              | 3,5                                          | 4,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 2,5                                         | 6,5                                                 |
| 5            | 1,0                                                                                                       | 2,0                   | 1,0                                              | 3,0                                          | 2,5                      | 5,0                          | 4,0                      | 1,5                                         | 7,0                                                 |
| 6            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                              | 4,0                                          | 3,5                      | 6,0                          | 3,0                      | 1,5                                         | 6,0                                                 |
| 7            | 1,5                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 2,0                                          | 2,0                      | 5,5                          | 4,0                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 8            | 1,0                                                                                                       | 5,0                   | 2,0                                              | 2,0                                          | 6,5                      | 5,0                          | 2,5                      | 1,0                                         | 5,5                                                 |
| 9            | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                              | 4,0                                          | 2,5                      | 5,0                          | 2,0                      | 1,5                                         | 7,0                                                 |
| 10           | 1,0                                                                                                       | 6,0                   | 1,5                                              | 3,0                                          | 4,0                      | 5,5                          | 3,0                      | 2,5                                         | 7,5                                                 |
| 11           | 6,5                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 5,5                                          | 5,5                      | 7,0                          | 5,0                      | 7,5                                         | 5,0                                                 |
| 12           | 2,0                                                                                                       | 5,0                   | 4,0                                              | 4,0                                          | 1,5                      | 7,5                          | 5,5                      | 5,0                                         | 7,5                                                 |
| 13           | 5,5                                                                                                       | 6,0                   | 3,5                                              | 5,5                                          | 5,5                      | 5,5                          | 4,0                      | 5,5                                         | 7,0                                                 |
| 14           | 1,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                              | 3,5                                          | 2,0                      | 3,0                          | 2,0                      | 4,0                                         | 3,5                                                 |
| 15           | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 0,5                                              | 3,0                                          | 1,0                      | 6,0                          | 1,0                      | 2,5                                         | 4,0                                                 |
| 16           | 2,0                                                                                                       | 1,0                   | 2,0                                              | 2,0                                          | 1,5                      | 4,5                          | 3,0                      | 4,0                                         | 5,5                                                 |
| 17           | 2,0                                                                                                       | 0,5                   | 1,0                                              | 1,0                                          | 5,5                      | 5,5                          | 3,0                      | 6,0                                         | 6,5                                                 |
| 18           | 3,0                                                                                                       | 2,0                   | 5,5                                              | 2,5                                          | 6,0                      | 3,0                          | 2,0                      | 5,5                                         | 6,5                                                 |
| 19           | 1,0                                                                                                       | 5,5                   | 7,0                                              | 6,5                                          | 1,5                      | 2,0                          | 3,5                      | 5,0                                         | 8,0                                                 |
| 20           | 3,0                                                                                                       | 1,0                   | 2,0                                              | 2,0                                          | 3,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 2,5                                         | 7,5                                                 |
| 21           | 3,0                                                                                                       | 4,0                   | 2,0                                              | 1,5                                          | 1,0                      | 6,0                          | 5,0                      | 4,0                                         | 7,0                                                 |
| 22           | 2,0                                                                                                       | 4,0                   | 3,0                                              | 5,5                                          | 1,0                      | 3,5                          | 2,5                      | 2,0                                         | 7,0                                                 |
| 23           | 1,0                                                                                                       | 2,0                   | 4,5                                              | 4,5                                          | 1,0                      | 5,0                          | 6,5                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 24           | 3,0                                                                                                       | 5,5                   | 2,0                                              | 6,5                                          | 0,0                      | 6,0                          | 5,5                      | 1,0                                         | 4,0                                                 |
| 25           | 4,5                                                                                                       | 3,0                   | 2,0                                              | 6,0                                          | 5,5                      | 5,5                          | 5,0                      | 6,0                                         | 6,0                                                 |

Таблица Б. 4 – Расовый состав сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2021 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | №<br>расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|-----------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | с-8755 | CI 5791 | Harbin | с-20019 | Harrington |           |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 077       |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 005       |
| 3            | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 313       |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 015       |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011       |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011       |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 013       |
| 8            | A                                                                      | B     | A       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 231       |
| 9            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 111       |
| 10           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 211       |
| 11           | B                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 477       |
| 12           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 217       |
| 13           | B                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 673       |
| 14           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | A          | 000       |
| 15           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | A          | 410       |
| 16           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 001       |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033       |
| 18           | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 123       |
| 19           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 243       |
| 20           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 015       |

Таблица Б. 5 – Развитие болезни сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2022 г.

| №<br>изоляция | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                              |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|               | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1             | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 3,0                                              | 5,5                                          | 1,0                      | 6,5                          | 7,5                      | 6,0                                         | 7,5                                                 |
| 2             | 2,0                                                                                                       | 3,0                   | 2,0                                              | 3,0                                          | 3,0                      | 5,0                          | 3,0                      | 1,0                                         | 8,0                                                 |
| 3             | 1,0                                                                                                       | 0,0                   | 3,0                                              | 1,0                                          | 5,5                      | 1,0                          | 5,5                      | 5,5                                         | 5,5                                                 |
| 4             | 0,0                                                                                                       | 2,0                   | 1,0                                              | 5,5                                          | 1,0                      | 2,0                          | 5,0                      | 6,5                                         | 7,0                                                 |
| 5             | 5,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,0                                              | 3,0                                          | 1,0                      | 1,0                          | 6,0                      | 6,5                                         | 5,0                                                 |
| 6             | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                              | 2,5                                          | 5,0                      | 5,5                          | 6,5                      | 4,5                                         | 6,5                                                 |
| 7             | 1,5                                                                                                       | 3,5                   | 2,0                                              | 5,0                                          | 0,0                      | 1,0                          | 7,0                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 8             | 2,0                                                                                                       | 7,5                   | 3,0                                              | 6,0                                          | 1,0                      | 5,0                          | 6,0                      | 5,5                                         | 6,5                                                 |
| 9             | 1,0                                                                                                       | 5,5                   | 2,5                                              | 5,0                                          | 5,0                      | 2,0                          | 6,0                      | 5,0                                         | 7,0                                                 |
| 10            | 6,5                                                                                                       | 4,0                   | 5,0                                              | 4,0                                          | 2,0                      | 2,0                          | 6,5                      | 5,0                                         | 8,0                                                 |
| 11            | 1,0                                                                                                       | 2,0                   | 0,0                                              | 5,0                                          | 6,0                      | 5,0                          | 5,5                      | 3,5                                         | 5,0                                                 |
| 12            | 4,0                                                                                                       | 7,0                   | 1,5                                              | 6,5                                          | 1,0                      | 6,5                          | 4,0                      | 2,5                                         | 7,5                                                 |
| 13            | 1,0                                                                                                       | 5,0                   | 1,0                                              | 2,0                                          | 2,0                      | 1,5                          | 5,0                      | 6,5                                         | 6,5                                                 |
| 14            | 1,5                                                                                                       | 5,0                   | 2,0                                              | 6,5                                          | 2,0                      | 1,0                          | 5,0                      | 6,0                                         | 5,5                                                 |
| 15            | 5,0                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 7,0                                          | 5,5                      | 6,0                          | 1,5                      | 6,0                                         | 7,0                                                 |
| 16            | 4,0                                                                                                       | 3,0                   | 2,5                                              | 4,0                                          | 2,0                      | 5,0                          | 6,0                      | 4,0                                         | 5,0                                                 |
| 17            | 3,0                                                                                                       | 3,0                   | 3,0                                              | 5,0                                          | 2,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 2,5                                         | 6,0                                                 |
| 18            | 2,0                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 5,5                                          | 2,0                      | 6,0                          | 7,5                      | 4,0                                         | 7,0                                                 |
| 19            | 3,0                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 6,0                                          | 5,5                      | 1,0                          | 2,0                      | 5,5                                         | 5,0                                                 |
| 20            | 5,5                                                                                                       | 2,0                   | 2,0                                              | 1,0                                          | 6,5                      | 5,0                          | 3,5                      | 6,5                                         | 6,5                                                 |
| 21            | 8,0                                                                                                       | 3,0                   | 3,0                                              | 3,0                                          | 4,0                      | 2,0                          | 3,0                      | 2,0                                         | 5,5                                                 |
| 22            | 5,0                                                                                                       | 5,5                   | 2,0                                              | 7,5                                          | 1,0                      | 2,0                          | 5,5                      | 3,5                                         | 5,0                                                 |
| 23            | 3,0                                                                                                       | 3,0                   | 3,0                                              | 4,0                                          | 6,0                      | 5,5                          | 3,0                      | 5,5                                         | 7,0                                                 |
| 24            | 5,0                                                                                                       | 2,0                   | 1,0                                              | 7,0                                          | 3,5                      | 4,0                          | 1,5                      | 1,0                                         | 6,5                                                 |
| 25            | 2,0                                                                                                       | 1,0                   | 3,0                                              | 4,0                                          | 2,0                      | 1,5                          | 5,0                      | 5,0                                         | 6,5                                                 |

Таблица Б. 6 – Расовый состав сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | №<br>расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|-----------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |           |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057       |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011       |
| 3            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 027       |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 047       |
| 5            | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 407       |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | B      | B       | B          | 037       |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 047       |
| 8            | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 257       |
| 9            | A                                                                      | B     | A       | B                      | B      | A       | B      | B       | B          | 267       |
| 10           | B                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 507       |
| 11           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | A       | B          | 075       |
| 12           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 251       |
| 13           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 207       |
| 14           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 247       |
| 15           | B                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 473       |
| 16           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 015       |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 055       |
| 18           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 055       |
| 19           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | A       | A      | B       | B          | 063       |
| 20           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 433       |

Таблица Б. 7 – Развитие болезни сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                             |                                                 |                          |                              |                          |                                        |                                               |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake<br>Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 + Pt25+Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены устойчивости отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 0,0                                         | 0,0                                             | 5,0                      | 7,0                          | 1,0                      | 6,0                                    | 8,0                                           |
| 2            | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                         | 0,0                                             | 6,0                      | 6,0                          | 1,0                      | 5,5                                    | 5,0                                           |
| 3            | 5,5                                                                                                       | 5,0                   | 3,0                                         | 1,0                                             | 0,0                      | 1,0                          | 0,0                      | 5,0                                    | 5,5                                           |
| 4            | 6,5                                                                                                       | 1,0                   | 0,0                                         | 1,0                                             | 1,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 6,0                                    | 6,0                                           |
| 5            | 2,0                                                                                                       | 1,0                   | 0,0                                         | 0,0                                             | 1,0                      | 5,0                          | 5,5                      | 3,0                                    | 5,5                                           |
| 6            | 2,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                         | 1,0                                             | 4,0                      | 1,0                          | 0,0                      | 5,5                                    | 5,0                                           |
| 7            | 6,0                                                                                                       | 1,0                   | 2,0                                         | 0,0                                             | 5,5                      | 0,0                          | 1,0                      | 5,0                                    | 6,0                                           |
| 8            | 1,0                                                                                                       | 5,5                   | 5,0                                         | 6,0                                             | 6,0                      | 1,0                          | 1,0                      | 5,5                                    | 5,0                                           |
| 9            | 7,5                                                                                                       | 6,0                   | 0,0                                         | 5,5                                             | 3,0                      | 5,5                          | 0,0                      | 7,0                                    | 8,0                                           |
| 10           | 2,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                         | 5,0                                             | 5,5                      | 3,0                          | 1,0                      | 5,5                                    | 7,0                                           |
| 11           | 5,5                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                         | 4,0                                             | 5,0                      | 5,5                          | 2,0                      | 2,0                                    | 6,0                                           |
| 12           | 1,0                                                                                                       | 2,5                   | 3,0                                         | 0,0                                             | 5,0                      | 1,0                          | 3,0                      | 3,0                                    | 7,0                                           |
| 13           | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 2,0                                         | 5,0                                             | 2,0                      | 1,0                          | 1,0                      | 5,0                                    | 5,5                                           |
| 14           | 2,0                                                                                                       | 6,0                   | 0,0                                         | 0,0                                             | 6,5                      | 3,0                          | 0,0                      | 3,0                                    | 6,0                                           |
| 15           | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                         | 5,5                                             | 5,0                      | 6,0                          | 0,0                      | 6,0                                    | 7,0                                           |
| 16           | 9,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                         | 7,0                                             | 5,0                      | 2,5                          | 5,0                      | 8,0                                    | 10,0                                          |
| 17           | 5,5                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                         | 2,0                                             | 1,0                      | 1,0                          | 1,0                      | 5,5                                    | 5,0                                           |
| 18           | 3,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                         | 3,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 6,0                                    | 6,0                                           |
| 19           | 5,5                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                         | 2,0                                             | 3,0                      | 0,0                          | 2,0                      | 3,0                                    | 6,0                                           |
| 20           | 5,5                                                                                                       | 3,5                   | 1,0                                         | 5,5                                             | 5,5                      | 2,0                          | 0,0                      | 5,0                                    | 6,0                                           |
| 21           | 4,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,0                                         | 1,0                                             | 0,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 7,0                                    | 5,5                                           |
| 22           | 5,0                                                                                                       | 4,0                   | 1,0                                         | 5,0                                             | 1,0                      | 2,0                          | 1,0                      | 7,0                                    | 7,5                                           |
| 23           | 3,0                                                                                                       | 0,0                   | 7,0                                         | 4,0                                             | 5,5                      | 1,5                          | 2,0                      | 5,0                                    | 7,0                                           |
| 24           | 8,0                                                                                                       | 3,0                   | 2,5                                         | 0,0                                             | 5,0                      | 2,0                          | 1,0                      | 2,0                                    | 5,5                                           |
| 25           | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,0                                         | 5,0                                             | 3,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,5                                    | 5,0                                           |

Таблица Б. 8 – Расовый состав сортов-дифференциаторов после инокуляции моноконидиальными изолятами *Pyrenophora teres*, отобранными в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | №<br>расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|-----------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | с-8755 | CI 5791 | Harbin | с-20019 | Harrington |           |
| 1            | А                                                                      | А     | А       | А                      | В      | В       | А      | В       | В          | 033       |
| 2            | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | В       | А      | В       | В          | 433       |
| 3            | В                                                                      | В     | А       | А                      | А      | А       | А      | В       | В          | 603       |
| 4            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 413       |
| 5            | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | А       | В          | 015       |
| 6            | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | А      | В       | В          | 003       |
| 7            | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | А      | В       | В          | 423       |
| 8            | А                                                                      | В     | В       | В                      | В      | А       | А      | В       | В          | 363       |
| 9            | В                                                                      | В     | А       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 653       |
| 10           | А                                                                      | А     | В       | В                      | В      | 3       | А      | В       | В          | 163       |
| 11           | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | В       | А      | А       | В          | 431       |
| 12           | А                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | А      | А       | В          | 021       |
| 13           | В                                                                      | В     | А       | В                      | А      | А       | А      | В       | В          | 643       |
| 14           | А                                                                      | В     | А       | А                      | В      | А       | А      | А       | В          | 221       |
| 15           | В                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 473       |
| 16           | В                                                                      | А     | В       | В                      | В      | А       | А      | В       | В          | 563       |
| 17           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | А      | В       | В          | 403       |
| 18           | А                                                                      | А     | В       | А                      | В      | В       | А      | В       | В          | 133       |
| 19           | В                                                                      | А     | В       | А                      | А      | А       | А      | А       | В          | 501       |
| 20           | В                                                                      | А     | А       | В                      | В      | А       | А      | В       | В          | 463       |

Приложение В. Сравнительный анализ вирулентности и расового состава в популяциях *Pyrenophora teres*, выделенных с различных по устойчивости к сетчатой пятнистости листьев сортов

Таблица В. 1 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Романс (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                                 |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake<br>Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | с-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | с-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 5,3                                                                                                       | 0,5                   | 2,5                                              | 2,0                                             | 0,0                      | 1,0                          | 2,0                      | 5,5                                         | 5,0                                                 |
| 2            | 0,5                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 3            | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 5,5                                              | 5,5                                             | 1,0                      | 5,5                          | 5,3                      | 5,0                                         | 6,5                                                 |
| 4            | 1,3                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                              | 1,0                                             | 5,0                      | 0,0                          | 5,3                      | 6,0                                         | 5,0                                                 |
| 5            | 5,3                                                                                                       | 5,3                   | 0,0                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 5,0                          | 6,0                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 6            | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 6,5                      | 5,5                          | 1,0                      | 6,0                                         | 5,0                                                 |
| 7            | 1,5                                                                                                       | 0,5                   | 0,0                                              | 2,0                                             | 2,0                      | 5,3                          | 7,0                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 8            | 6,0                                                                                                       | 6,3                   | 5,5                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 6,5                          | 1,0                      | 7,5                                         | 5,5                                                 |
| 9            | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 2,0                                              | 2,0                                             | 6,5                      | 2,0                          | 5,0                      | 5,0                                         | 6,0                                                 |
| 10           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                              | 1,0                                             | 0,0                      | 5,3                          | 1,0                      | 6,0                                         | 1,0                                                 |
| 11           | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 2,0                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 12           | 1,0                                                                                                       | 0,5                   | 1,0                                              | 5,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 3,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 13           | 0,0                                                                                                       | 6,0                   | 0,0                                              | 1,0                                             | 1,0                      | 5,5                          | 5,3                      | 6,0                                         | 2,0                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,0                                              | 0,0                                             | 5,0                      | 6,0                          | 6,0                      | 6,0                                         | 5,5                                                 |
| 15           | 6,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,5                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 0,0                          | 5,0                      | 6,5                                         | 6,0                                                 |
| 16           | 0,5                                                                                                       | 3,0                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 5,5                          | 5,0                      | 6,0                                         | 5,0                                                 |
| 17           | 5,5                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                              | 2,0                                             | 0,0                      | 6,5                          | 0,0                      | 5,8                                         | 5,0                                                 |
| 18           | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,3                                              | 5,5                                             | 5,5                      | 1,0                          | 0,0                      | 5,5                                         | 6,0                                                 |
| 19           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 2,0                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 7,0                          | 5,5                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 20           | 1,0                                                                                                       | 1,3                   | 0,0                                              | 1,0                                             | 0,0                      | 6,5                          | 1,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |

Таблица В. 2 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Романс (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | №<br>расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|-----------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |           |
| 1            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 407       |
| 2            | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 013       |
| 3            | А                                                                      | А     | В       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 157       |
| 4            | А                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | В      | В       | В          | 027       |
| 5            | В                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 617       |
| 6            | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 075       |
| 7            | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 017       |
| 8            | В                                                                      | В     | В       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 713       |
| 9            | А                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | В      | В       | В          | 027       |
| 10           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | А          | 012       |
| 11           | В                                                                      | В     | А       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 657       |
| 12           | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 073       |
| 13           | А                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | А          | 216       |
| 14           | А                                                                      | А     | В       | А                      | В      | В       | В      | В       | В          | 137       |
| 15           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 407       |
| 16           | А                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 057       |
| 17           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 413       |
| 18           | В                                                                      | В     | В       | В                      | В      | А       | А      | В       | В          | 763       |
| 19           | А                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 057       |
| 20           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 013       |

Таблица В. 3 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Рубеж (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                              |                              |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-875<br>5<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 1,0                                                                                                       | 2,0                   | 6,0                                              | 4,0                                          | 2,0                          | 2,0                          | 2,0                      | 3,0                                         | 9,0                                                 |
| 2            | 1,3                                                                                                       | 1,3                   | 5,2                                              | 1,3                                          | 6,3                          | 1,3                          | 0,0                      | 5,6                                         | 3,9                                                 |
| 3            | 1,3                                                                                                       | 5,3                   | 5,5                                              | 0,0                                          | 2,8                          | 5,6                          | 1,3                      | 6,9                                         | 6,6                                                 |
| 4            | 0,0                                                                                                       | 3,9                   | 1,8                                              | 1,3                                          | 5,6                          | 5,5                          | 1,3                      | 5,9                                         | 5,9                                                 |
| 5            | 0,0                                                                                                       | 6,3                   | 0,0                                              | 0,0                                          | 3,2                          | 3,3                          | 1,3                      | 3,3                                         | 6,5                                                 |
| 6            | 1,3                                                                                                       | 5,9                   | 0,0                                              | 0,0                                          | 2,6                          | 2,6                          | 0,0                      | 7,6                                         | 7,8                                                 |
| 7            | 1,3                                                                                                       | 2,3                   | 1,3                                              | 1,3                                          | 5,3                          | 1,3                          | 0,0                      | 6,5                                         | 9,1                                                 |
| 8            | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 1,3                                              | 5,3                                          | 3,3                          | 1,3                          | 5,6                      | 7,8                                         | 7,6                                                 |
| 9            | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 5,0                                              | 3,9                                          | 5,3                          | 1,3                          | 3,9                      | 5,2                                         | 6,5                                                 |
| 10           | 1,3                                                                                                       | 5,3                   | 6,5                                              | 0,0                                          | 3,3                          | 2,3                          | 1,3                      | 5,9                                         | 7,8                                                 |
| 11           | 1,3                                                                                                       | 3,9                   | 9,1                                              | 1,3                                          | 1,3                          | 1,3                          | 2,6                      | 9,1                                         | 7,6                                                 |
| 12           | 1,3                                                                                                       | 1,3                   | 5,2                                              | 1,3                                          | 1,3                          | 1,3                          | 0,0                      | 3,3                                         | 3,3                                                 |
| 13           | 1,3                                                                                                       | 6,3                   | 5,2                                              | 0,0                                          | 7,8                          | 6,6                          | 1,3                      | 5,6                                         | 5,6                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 3,9                   | 2,8                                              | 0,0                                          | 2,6                          | 5,5                          | 1,3                      | 6,5                                         | 6,9                                                 |
| 15           | 0,0                                                                                                       | 5,3                   | 0,0                                              | 1,3                                          | 5,5                          | 3,9                          | 1,3                      | 7,8                                         | 6,5                                                 |
| 16           | 1,3                                                                                                       | 6,9                   | 0,0                                              | 6,3                                          | 2,3                          | 2,3                          | 0,0                      | 5,2                                         | 7,8                                                 |
| 17           | 1,3                                                                                                       | 2,6                   | 1,3                                              | 3,3                                          | 6,3                          | 1,3                          | 0,0                      | 6,9                                         | 9,1                                                 |
| 18           | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 1,3                                              | 1,3                                          | 3,3                          | 1,3                          | 6,6                      | 6,5                                         | 7,3                                                 |
| 19           | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 5,0                                              | 0,0                                          | 5,3                          | 1,3                          | 3,9                      | 5,9                                         | 6,5                                                 |
| 20           | 1,3                                                                                                       | 5,3                   | 6,5                                              | 1,3                                          | 3,3                          | 2,3                          | 1,3                      | 5,5                                         | 7,8                                                 |

Таблица В. 4 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Рубеж (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 171    |
| 2            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | A          | 123    |
| 3            | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 313    |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 733    |
| 5            | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 271    |
| 6            | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 273    |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 723    |
| 8            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 747    |
| 9            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 123    |
| 10           | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 303    |
| 11           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |
| 12           | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | A          | 121    |
| 13           | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 313    |
| 14           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033    |
| 15           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 203    |
| 16           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 243    |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 23     |
| 18           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 007    |
| 19           | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 123    |
| 20           | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 303    |

Таблица В. 5 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Версаль (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                             |                                                          |                          |                              |                          |                                                              |                                                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> ,<br><i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake<br>Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> +<br><i>Pt26</i> ) | Harrington (гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 2,5                                                                         | 2,0                                                      | 1,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,5                                                          | 6,0                                              |
| 2            | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                                                         | 5,5                                                      | 0,0                      | 6,0                          | 5,0                      | 5,0                                                          | 6,0                                              |
| 3            | 6,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,5                                                                         | 0,0                                                      | 0,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,0                                                          | 7,0                                              |
| 4            | 0,0                                                                                                       | 5,0                   | 0,0                                                                         | 0,0                                                      | 0,0                      | 6,0                          | 5,5                      | 5,0                                                          | 5,0                                              |
| 5            | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,5                                                                         | 6,0                                                      | 0,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 5,5                                                          | 5,0                                              |
| 6            | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,0                                                                         | 6,0                                                      | 5,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 6,5                                                          | 5,5                                              |
| 7            | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                                                         | 5,0                                                      | 1,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,0                                                          | 7,5                                              |
| 8            | 5,5                                                                                                       | 6,0                   | 1,5                                                                         | 2,5                                                      | 0,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,5                                                          | 8,5                                              |
| 9            | 5,0                                                                                                       | 2,0                   | 5,0                                                                         | 0,0                                                      | 0,5                      | 5,0                          | 6,5                      | 5,5                                                          | 6,5                                              |
| 10           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                                                         | 5,5                                                      | 0,0                      | 5,0                          | 1,5                      | 5,0                                                          | 5,5                                              |
| 11           | 5,5                                                                                                       | 5,0                   | 0,0                                                                         | 5,0                                                      | 5,5                      | 5,5                          | 5,5                      | 5,0                                                          | 6,0                                              |
| 12           | 6,0                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                         | 5,0                                                      | 1,0                      | 0,0                          | 0,0                      | 5,0                                                          | 6,5                                              |
| 13           | 2,0                                                                                                       | 5,0                   | 1,0                                                                         | 0,0                                                      | 1,0                      | 5,0                          | 6,0                      | 5,5                                                          | 5,5                                              |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                                                         | 5,0                                                      | 0,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,0                                                          | 5,5                                              |
| 15           | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 2,0                                                                         | 1,5                                                      | 0,0                      | 6,5                          | 5,0                      | 6,0                                                          | 6,0                                              |
| 16           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,5                                                                         | 5,0                                                      | 5,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 6,0                                                          | 5,5                                              |
| 17           | 5,0                                                                                                       | 2,0                   | 5,0                                                                         | 6,5                                                      | 0,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,5                                                          | 6,5                                              |
| 18           | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,0                                                                         | 0,0                                                      | 0,5                      | 5,0                          | 6,5                      | 6,5                                                          | 6,5                                              |
| 19           | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                                                         | 0,0                                                      | 5,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,5                                                          | 5,0                                              |
| 20           | 1,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                                                         | 5,5                                                      | 0,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,0                                                          | 7,5                                              |

Таблица В. 6 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Версаль (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 2            | В                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 457    |
| 3            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 413    |
| 4            | А                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 217    |
| 5            | В                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | В      | В       | В          | 457    |
| 6            | А                                                                      | А     | В       | В                      | В      | В       | В      | В       | В          | 177    |
| 7            | В                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 453    |
| 8            | В                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | А      | В       | В          | 613    |
| 9            | В                                                                      | А     | В       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 517    |
| 10           | А                                                                      | А     | А       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 053    |
| 11           | В                                                                      | В     | А       | В                      | В      | В       | В      | В       | В          | 677    |
| 12           | А                                                                      | А     | А       | В                      | А      | А       | А      | В       | В          | 043    |
| 13           | В                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 617    |
| 14           | А                                                                      | А     | В       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 153    |
| 15           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 017    |
| 16           | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | В      | В       | В          | 077    |
| 17           | В                                                                      | А     | В       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 553    |
| 18           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 19           | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | В       | В      | В       | В          | 437    |
| 20           | А                                                                      | А     | В       | В                      | А      | В       | А      | В       | В          | 153    |

Таблица В. 7 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Виват (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 1,3                                                                      | 5,6                                                   | 1,6                      | 6,9                          | 1,3                      | 5,9                                                       | 5,5                                                 |
| 2            | 2,3                                                                                                       | 2,6                   | 8,4                                                                      | 7,8                                                   | 6,9                      | 9,1                          | 0,0                      | 1,3                                                       | 6,5                                                 |
| 3            | 2,6                                                                                                       | 1,6                   | 5,2                                                                      | 5,0                                                   | 6,5                      | 2,3                          | 6,5                      | 0,0                                                       | 5,9                                                 |
| 4            | 5,9                                                                                                       | 5,9                   | 1,3                                                                      | 1,6                                                   | 2,6                      | 2,3                          | 6,0                      | 1,6                                                       | 5,2                                                 |
| 5            | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 1,6                                                                      | 1,3                                                   | 9,1                      | 5,2                          | 2,6                      | 6,0                                                       | 7,8                                                 |
| 6            | 1,3                                                                                                       | 2,6                   | 0,0                                                                      | 6,0                                                   | 5,5                      | 5,9                          | 0,0                      | 5,9                                                       | 7,8                                                 |
| 7            | 0,0                                                                                                       | 1,6                   | 1,6                                                                      | 1,6                                                   | 1,3                      | 5,2                          | 0,0                      | 5,3                                                       | 9,1                                                 |
| 8            | 2,3                                                                                                       | 5,3                   | 5,3                                                                      | 2,3                                                   | 6,3                      | 6,0                          | 1,6                      | 2,3                                                       | 6,5                                                 |
| 9            | 1,3                                                                                                       | 2,6                   | 1,6                                                                      | 0,0                                                   | 6,3                      | 2,6                          | 2,0                      | 5,5                                                       | 7,8                                                 |
| 10           | 1,3                                                                                                       | 1,3                   | 6,5                                                                      | 1,3                                                   | 1,3                      | 6,5                          | 0,0                      | 5,2                                                       | 7,8                                                 |
| 11           | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 0,0                                                                      | 5,9                                                   | 1,6                      | 6,0                          | 5,0                      | 6,0                                                       | 5,2                                                 |
| 12           | 2,3                                                                                                       | 2,6                   | 1,3                                                                      | 7,3                                                   | 5,0                      | 9,1                          | 2,6                      | 1,3                                                       | 6,5                                                 |
| 13           | 2,3                                                                                                       | 1,6                   | 3,0                                                                      | 6,0                                                   | 6,5                      | 2,6                          | 0,0                      | 0,0                                                       | 6,3                                                 |
| 14           | 6,9                                                                                                       | 5,3                   | 1,9                                                                      | 1,6                                                   | 2,3                      | 2,3                          | 0,0                      | 1,3                                                       | 5,5                                                 |
| 15           | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 6,5                                                                      | 1,3                                                   | 9,1                      | 5,5                          | 1,9                      | 5,3                                                       | 7,8                                                 |
| 16           | 1,6                                                                                                       | 2,6                   | 5,2                                                                      | 6,9                                                   | 5,2                      | 5,3                          | 2,3                      | 6,3                                                       | 7,8                                                 |
| 17           | 0,0                                                                                                       | 1,3                   | 1,6                                                                      | 1,6                                                   | 1,9                      | 5,5                          | 0,0                      | 6,9                                                       | 9,1                                                 |
| 18           | 2,3                                                                                                       | 5,9                   | 5,0                                                                      | 2,6                                                   | 6,3                      | 6,3                          | 2,0                      | 2,6                                                       | 6,5                                                 |
| 19           | 1,3                                                                                                       | 2,6                   | 1,9                                                                      | 0,0                                                   | 5,0                      | 2,3                          | 6,3                      | 5,5                                                       | 7,8                                                 |
| 20           | 1,3                                                                                                       | 1,3                   | 6,5                                                                      | 1,3                                                   | 1,3                      | 6,5                          | 2,3                      | 5,2                                                       | 7,8                                                 |

Таблица В. 8 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Виват (фаза выхода в трубку ВВСН 39), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 053    |
| 2            | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 175    |
| 3            | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | B      | A       | B          | 165    |
| 4            | B                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 605    |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033    |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 073    |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 013    |
| 8            | A                                                                      | B     | B       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 331    |
| 9            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 023    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 113    |
| 11           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057    |
| 12           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 071    |
| 13           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | A      | A       | B          | 161    |
| 14           | B                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 601    |
| 15           | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 133    |
| 16           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 173    |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 013    |
| 18           | A                                                                      | B     | B       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 331    |
| 19           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 027    |
| 20           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 113    |

Таблица В. 9 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Версаль (фаза конец кущения ВВСН 32), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| № изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                             |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|           | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> ,<br><i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington (гены устойчивости отсутствуют) |
| 1         | 2,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                                                         | 7,5                                                   | 0,5                      | 0,0                          | 2,5                      | 5,5                                                       | 6,0                                        |
| 2         | 0,0                                                                                                       | 0,5                   | 0,0                                                                         | 5,0                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 6,0                                                       | 5,5                                        |
| 3         | 5,0                                                                                                       | 6,5                   | 1,0                                                                         | 5,5                                                   | 5,0                      | 5,0                          | 1,5                      | 5,0                                                       | 5,0                                        |
| 4         | 1,0                                                                                                       | 6,0                   | 5,0                                                                         | 5,0                                                   | 6,5                      | 1,0                          | 6,0                      | 1,0                                                       | 5,5                                        |
| 5         | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,5                                                                         | 2,5                                                   | 1,0                      | 2,0                          | 2,5                      | 6,0                                                       | 1,0                                        |
| 6         | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 6,0                                                                         | 5,0                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,0                                                       | 5,0                                        |
| 7         | 6,0                                                                                                       | 0,5                   | 1,5                                                                         | 6,5                                                   | 0,0                      | 1,0                          | 1,5                      | 5,0                                                       | 5,5                                        |
| 8         | 2,0                                                                                                       | 5,0                   | 1,0                                                                         | 5,0                                                   | 5,5                      | 5,0                          | 1,5                      | 6,5                                                       | 6,0                                        |
| 9         | 1,0                                                                                                       | 5,5                   | 0,0                                                                         | 1,5                                                   | 5,0                      | 6,0                          | 2,5                      | 0,0                                                       | 5,5                                        |
| 10        | 1,5                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                                                         | 0,0                                                   | 1,5                      | 1,0                          | 6,0                      | 1,0                                                       | 6,0                                        |
| 11        | 6,0                                                                                                       | 5,5                   | 5,5                                                                         | 5,5                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 2,5                      | 5,5                                                       | 5,0                                        |
| 12        | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                                                         | 0,0                                                   | 0,5                      | 5,5                          | 2,5                      | 6,0                                                       | 7,5                                        |
| 13        | 6,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                                                         | 5,5                                                   | 1,0                      | 0,0                          | 5,5                      | 0,0                                                       | 5,0                                        |
| 14        | 5,5                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                                                         | 2,0                                                   | 1,0                      | 6,5                          | 1,5                      | 5,0                                                       | 5,0                                        |
| 15        | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,0                                                                         | 1,5                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 2,0                      | 0,0                                                       | 5,5                                        |
| 16        | 6,5                                                                                                       | 1,5                   | 0,5                                                                         | 6,0                                                   | 0,0                      | 5,5                          | 0,0                      | 6,0                                                       | 6,5                                        |
| 17        | 2,5                                                                                                       | 5,0                   | 6,0                                                                         | 0,0                                                   | 5,0                      | 0,0                          | 5,5                      | 5,0                                                       | 5,5                                        |
| 18        | 5,0                                                                                                       | 6,0                   | 1,0                                                                         | 5,0                                                   | 1,0                      | 6,5                          | 0,0                      | 0,0                                                       | 5,0                                        |
| 19        | 0,0                                                                                                       | 5,5                   | 5,5                                                                         | 5,5                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 1,0                                                       | 6,0                                        |
| 20        | 1,5                                                                                                       | 5,0                   | 6,5                                                                         | 0,0                                                   | 0,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,0                                                       | 7,5                                        |

Таблица В. 10 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с умеренно устойчивого к сетчатой пятнистости сорта Версаль (фаза конец кущения ВВСН 32), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 343    |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057    |
| 3            | B                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 673    |
| 4            | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | A       | B      | A       | B          | 365    |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | A          | 002    |
| 6            | B                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 553    |
| 7            | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 443    |
| 8            | A                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 273    |
| 9            | A                                                                      | B     | A       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 231    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 105    |
| 11           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 753    |
| 12           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 413    |
| 13           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | A       | B          | 445    |
| 14           | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 713    |
| 15           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 111    |
| 16           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 413    |
| 17           | A                                                                      | B     | B       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 327    |
| 18           | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 651    |
| 19           | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 351    |
| 20           | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 313    |

Таблица В. 11 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Романс (фаза конец кущения ВВСН 32), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                                 |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake<br>Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 5,5                   | 1,0                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,5                                         | 6,0                                                 |
| 2            | 5,0                                                                                                       | 0,5                   | 1,5                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 5,0                          | 5,5                      | 3,0                                         | 5,0                                                 |
| 3            | 5,5                                                                                                       | 5,0                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 5,1                      | 5,0                          | 2,5                      | 5,5                                         | 5,0                                                 |
| 4            | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 5,0                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 0,0                                         | 5,0                                                 |
| 5            | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 0,0                                              | 1,5                                             | 0,0                      | 5,5                          | 2,0                      | 0,0                                         | 5,5                                                 |
| 6            | 1,0                                                                                                       | 5,5                   | 0,5                                              | 5,0                                             | 6,0                      | 5,0                          | 5,5                      | 2,0                                         | 5,5                                                 |
| 7            | 5,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 0,0                      | 0,0                          | 0,0                      | 6,0                                         | 6,0                                                 |
| 8            | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,0                                              | 5,5                                             | 1,5                      | 6,0                          | 2,0                      | 0,0                                         | 5,0                                                 |
| 9            | 0,0                                                                                                       | 6,0                   | 1,5                                              | 6,5                                             | 5,0                      | 5,0                          | 1,5                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 10           | 0,0                                                                                                       | 0,5                   | 5,0                                              | 5,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 6,0                                         | 5,5                                                 |
| 11           | 0,0                                                                                                       | 6,0                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 0,0                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 12           | 2,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,0                                              | 0,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 6,0                      | 0,0                                         | 5,0                                                 |
| 13           | 5,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                              | 5,0                                             | 0,5                      | 5,0                          | 5,5                      | 0,5                                         | 6,5                                                 |
| 14           | 2,5                                                                                                       | 7,5                   | 0,0                                              | 5,0                                             | 5,5                      | 5,0                          | 0,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 15           | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                              | 0,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 6,0                                         | 5,5                                                 |
| 16           | 1,0                                                                                                       | 5,0                   | 5,5                                              | 5,0                                             | 0,5                      | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                                         | 6,0                                                 |
| 17           | 0,0                                                                                                       | 5,0                   | 0,0                                              | 0,0                                             | 1,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 5,0                                         | 5,5                                                 |
| 18           | 6,0                                                                                                       | 0,5                   | 5,0                                              | 5,5                                             | 5,0                      | 6,0                          | 2,0                      | 1,0                                         | 5,0                                                 |
| 19           | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 0,5                                              | 1,0                                             | 5,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 0,0                                         | 6,5                                                 |
| 20           | 1,0                                                                                                       | 5,0                   | 1,0                                              | 5,0                                             | 1,5                      | 5,0                          | 3,0                      | 6,5                                         | 5,0                                                 |

Таблица В. 12 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной с восприимчивого к сетчатой пятнистости сорта Романс (фаза конец кущения ВВСН 32), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 253    |
| 2            | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 115    |
| 3            | B                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 673    |
| 4            | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 151    |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |
| 6            | A                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | B      | A       | B          | 275    |
| 7            | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 441    |
| 8            | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 751    |
| 9            | A                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 273    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 153    |
| 11           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 257    |
| 12           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 035    |
| 13           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 755    |
| 14           | A                                                                      | B     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 273    |
| 15           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033    |
| 16           | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 351    |
| 17           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 317    |
| 18           | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 571    |
| 19           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 031    |
| 20           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 253    |

Приложение Г. Сравнительный анализ расового состава в популяциях  
*Pyrenophora teres*, выделенных после обработок препаратами различных  
химических классов и микробиологических препаратов

Таблица Г. 1 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Капелла, МЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                                 |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake<br>Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 2,5                                                                                                       | 2,5                   | 1,0                                              | 1,5                                             | 2,0                      | 5,0                          | 6,5                      | 1,0                                         | 6,0                                                 |
| 2            | 5,0                                                                                                       | 1,0                   | 6,5                                              | 5,0                                             | 1,0                      | 2,5                          | 2,0                      | 4,5                                         | 6,5                                                 |
| 3            | 6,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                              | 2,5                                             | 5,0                      | 6,0                          | 5,5                      | 1,5                                         | 7,0                                                 |
| 4            | 1,0                                                                                                       | 0,0                   | 4,5                                              | 0,0                                             | 0,0                      | 0,0                          | 6,5                      | 1,0                                         | 8,5                                                 |
| 5            | 5,0                                                                                                       | 2,0                   | 1,0                                              | 2,0                                             | 1,5                      | 0,0                          | 0,0                      | 3,5                                         | 6,5                                                 |
| 6            | 6,5                                                                                                       | 5,5                   | 5,5                                              | 1,5                                             | 5,5                      | 5,5                          | 2,0                      | 6,5                                         | 5,5                                                 |
| 7            | 3,0                                                                                                       | 3,5                   | 2,0                                              | 7,0                                             | 5,0                      | 6,5                          | 5,5                      | 6,5                                         | 6,0                                                 |
| 8            | 7,0                                                                                                       | 5,0                   | 7,5                                              | 1,5                                             | 2,5                      | 7,0                          | 8,0                      | 7,0                                         | 7,0                                                 |
| 9            | 0,0                                                                                                       | 4,5                   | 6,0                                              | 5,0                                             | 7,0                      | 2,5                          | 2,5                      | 0,0                                         | 7,5                                                 |
| 10           | 1,5                                                                                                       | 2,0                   | 6,5                                              | 6,5                                             | 1,0                      | 5,5                          | 7,5                      | 4,5                                         | 8,0                                                 |
| 11           | 6,0                                                                                                       | 9,5                   | 1,0                                              | 5,0                                             | 1,5                      | 7,0                          | 2,0                      | 2,5                                         | 8,5                                                 |
| 12           | 5,5                                                                                                       | 6,0                   | 5,5                                              | 2,0                                             | 4,5                      | 6,0                          | 5,0                      | 5,0                                         | 5,0                                                 |
| 13           | 1,0                                                                                                       | 3,5                   | 1,5                                              | 5,5                                             | 1,0                      | 5,5                          | 6,0                      | 7,5                                         | 6,5                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 2,0                   | 1,0                                              | 1,0                                             | 1,5                      | 5,5                          | 2,5                      | 6,5                                         | 4,0                                                 |
| 15           | 5,5                                                                                                       | 5,0                   | 7,0                                              | 5,5                                             | 7,0                      | 7,0                          | 7,5                      | 0,0                                         | 7,5                                                 |
| 16           | 0,0                                                                                                       | 3,5                   | 6,0                                              | 7,0                                             | 5,5                      | 2,0                          | 2,5                      | 2,5                                         | 8,5                                                 |
| 17           | 6,0                                                                                                       | 5,0                   | 7,5                                              | 5,0                                             | 6,5                      | 5,5                          | 5,0                      | 1,5                                         | 6,5                                                 |
| 18           | 0,0                                                                                                       | 4,5                   | 1,0                                              | 6,5                                             | 3,0                      | 6,0                          | 7,0                      | 6,0                                         | 6,5                                                 |
| 19           | 1,5                                                                                                       | 2,0                   | 5,0                                              | 5,0                                             | 1,5                      | 2,0                          | 2,5                      | 1,5                                         | 5,0                                                 |
| 20           | 7,0                                                                                                       | 9,0                   | 6,5                                              | 4,5                                             | 5,0                      | 5,5                          | 5,0                      | 5,0                                         | 7,0                                                 |

Таблица Г. 2 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Капелла, МЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 015    |
| 2            | B                                                                      | A     | B       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 541    |
| 3            | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 435    |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 105    |
| 5            | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 401    |
| 6            | B                                                                      | B     | B       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 733    |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 077    |
| 8            | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 717    |
| 9            | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | A      | A       | B          | 161    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 155    |
| 11           | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 651    |
| 12           | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 747    |
| 13           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057    |
| 14           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | A          | 012    |
| 15           | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | B      | A       | B          | 775    |
| 16           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | A      | A       | B          | 161    |
| 17           | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 755    |
| 18           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 077    |
| 19           | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 141    |
| 20           | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 717    |

Таблица Г. 3 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Колосаль Про, КМЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                                                      | 1,0                                                   | 4,5                      | 7,5                          | 7,0                      | 6,5                                                       | 8,5                                                 |
| 2            | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 6,0                                                   | 3,5                      | 1,5                          | 5,0                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 3            | 1,5                                                                                                       | 5,5                   | 0,0                                                                      | 3,0                                                   | 5,0                      | 5,0                          | 6,5                      | 1,5                                                       | 9,0                                                 |
| 4            | 3,0                                                                                                       | 6,0                   | 1,0                                                                      | 1,5                                                   | 5,5                      | 5,5                          | 3,5                      | 1,5                                                       | 8,5                                                 |
| 5            | 5,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 5,5                          | 7,5                      | 7,5                                                       | 9,0                                                 |
| 6            | 7,0                                                                                                       | 5,5                   | 1,5                                                                      | 5,5                                                   | 3,0                      | 2,5                          | 7,5                      | 6,5                                                       | 7,5                                                 |
| 7            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 7,0                                                   | 6,0                      | 1,5                          | 5,5                      | 5,5                                                       | 7,5                                                 |
| 8            | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 5,5                                                   | 3,0                      | 6,5                          | 6,0                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 9            | 5,5                                                                                                       | 7,5                   | 7,5                                                                      | 6,0                                                   | 7,5                      | 5,5                          | 3,0                      | 1,5                                                       | 8,5                                                 |
| 10           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                                                      | 6,0                                                   | 6,5                      | 6,0                          | 2,5                      | 6,0                                                       | 7,5                                                 |
| 11           | 6,0                                                                                                       | 6,0                   | 5,5                                                                      | 3,0                                                   | 8,0                      | 5,5                          | 5,5                      | 3,0                                                       | 6,0                                                 |
| 12           | 5,0                                                                                                       | 7,0                   | 1,5                                                                      | 0,0                                                   | 3,0                      | 6,5                          | 5,5                      | 1,5                                                       | 9,0                                                 |
| 13           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,0                                                                      | 6,0                                                   | 6,5                      | 7,5                          | 1,5                      | 1,5                                                       | 7,5                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 6,5                                                                      | 3,0                                                   | 1,5                      | 6,5                          | 7,5                      | 7,5                                                       | 6,0                                                 |
| 15           | 6,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 2,5                          | 6,5                      | 5,5                                                       | 9,0                                                 |
| 16           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 1,5                                                   | 6,0                      | 0,0                          | 6,0                      | 5,5                                                       | 7,5                                                 |
| 17           | 6,0                                                                                                       | 5,5                   | 7,5                                                                      | 5,5                                                   | 6,0                      | 6,5                          | 3,0                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 18           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 7,5                                                                      | 7,0                                                   | 7,5                      | 5,5                          | 0,0                      | 1,5                                                       | 9,0                                                 |
| 19           | 7,5                                                                                                       | 6,0                   | 5,5                                                                      | 4,5                                                   | 6,5                      | 6,0                          | 6,5                      | 6,0                                                       | 6,5                                                 |
| 20           | 4,5                                                                                                       | 3,0                   | 5,5                                                                      | 6,0                                                   | 8,0                      | 7,5                          | 7,0                      | 3,0                                                       | 7,5                                                 |

Таблица Г. 4 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Колосаль Про, КМЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 117    |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | A       | B          | 045    |
| 3            | A                                                                      | B     | A       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 435    |
| 4            | A                                                                      | B     | A       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 435    |
| 5            | B                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 513    |
| 6            | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 647    |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | A       | B      | B       | B          | 067    |
| 8            | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 155    |
| 9            | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 771    |
| 10           | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 573    |
| 11           | B                                                                      | B     | B       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 735    |
| 12           | B                                                                      | B     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 615    |
| 13           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 171    |
| 14           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 117    |
| 15           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 407    |
| 16           | B                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 527    |
| 17           | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 771    |
| 18           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 171    |
| 19           | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 777    |
| 20           | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | B      | A       | B          | 575    |

Таблица Г. 5 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Магнелло, КЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 9,0                                                   | 5,5                      | 6,0                          | 5,5                      | 1,5                                                       | 4,5                                                 |
| 2            | 3,0                                                                                                       | 0,0                   | 0,0                                                                      | 5,5                                                   | 6,0                      | 5,5                          | 3,0                      | 5,5                                                       | 9,0                                                 |
| 3            | 5,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 7,5                      | 2,0                          | 6,0                      | 5,0                                                       | 9,0                                                 |
| 4            | 1,5                                                                                                       | 3,5                   | 1,5                                                                      | 8,5                                                   | 7,5                      | 2,0                          | 1,5                      | 1,5                                                       | 8,0                                                 |
| 5            | 0,0                                                                                                       | 5,5                   | 1,5                                                                      | 0,0                                                   | 1,5                      | 1,5                          | 6,5                      | 7,5                                                       | 7,5                                                 |
| 6            | 6,0                                                                                                       | 1,5                   | 7,5                                                                      | 3,0                                                   | 6,5                      | 6,0                          | 7,5                      | 8,5                                                       | 9,0                                                 |
| 7            | 1,5                                                                                                       | 0,0                   | 5,5                                                                      | 6,0                                                   | 6,5                      | 7,5                          | 1,5                      | 8,5                                                       | 8,5                                                 |
| 8            | 3,0                                                                                                       | 6,0                   | 3,0                                                                      | 1,5                                                   | 5,5                      | 1,5                          | 3,0                      | 5,5                                                       | 9,0                                                 |
| 9            | 3,0                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 5,0                          | 7,5                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 10           | 6,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 3,5                      | 6,5                          | 5,5                      | 7,5                                                       | 7,5                                                 |
| 11           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 9,0                                                   | 8,5                      | 7,0                          | 5,5                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 12           | 1,5                                                                                                       | 6,5                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 1,5                      | 5,0                          | 5,0                      | 5,5                                                       | 8,5                                                 |
| 13           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 7,5                                                                      | 0,0                                                   | 6,5                      | 7,5                          | 7,5                      | 1,5                                                       | 7,5                                                 |
| 14           | 6,0                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                                                      | 3,0                                                   | 5,5                      | 1,5                          | 1,5                      | 7,5                                                       | 9,0                                                 |
| 15           | 1,5                                                                                                       | 0,0                   | 3,0                                                                      | 6,5                                                   | 5,5                      | 6,0                          | 3,0                      | 8,5                                                       | 6,0                                                 |
| 16           | 3,0                                                                                                       | 6,0                   | 0,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 7,5                          | 5,5                      | 5,5                                                       | 3,0                                                 |
| 17           | 3,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 4,5                      | 1,5                          | 6,5                      | 6,5                                                       | 9,0                                                 |
| 18           | 5,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 7,5                      | 4,5                          | 6,5                      | 3,0                                                       | 7,5                                                 |
| 19           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 8,5                                                   | 7,5                      | 1,0                          | 3,0                      | 7,5                                                       | 9,0                                                 |
| 20           | 5,5                                                                                                       | 6,5                   | 0,0                                                                      | 5,5                                                   | 4,5                      | 2,5                          | 6,0                      | 3,0                                                       | 6,0                                                 |

Таблица Г. 6 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Магнелло, КЭ, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | В                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | В      | А       | А          | 474    |
| 2            | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 073    |
| 3            | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | В      | В       | В          | 427    |
| 4            | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | А       | А      | А       | В          | 061    |
| 5            | А                                                                      | В     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 207    |
| 6            | В                                                                      | А     | В       | А                      | В      | В       | В      | В       | В          | 537    |
| 7            | А                                                                      | А     | В       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 173    |
| 8            | А                                                                      | В     | А       | А                      | В      | А       | А      | В       | В          | 223    |
| 9            | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | А       | В          | 015    |
| 10           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 11           | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | В      | А       | В          | 075    |
| 12           | А                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 13           | А                                                                      | А     | В       | А                      | В      | В       | В      | А       | В          | 135    |
| 14           | В                                                                      | А     | В       | А                      | В      | А       | А      | В       | В          | 523    |
| 15           | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | В       | А      | В       | В          | 073    |
| 16           | А                                                                      | В     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | А          | 216    |
| 17           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 007    |
| 18           | В                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | В      | А       | В          | 425    |
| 19           | А                                                                      | А     | А       | В                      | В      | А       | А      | В       | В          | 063    |
| 20           | В                                                                      | В     | А       | В                      | А      | А       | В      | А       | В          | 645    |

Таблица Г. 7 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Квадрис, СК, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                              |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 8,5                                                                                                       | 7,5                   | 7,0                                              | 8,0                                          | 7,5                      | 9,0                          | 4,5                      | 9,0                                         | 8,5                                                 |
| 2            | 1,5                                                                                                       | 8,0                   | 9,0                                              | 3,0                                          | 1,0                      | 9,0                          | 0,0                      | 0,0                                         | 6,0                                                 |
| 3            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                              | 6,5                                          | 0,0                      | 7,5                          | 3,0                      | 3,0                                         | 4,5                                                 |
| 4            | 7,0                                                                                                       | 7,5                   | 8,0                                              | 1,0                                          | 1,5                      | 9,0                          | 9,0                      | 9,0                                         | 9,0                                                 |
| 5            | 1,5                                                                                                       | 8,0                   | 7,5                                              | 0,0                                          | 6,0                      | 6,0                          | 3,0                      | 9,0                                         | 9,0                                                 |
| 6            | 0,0                                                                                                       | 7,0                   | 1,0                                              | 4,5                                          | 5,5                      | 5,5                          | 3,0                      | 7,5                                         | 8,0                                                 |
| 7            | 5,5                                                                                                       | 2,5                   | 3,0                                              | 1,5                                          | 0,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 1,5                                         | 7,5                                                 |
| 8            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                              | 0,0                                          | 7,5                      | 1,5                          | 3,0                      | 1,5                                         | 7,5                                                 |
| 9            | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 2,5                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 6,0                          | 5,5                      | 9,0                                         | 8,0                                                 |
| 10           | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 8,0                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 6,0                          | 5,5                      | 9,0                                         | 8,0                                                 |
| 11           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,0                                              | 3,0                                          | 0,0                      | 1,5                          | 6,0                      | 9,0                                         | 7,5                                                 |
| 12           | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 7,5                                              | 1,5                                          | 7,5                      | 0,0                          | 3,0                      | 9,0                                         | 7,5                                                 |
| 13           | 7,5                                                                                                       | 8,0                   | 6,0                                              | 0,0                                          | 1,5                      | 7,5                          | 6,0                      | 7,5                                         | 9,0                                                 |
| 14           | 8,0                                                                                                       | 8,5                   | 7,5                                              | 0,0                                          | 3,0                      | 0,0                          | 3,0                      | 7,5                                         | 9,0                                                 |
| 15           | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                              | 1,5                                          | 1,5                      | 6,0                          | 9,0                      | 4,5                                         | 3,0                                                 |
| 16           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                              | 0,0                                          | 3,0                      | 3,0                          | 0,0                      | 2,5                                         | 9,0                                                 |
| 17           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 7,5                          | 5,5                      | 6,0                                         | 7,5                                                 |
| 18           | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 7,5                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 6,0                          | 7,5                      | 7,5                                         | 8,0                                                 |
| 19           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                              | 3,0                                          | 0,0                      | 4,5                          | 6,0                      | 9,0                                         | 8,0                                                 |
| 20           | 1,5                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                              | 1,5                                          | 7,5                      | 1,5                          | 3,0                      | 7,5                                         | 7,5                                                 |

Таблица Г. 8 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Квадрис, СК, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | В                                                                      | В     | В       | В                      | В      | В       | В      | В       | В          | 777    |
| 2            | А                                                                      | В     | В       | А                      | А      | В       | А      | А       | В          | 311    |
| 3            | А                                                                      | А     | В       | В                      | А      | В       | А      | А       | А          | 150    |
| 4            | В                                                                      | В     | В       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 717    |
| 5            | А                                                                      | В     | В       | А                      | В      | В       | А      | В       | В          | 333    |
| 6            | А                                                                      | В     | А       | А                      | В      | В       | А      | В       | В          | 233    |
| 7            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | А      | А       | В          | 401    |
| 8            | А                                                                      | А     | А       | А                      | В      | А       | А      | А       | В          | 021    |
| 9            | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 10           | В                                                                      | А     | В       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 317    |
| 11           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 007    |
| 12           | В                                                                      | А     | В       | А                      | В      | А       | А      | В       | В          | 523    |
| 13           | В                                                                      | В     | В       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 717    |
| 14           | В                                                                      | В     | В       | А                      | А      | А       | А      | В       | В          | 703    |
| 15           | В                                                                      | А     | В       | А                      | А      | В       | В      | А       | А          | 514    |
| 16           | В                                                                      | А     | В       | А                      | А      | А       | А      | А       | В          | 501    |
| 17           | А                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 017    |
| 18           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | В       | В      | В       | В          | 417    |
| 19           | В                                                                      | А     | А       | А                      | А      | А       | В      | В       | В          | 407    |
| 20           | А                                                                      | А     | В       | А                      | В      | А       | А      | В       | В          | 123    |

Таблица Г. 9 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Амистар Трио, СК, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                                                      | 9,0                                                   | 6,5                      | 1,5                          | 5,5                      | 6,0                                                       | 7,5                                                 |
| 2            | 3,0                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 5,5                                                   | 1,0                      | 1,5                          | 6,0                      | 1,5                                                       | 8,0                                                 |
| 3            | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 7,5                                                                      | 3,0                                                   | 5,5                      | 3,0                          | 7,5                      | 9,0                                                       | 5,5                                                 |
| 4            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 1,5                      | 5,5                          | 3,0                      | 3,0                                                       | 6,0                                                 |
| 5            | 9,0                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                                                      | 5,5                                                   | 7,5                      | 8,0                          | 3,0                      | 9,0                                                       | 8,5                                                 |
| 6            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 1,0                      | 6,0                          | 3,0                      | 0,0                                                       | 9,0                                                 |
| 7            | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 6,0                                                                      | 1,5                                                   | 0,0                      | 1,5                          | 1,5                      | 4,5                                                       | 7,5                                                 |
| 8            | 2,5                                                                                                       | 3,0                   | 8,5                                                                      | 0,0                                                   | 1,5                      | 7,5                          | 1,5                      | 9,0                                                       | 8,0                                                 |
| 9            | 5,5                                                                                                       | 6,5                   | 9,0                                                                      | 6,5                                                   | 1,5                      | 9,0                          | 9,0                      | 3,0                                                       | 9,0                                                 |
| 10           | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 9,0                                                                      | 6,5                                                   | 6,5                      | 1,5                          | 0,0                      | 7,5                                                       | 9,0                                                 |
| 11           | 3,5                                                                                                       | 1,0                   | 2,5                                                                      | 0,0                                                   | 0,0                      | 3,0                          | 2,5                      | 7,5                                                       | 5,5                                                 |
| 12           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 3,5                                                                      | 2,0                                                   | 1,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 9,0                                                       | 2,5                                                 |
| 13           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                      | 5,5                                                   | 0,0                      | 0,0                          | 6,0                      | 1,5                                                       | 3,5                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 2,5                                                                      | 0,0                                                   | 5,5                      | 1,5                          | 1,5                      | 4,5                                                       | 6,0                                                 |
| 15           | 5,5                                                                                                       | 7,5                   | 0,0                                                                      | 1,0                                                   | 6,5                      | 0,0                          | 2,5                      | 0,0                                                       | 6,0                                                 |
| 16           | 6,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 3,0                                                   | 5,5                      | 6,0                          | 0,0                      | 9,0                                                       | 7,5                                                 |
| 17           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 7,5                                                   | 6,0                      | 9,0                          | 1,5                      | 7,5                                                       | 7,5                                                 |
| 18           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 3,0                                                                      | 3,0                                                   | 1,5                      | 6,0                          | 1,5                      | 1,0                                                       | 7,5                                                 |
| 19           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 2,5                                                   | 1,5                      | 0,0                          | 3,0                      | 5,5                                                       | 9,0                                                 |
| 20           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 1,0                                                   | 0,0                      | 7,5                          | 0,0                      | 7,5                                                       | 8,5                                                 |

Таблица Г. 10 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Амистар Трио, СК, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | B      | B       | B          | 167    |
| 2            | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | A       | B      | A       | B          | 145    |
| 3            | B                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 527    |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |
| 5            | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 573    |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |
| 7            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 101    |
| 8            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 113    |
| 9            | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 755    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | B                      | B      | A       | A      | B       | B          | 163    |
| 11           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 003    |
| 12           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | A          | 002    |
| 13           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | B      | A       | A          | 044    |
| 14           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 021    |
| 15           | B                                                                      | B     | A       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 621    |
| 16           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 433    |
| 17           | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 573    |
| 18           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |
| 19           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |
| 20           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 113    |

Таблица Г. 11 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Оргамика С, Ж, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                  |                                              |                          |                              |                          |                                             |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b+<br/>Pt11+Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2+Pt3</i> ) | с-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | с-20019<br>( <i>Pt24 +<br/>Pt25+ Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,5                                              | 0,0                                          | 7,5                      | 0,0                          | 0,0                      | 5,5                                         | 9,0                                                 |
| 2            | 4,5                                                                                                       | 9,0                   | 7,5                                              | 1,5                                          | 0,0                      | 6,0                          | 5,5                      | 9,5                                         | 9,0                                                 |
| 3            | 3,5                                                                                                       | 1,0                   | 7,5                                              | 0,0                                          | 0,0                      | 9,0                          | 1,5                      | 7,5                                         | 5,5                                                 |
| 4            | 7,5                                                                                                       | 0,0                   | 5,5                                              | 0,0                                          | 0,0                      | 1,5                          | 7,5                      | 7,5                                         | 9,0                                                 |
| 5            | 3,0                                                                                                       | 0,0                   | 9,0                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 9,0                          | 5,5                      | 4,5                                         | 7,5                                                 |
| 6            | 9,0                                                                                                       | 5,5                   | 1,0                                              | 7,5                                          | 0,0                      | 3,0                          | 0,0                      | 2,5                                         | 7,5                                                 |
| 7            | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 3,0                                              | 6,0                                          | 1,5                      | 7,5                          | 9,0                      | 5,5                                         | 9,0                                                 |
| 8            | 7,5                                                                                                       | 6,0                   | 6,0                                              | 3,0                                          | 1,5                      | 8,5                          | 0,0                      | 3,0                                         | 8,5                                                 |
| 9            | 4,5                                                                                                       | 5,5                   | 8,5                                              | 0,0                                          | 1,5                      | 2,5                          | 1,5                      | 1,5                                         | 7,5                                                 |
| 10           | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 6,0                                              | 0,0                                          | 0,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 8,5                                         | 6,5                                                 |
| 11           | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 8,0                                              | 1,5                                          | 3,0                      | 1,5                          | 1,5                      | 6,0                                         | 6,5                                                 |
| 12           | 9,0                                                                                                       | 7,5                   | 6,0                                              | 0,0                                          | 7,5                      | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                                         | 1,5                                                 |
| 13           | 1,0                                                                                                       | 3,5                   | 4,5                                              | 4,5                                          | 9,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 7,5                                         | 3,0                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                              | 9,0                                          | 9,0                      | 0,0                          | 1,5                      | 1,0                                         | 4,5                                                 |
| 15           | 4,5                                                                                                       | 5,0                   | 3,0                                              | 5,5                                          | 0,0                      | 7,5                          | 6,0                      | 8,0                                         | 9,0                                                 |
| 16           | 9,0                                                                                                       | 4,5                   | 5,5                                              | 7,5                                          | 5,5                      | 6,0                          | 3,0                      | 1,5                                         | 9,0                                                 |
| 17           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 1,5                                              | 6,0                                          | 0,0                      | 9,0                          | 9,0                      | 5,5                                         | 9,0                                                 |
| 18           | 7,5                                                                                                       | 5,5                   | 6,0                                              | 1,5                                          | 1,5                      | 9,0                          | 1,5                      | 3,0                                         | 8,0                                                 |
| 19           | 5,5                                                                                                       | 6,0                   | 8,0                                              | 1,5                                          | 0,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 1,5                                         | 7,5                                                 |
| 20           | 1,5                                                                                                       | 1,0                   | 5,5                                              | 0,0                                          | 1,0                      | 1,5                          | 1,5                      | 9,0                                         | 6,0                                                 |

Таблица Г. 12 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Оргамика С, Ж, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 023    |
| 2            | A                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 317    |
| 3            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 113    |
| 4            | B                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 507    |
| 5            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 117    |
| 6            | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 641    |
| 7            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057    |
| 8            | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 711    |
| 9            | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 701    |
| 10           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |
| 11           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |
| 12           | B                                                                      | B     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | A          | 720    |
| 13           | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | A          | 022    |
| 14           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | A       | A      | A       | A          | 060    |
| 15           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 457    |
| 16           | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 771    |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 057    |
| 18           | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 711    |
| 19           | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 701    |
| 20           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |

Таблица Г. 13 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Трихоцин, СП, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                 |                                                |                          |                              |                          |                                          |                                               |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5, Rpt-1b + Pt11 + Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2 + Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24 + Pt25 + Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены устойчивости отсутствуют) |
| 1            | 1,5                                                                                                       | 6,0                   | 9,0                                             | 7,5                                            | 7,5                      | 9,0                          | 3,0                      | 8,0                                      | 6,0                                           |
| 2            | 6,0                                                                                                       | 9,0                   | 9,0                                             | 9,0                                            | 8,5                      | 3,0                          | 7,5                      | 7,5                                      | 7,5                                           |
| 3            | 1,0                                                                                                       | 3,0                   | 7,5                                             | 0,0                                            | 1,5                      | 8,5                          | 6,5                      | 5,5                                      | 5,0                                           |
| 4            | 2,0                                                                                                       | 5,5                   | 6,5                                             | 5,5                                            | 1,5                      | 6,0                          | 3,0                      | 3,0                                      | 9,0                                           |
| 5            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 7,5                                             | 1,5                                            | 3,0                      | 3,0                          | 1,5                      | 6,0                                      | 6,0                                           |
| 6            | 3,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                             | 6,5                                            | 0,0                      | 1,5                          | 2,5                      | 3,0                                      | 7,5                                           |
| 7            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,0                                             | 4,5                                            | 3,0                      | 1,5                          | 1,5                      | 1,5                                      | 9,0                                           |
| 8            | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                             | 2,0                                            | 1,5                      | 3,0                          | 1,5                      | 3,0                                      | 7,5                                           |
| 9            | 6,0                                                                                                       | 6,5                   | 6,5                                             | 6,0                                            | 1,5                      | 5,5                          | 1,0                      | 9,0                                      | 8,0                                           |
| 10           | 7,5                                                                                                       | 1,5                   | 3,0                                             | 3,0                                            | 5,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 9,5                                      | 8,0                                           |
| 11           | 1,5                                                                                                       | 6,0                   | 9,0                                             | 7,5                                            | 7,5                      | 9,0                          | 3,0                      | 7,0                                      | 6,0                                           |
| 12           | 3,0                                                                                                       | 9,0                   | 9,0                                             | 9,0                                            | 1,5                      | 3,0                          | 7,5                      | 7,5                                      | 8,5                                           |
| 13           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 7,5                                             | 0,0                                            | 1,5                      | 8,5                          | 5,0                      | 5,5                                      | 6,5                                           |
| 14           | 2,0                                                                                                       | 5,5                   | 5,5                                             | 5,5                                            | 3,0                      | 6,0                          | 3,0                      | 3,0                                      | 9,0                                           |
| 15           | 6,0                                                                                                       | 3,0                   | 7,5                                             | 1,5                                            | 3,0                      | 3,0                          | 1,5                      | 6,0                                      | 6,0                                           |
| 16           | 8,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                             | 4,5                                            | 1,5                      | 1,5                          | 3,0                      | 3,0                                      | 7,5                                           |
| 17           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 5,5                                             | 3,5                                            | 1,5                      | 1,5                          | 1,5                      | 1,5                                      | 9,0                                           |
| 18           | 6,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                             | 0,0                                            | 5,0                      | 3,0                          | 1,5                      | 3,0                                      | 7,5                                           |
| 19           | 4,5                                                                                                       | 6,5                   | 6,5                                             | 6,0                                            | 6,0                      | 5,0                          | 0,0                      | 9,0                                      | 8,5                                           |
| 20           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 3,0                                             | 3,0                                            | 1,5                      | 6,5                          | 0,0                      | 9,0                                      | 9,0                                           |

Таблица Г. 14 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Трихоцин, СП, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 373    |
| 2            | B                                                                      | B     | B       | B                      | B      | A       | B      | B       | B          | 767    |
| 3            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 117    |
| 4            | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 351    |
| 5            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 103    |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 041    |
| 7            | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 101    |
| 8            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 001    |
| 9            | B                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 753    |
| 10           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 433    |
| 11           | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 373    |
| 12           | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 347    |
| 13           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | B       | B      | B       | B          | 117    |
| 14           | A                                                                      | B     | B       | B                      | A      | B       | A      | A       | B          | 351    |
| 15           | B                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 503    |
| 16           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 441    |
| 17           | A                                                                      | A     | B       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 101    |
| 18           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 421    |
| 19           | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 373    |
| 20           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 713    |

Таблица Г. 15 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Псевдобактерин-2, Ж, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington<br>(гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 5,0                   | 9,0                                                                      | 6,0                                                   | 7,5                      | 3,0                          | 0,0                      | 6,5                                                       | 9,0                                                 |
| 2            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,0                                                                      | 3,0                                                   | 5,0                      | 3,0                          | 1,0                      | 5,5                                                       | 6,0                                                 |
| 3            | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 6,5                                                                      | 0,0                                                   | 6,0                      | 3,0                          | 3,0                      | 3,0                                                       | 5,5                                                 |
| 4            | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 3,0                                                                      | 1,5                                                   | 6,0                      | 3,0                          | 0,0                      | 5,0                                                       | 9,0                                                 |
| 5            | 1,5                                                                                                       | 5,5                   | 7,5                                                                      | 0,0                                                   | 5,5                      | 1,5                          | 1,5                      | 3,0                                                       | 7,5                                                 |
| 6            | 5,0                                                                                                       | 5,5                   | 3,0                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 1,5                          | 3,0                      | 5,0                                                       | 7,5                                                 |
| 7            | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 7,5                          | 9,0                      | 1,5                                                       | 6,0                                                 |
| 8            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 6,0                      | 1,5                          | 5,0                      | 0,0                                                       | 6,0                                                 |
| 9            | 1,5                                                                                                       | 0,0                   | 8,5                                                                      | 1,5                                                   | 6,5                      | 8,5                          | 0,0                      | 1,5                                                       | 5,0                                                 |
| 10           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 6,5                          | 3,0                      | 5,0                                                       | 6,0                                                 |
| 11           | 1,0                                                                                                       | 6,0                   | 9,0                                                                      | 5,0                                                   | 7,5                      | 3,0                          | 0,0                      | 7,5                                                       | 9,0                                                 |
| 12           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 6,5                                                                      | 3,0                                                   | 6,5                      | 3,0                          | 1,5                      | 6,5                                                       | 5,5                                                 |
| 13           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 6,0                                                                      | 0,0                                                   | 6,0                      | 1,5                          | 3,0                      | 3,0                                                       | 6,5                                                 |
| 14           | 0,0                                                                                                       | 0,0                   | 3,0                                                                      | 1,5                                                   | 6,0                      | 1,5                          | 0,0                      | 6,0                                                       | 9,0                                                 |
| 15           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 7,5                                                                      | 0,0                                                   | 7,5                      | 7,5                          | 1,5                      | 3,0                                                       | 7,5                                                 |
| 16           | 6,5                                                                                                       | 6,0                   | 3,0                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 1,5                          | 3,0                      | 6,0                                                       | 7,5                                                 |
| 17           | 0,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 8,0                          | 9,0                      | 1,5                                                       | 6,0                                                 |
| 18           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 2,0                                                   | 5,0                      | 7,5                          | 7,5                      | 0,0                                                       | 6,0                                                 |
| 19           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 8,0                                                                      | 1,5                                                   | 5,5                      | 3,0                          | 0,0                      | 1,5                                                       | 6,5                                                 |
| 20           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 3,0                          | 3,0                      | 6,5                                                       | 6,0                                                 |

Таблица Г. 16 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки препаратом Псевдобактерин-2, Ж, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изоляция | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            |        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|               | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington | № расы |
| 1             | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | A       | A      | B       | B          | 363    |
| 2             | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 123    |
| 3             | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 111    |
| 4             | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 043    |
| 5             | A                                                                      | B     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 321    |
| 6             | B                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 601    |
| 7             | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 015    |
| 8             | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | B      | A       | B          | 025    |
| 9             | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 131    |
| 10            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | B       | B          | 013    |
| 11            | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | A       | A      | B       | B          | 361    |
| 12            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 123    |
| 13            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 121    |
| 14            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 023    |
| 15            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | B       | A      | A       | B          | 131    |
| 16            | B                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 601    |
| 17            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | B      | A       | B          | 315    |
| 18            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | B      | A       | B          | 035    |
| 19            | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 121    |
| 20            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 003    |

Таблица Г. 17 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки растений водой, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | с-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | с-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington (гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 2,5                   | 1,5                                                                      | 3,5                                                   | 1,5                      | 6,0                          | 5,0                      | 4,5                                                       | 7,5                                              |
| 2            | 3,0                                                                                                       | 3,0                   | 3,5                                                                      | 2,0                                                   | 4,5                      | 1,5                          | 6,0                      | 1,5                                                       | 4,5                                              |
| 3            | 4,5                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 2,5                                                   | 2,5                      | 3,0                          | 7,5                      | 0,0                                                       | 5,5                                              |
| 4            | 4,5                                                                                                       | 4,5                   | 1,5                                                                      | 1,0                                                   | 3,0                      | 3,0                          | 7,5                      | 7,5                                                       | 6,0                                              |
| 5            | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 0,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 4,5                          | 6,0                      | 5,5                                                       | 7,5                                              |
| 6            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,0                                                                      | 0,0                                                   | 2,0                      | 4,5                          | 5,5                      | 6,5                                                       | 5,5                                              |
| 7            | 0,0                                                                                                       | 7,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 5,5                          | 2,5                      | 4,5                                                       | 6,5                                              |
| 8            | 3,0                                                                                                       | 6,0                   | 4,5                                                                      | 5,0                                                   | 2,5                      | 4,5                          | 6,5                      | 8,5                                                       | 7,5                                              |
| 9            | 1,5                                                                                                       | 5,0                   | 7,5                                                                      | 6,0                                                   | 7,5                      | 3,0                          | 7,0                      | 6,0                                                       | 9,0                                              |
| 10           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 3,5                                                                      | 5,5                                                   | 5,0                      | 7,5                          | 5,0                      | 7,5                                                       | 7,0                                              |
| 11           | 5,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,0                                                                      | 7,5                                                   | 1,5                      | 7,5                          | 6,5                      | 5,5                                                       | 6,0                                              |
| 12           | 3,0                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 1,0                                                   | 4,5                      | 3,5                          | 6,0                      | 7,5                                                       | 7,5                                              |
| 13           | 3,0                                                                                                       | 1,5                   | 3,5                                                                      | 7,5                                                   | 3,5                      | 2,5                          | 7,0                      | 5,0                                                       | 4,5                                              |
| 14           | 5,0                                                                                                       | 4,5                   | 1,5                                                                      | 6,5                                                   | 7,0                      | 5,0                          | 4,0                      | 1,5                                                       | 6,0                                              |
| 15           | 6,5                                                                                                       | 1,5                   | 2,0                                                                      | 5,0                                                   | 0,0                      | 6,0                          | 5,5                      | 5,0                                                       | 6,0                                              |
| 16           | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 3,0                                                                      | 6,0                                                   | 6,0                      | 6,5                          | 2,0                      | 4,5                                                       | 7,5                                              |
| 17           | 0,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,5                                                                      | 7,0                                                   | 5,5                      | 5,0                          | 7,0                      | 4,5                                                       | 5,5                                              |
| 18           | 3,0                                                                                                       | 4,5                   | 2,5                                                                      | 7,5                                                   | 4,5                      | 4,5                          | 3,0                      | 6,5                                                       | 6,0                                              |
| 19           | 7,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,5                                                                      | 0,0                                                   | 6,5                      | 7,0                          | 1,5                      | 2,5                                                       | 4,0                                              |
| 20           | 1,5                                                                                                       | 1,5                   | 2,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 7,5                          | 3,0                      | 1,0                                                       | 8,5                                              |

Таблица Г. 18 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки растений водой, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            | № расы |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington |        |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 005    |
| 3            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | A       | B          | 005    |
| 4            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 007    |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 007    |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 007    |
| 7            | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 211    |
| 8            | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 247    |
| 9            | A                                                                      | B     | B       | B                      | B      | A       | B      | B       | B          | 367    |
| 10           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 077    |
| 11           | B                                                                      | B     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 657    |
| 12           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | B      | B       | B          | 207    |
| 13           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | B      | B       | B          | 247    |
| 14           | B                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | A      | A       | B          | 471    |
| 15           | B                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | B       | B          | 457    |
| 16           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | B       | B      | A       | B          | 055    |
| 17           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 077    |
| 18           | A                                                                      | A     | A       | B                      | A      | A       | A      | B       | B          | 043    |
| 19           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | A       | A          | 430    |
| 20           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | B       | A      | A       | B          | 011    |

Таблица Г. 19 – Вирулентность популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки растений водой (контрольный вариант), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Развитие болезни на сортах-дифференциаторах, содержащих различные гены устойчивости и их комбинации, балл |                       |                                                                          |                                                       |                          |                              |                          |                                                           |                                                  |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|              | Skiff<br>( <i>Rpt4</i> )                                                                                  | Prior<br>( <i>N</i> ) | CI 9825<br>( <i>Pt5</i> , <i>Rpt-1b</i> +<br><i>Pt11</i> + <i>Pt12</i> ) | Canadian<br>Lake Shore<br>( <i>Pt2</i> + <i>Pt3</i> ) | c-8755<br>( <i>Pt6</i> ) | CI 5791<br>( <i>Rpt-1b</i> ) | Harbin<br>( <i>Pt2</i> ) | c-20019<br>( <i>Pt24</i> +<br><i>Pt25</i> + <i>Pt26</i> ) | Harrington (гены<br>устойчивости<br>отсутствуют) |
| 1            | 0,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                                                      | 4,5                                                   | 7,0                      | 5,0                          | 1,0                      | 5,0                                                       | 8,5                                              |
| 2            | 3,5                                                                                                       | 3,0                   | 3,5                                                                      | 1,0                                                   | 5,5                      | 8,0                          | 0,0                      | 6,5                                                       | 7,5                                              |
| 3            | 5,5                                                                                                       | 7,0                   | 6,0                                                                      | 4,5                                                   | 2,5                      | 3,0                          | 1,5                      | 6,0                                                       | 5,5                                              |
| 4            | 5,0                                                                                                       | 4,5                   | 1,0                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 3,5                          | 4,5                      | 5,0                                                       | 9,5                                              |
| 5            | 1,0                                                                                                       | 1,5                   | 1,0                                                                      | 1,0                                                   | 4,0                      | 1,5                          | 3,5                      | 7,0                                                       | 8,0                                              |
| 6            | 1,5                                                                                                       | 3,0                   | 1,0                                                                      | 4,0                                                   | 2,0                      | 4,5                          | 1,0                      | 4,5                                                       | 9,5                                              |
| 7            | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 2,0                          | 7,5                      | 6,5                                                       | 8,0                                              |
| 8            | 3,0                                                                                                       | 4,0                   | 5,0                                                                      | 5,5                                                   | 4,5                      | 5,0                          | 1,0                      | 7,0                                                       | 7,5                                              |
| 9            | 5,0                                                                                                       | 3,5                   | 1,5                                                                      | 1,0                                                   | 7,5                      | 3,0                          | 3,0                      | 6,5                                                       | 9,0                                              |
| 10           | 1,5                                                                                                       | 1,0                   | 7,5                                                                      | 1,0                                                   | 1,0                      | 4,5                          | 1,0                      | 2,0                                                       | 7,5                                              |
| 11           | 5,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                                                      | 4,0                                                   | 7,0                      | 6,5                          | 4,5                      | 6,0                                                       | 9,5                                              |
| 12           | 3,5                                                                                                       | 3,0                   | 6,0                                                                      | 3,0                                                   | 5,5                      | 8,0                          | 3,0                      | 7,5                                                       | 8,0                                              |
| 13           | 3,5                                                                                                       | 6,0                   | 4,5                                                                      | 5,0                                                   | 7,5                      | 3,5                          | 1,0                      | 1,5                                                       | 7,5                                              |
| 14           | 4,5                                                                                                       | 5,0                   | 1,0                                                                      | 1,5                                                   | 3,0                      | 3,5                          | 1,0                      | 6,0                                                       | 9,0                                              |
| 15           | 1,5                                                                                                       | 1,0                   | 7,5                                                                      | 5,5                                                   | 5,0                      | 2,5                          | 1,0                      | 5,0                                                       | 8,0                                              |
| 16           | 7,0                                                                                                       | 3,0                   | 6,0                                                                      | 7,5                                                   | 6,0                      | 6,5                          | 5,0                      | 7,0                                                       | 7,5                                              |
| 17           | 7,5                                                                                                       | 1,0                   | 1,5                                                                      | 1,5                                                   | 1,0                      | 2,0                          | 3,5                      | 4,5                                                       | 8,0                                              |
| 18           | 5,0                                                                                                       | 4,5                   | 4,0                                                                      | 6,0                                                   | 5,5                      | 5,5                          | 3,5                      | 5,5                                                       | 7,5                                              |
| 19           | 6,0                                                                                                       | 3,0                   | 7,5                                                                      | 3,0                                                   | 7,5                      | 3,5                          | 1,5                      | 6,0                                                       | 7,0                                              |
| 20           | 6,0                                                                                                       | 1,0                   | 1,0                                                                      | 1,5                                                   | 1,5                      | 0,5                          | 3,5                      | 7,5                                                       | 8,0                                              |

Таблица Г. 20 – Расовый состав популяции *Pyrenophora teres*, отобранной после обработки растений водой (контрольный вариант), ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.

| №<br>изолята | Реакция вирулентности (В) и авирулентности (А) сортов-дифференциаторов |       |         |                        |        |         |        |         |            |        |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|--------|---------|------------|--------|
|              | Skiff                                                                  | Prior | CI 9825 | Canadian<br>Lake Shore | c-8755 | CI 5791 | Harbin | c-20019 | Harrington | № расы |
| 1            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033    |
| 2            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 033    |
| 3            | B                                                                      | B     | B       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 703    |
| 4            | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 403    |
| 5            | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 003    |
| 6            | A                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | A       | B          | 021    |
| 7            | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | B      | B       | B          | 427    |
| 8            | A                                                                      | A     | B       | B                      | A      | B       | A      | B       | B          | 153    |
| 9            | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 423    |
| 10           | A                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 001    |
| 11           | B                                                                      | A     | A       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 433    |
| 12           | A                                                                      | A     | B       | A                      | B      | B       | A      | B       | B          | 133    |
| 13           | A                                                                      | B     | A       | B                      | A      | A       | A      | A       | B          | 141    |
| 14           | A                                                                      | B     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 203    |
| 15           | A                                                                      | A     | A       | B                      | B      | A       | A      | B       | B          | 063    |
| 16           | B                                                                      | A     | B       | B                      | B      | B       | B      | B       | B          | 577    |
| 17           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | A       | B          | 401    |
| 18           | B                                                                      | A     | A       | B                      | B      | B       | A      | B       | B          | 473    |
| 19           | B                                                                      | A     | B       | A                      | B      | A       | A      | B       | B          | 433    |
| 20           | B                                                                      | A     | A       | A                      | A      | A       | A      | B       | B          | 403    |

Приложение Д. Свидетельства о государственной регистрации баз данных



Рисунок 1 – База данных № 2023624018 от 09.11.2023 г. «Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней»



Рисунок 2 – База данных № 2024621680 от 13.05.2024 г. «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе»



Рисунок 3 – База данных № 2025621010 от 04.03.2025 г. «Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*) центральной агроклиматической зоны Краснодарского края»

## Приложение Е. Акт внедрения

Утверждаю: \_\_\_\_\_  
 Директор ФГБНУ ФНЦБЗР  
 А. М. Асатурова  
 « 29 » июня 2024 г.

Утверждаю: \_\_\_\_\_  
 Директор ФГБНУ «АНЦ  
 Донской»  
 Пахомов В. И.  
 « 29 » июня 2024 г.

**АКТ**

**внедрения базы данных**

**«Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР,  
 устойчивые к комплексу листовых болезней»**

**Краткое описание разработки:** База данных содержит результаты многолетних исследований устойчивости к возбудителям наиболее опасных листовых заболеваний: карликовой ржавчины (*Puccinia hordei* Oth.), сетчатой пятнистости (*Pyrenophora teres* Drechsler) и темно-бурой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoemaker) образцов культурного и дикого ячменя, предоставленных Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Были отобраны образцы, проявившие устойчивость к данным заболеваниям, а также устойчивые к двум и трем патогенам.

**Место проведения работ:** Ростовская область, Зерноградский р-н, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3 ФГБНУ «АНЦ Донской», опытные поля лаборатории иммунитета и защиты растений.

**Время проведения работ:** апрель 2024 г. – июнь 2024 г.

**Разработчик:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

**Исполнители:** Волкова Г.В., Данилова А.В., Яхник Я.В.

**Основание выполнения:** договор о научном сотрудничестве № 2 от 5.04.21 г.

**Сведения о внедрении:** Информация об устойчивости образцов ячменя к возбудителям наиболее опасных листовых болезней, представленная в базе данных «Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624018 от 16.11.2023 г., авторы: Данилова А.В., Яхник Я.В., Волкова Г.В., Лоскутов И.Г.) использована специалистами лаборатории иммунитета и защиты растений в качестве информационного материала при селекционной работе.

**Сведения об эффективности внедрения (биологическая, экономическая, экологическая и др.):** Выявленные источники устойчивости используются в селекционной работе при создании устойчивых сортов ячменя, а также сортов, обладающих комплексной устойчивостью к нескольким патогенам.

**ОТ ИСПОЛНИТЕЛЯ:**

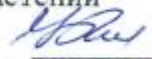
Гл. н. с., зав. лабораторией иммунитета  
растений к болезням  
ФГБНУ ФНЦБЗР, д. б. н.



Волкова Г. В.

**ОТ ЗАКАЗЧИКА:**

В. н. с. лаборатории иммунитета и защиты растений  
ФГБНУ «АНЦ Донской», канд. с.-х. наук



Шишкин Н. В.

Рисунок 1 – Акт внедрения базы данных № 2023624018 от 9.11.2023 г.

«Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней» в работу ФГБНУ АНЦ «Донской»

Утверждаю:

Директор ФГБНУ ФНЦБЗР

А. М. Асатулова

« 10 » февраля 2025 г.



Утверждаю:

Проректор по научной работе  
и инновациям ФГБОУ ВО  
«Кубанский государственный  
университет»

Шарафан М.В.

« 10 » февраля 2025 г.



### АКТ

#### внедрения базы данных

#### «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе»

**Краткое описание разработки:** База данных содержит фотоснимки наиболее вредоносного и экономически значимого заболевания ячменя на юге России – сетчатой пятнистости листьев (возбудитель – гриб *Pyrenophora teres* Drechsler). Изображения получены на различных по устойчивости к патогену сортах ячменя – умеренно устойчивого сорта Виват и восприимчивых сортов Романс и Рубеж. Фотоснимки сделаны на разных стадиях вегетации ячменя: ювенильная фаза ВВСН 12, фаза конец кушения (ВВСН 31), фаза выход в трубку (ВВСН 47), фаза молочная спелость (ВВСН 78).

**Место проведения работ:** г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, кафедра теоретической экономики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

**Время проведения работ:** май 2024 г. – июль 2024 г.

**Разработчик:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений».

**Исполнители:** Авторы: Волкова Г.В., Яхник Я.В., Данилова А.В., Ариничева И.В., Ариничев И.В.

**Основание выполнения:** договор о научном сотрудничестве № 1072 от 26.10.2020 г.

**Сведения о внедрении:** фотоснимки наиболее вредоносного и экономически значимого заболевания ячменя на юге России, сетчатой пятнистости листьев, представленные в базе данных (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621996 от 13.05.2024 г. «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе» (авторы: Волкова Г.В., Яхник Я.В., Данилова

А.В., Ариничева И.В., Ариничев И.В.)) использованы специалистами в разработке информационно-технологического комплекса для диагностики степени развития сетчатой пятнистости листьев на посевах озимого ячменя.

**Сведения об эффективности внедрения (биологическая, экономическая, экологическая и др.):** изображения используются для создания информационно-технологического комплекса для диагностики степени развития сетчатой пятнистости листьев.

ОТ ИСПОЛНИТЕЛЯ:

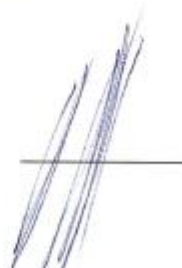
Гл. н. с., рук. лабораторией иммунитета  
растений к болезням  
ФГБНУ ФНЦБЗР, д. б. н.



Волкова Г. В.

ОТ ЗАКАЗЧИКА:

Профессор кафедры теоретической  
экономики ФГБОУ ВО  
«Кубанский государственный  
университет», д. э. н.



Сидоров В.А.

Рисунок 2 – Акт внедрения базы данных № 2024621996 от 13.05.2024 г.  
«Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах  
ячменя озимого в онтогенезе» в работу ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБНУ ФНЦБЗР

А. М. Асатурова

« 6 » марта 2025 г.



## АКТ

**внедрения баз данных «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе», «Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней» в учебный процесс Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений»**

Мы, нижеподписавшиеся, подтверждаем, что информация, представленная в базах данных № 2024621996 от 13.05.2024 г. «Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах ячменя озимого в онтогенезе» (авторы: Волкова Г.В., Яхник Я.В., Данилова А.В., Ариничева И.В., Ариничев И.В.), № 2023624018 от 09.11.2023 г. «Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней» (авторы: Данилова А. В., Яхник Я. В., Волкова Г.В., Лоскутов И. Г.) внедрена в учебный процесс Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» при реализации программы повышения квалификации «Основные виды грибных инфекционных заболеваний озимых колосовых культур на юге России» и программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений».

Заведующий отделом  
интеллектуальной собственности и  
инновационного развития, к.с.-х.н.

 С.А. Ермоленко

Начальник отдела аспирантуры и  
образовательной деятельности

 Е.А. Вертий

Заместитель директора по НИР  
к.с.-х.н.

 Н.С. Томашевич

Рисунок 3 – Акт внедрения базы данных № 2024621996 от 13.05.2024 г.  
«Изображения сетчатой пятнистости на различных по устойчивости сортах  
ячменя озимого в онтогенезе» в работу ФГБНУ ФНЦБЗР

Утверждаю:

Директор ФГБНУ ФНЦБЗР

А. М. Асатурова

«15» июня 2025 г.



Утверждаю:

Индивидуальный

предприниматель

ИП

Фандий

Василий

Николаевич

В.Н. Фандий

«15» июня 2025 г.



### АКТ

#### внедрения базы данных

#### «Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*) центральной агроклиматической зоны Краснодарского края»

**Краткое описание разработки:** База данных «Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*) центральной агроклиматической зоны Краснодарского края» содержит результаты двухлетних исследований на устойчивость рекомендуемых к посеву на юге России сортов ячменя озимого к наиболее вредоносному и экономически значимому заболеванию ячменя в регионе – сетчатой пятнистости листьев. В работе представлены результаты иммунологической оценки в фазу взрослого растения и ювенильную фазу растения-хозяина.

**Место проведения работ:** Краснодарский край, Тимашевский район, станица Новокорсунская, ИП Фандий Василий Николаевич.

**Время проведения работ:** октябрь 2023 г. – июль 2024 г.

**Разработчик:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений».

**Исполнители:** Яхник Я.В., Кустадинчев А.Д., Волкова Г.В., Данилова А.В.

**Основание выполнения:** договор о научном сотрудничестве № 2025 - НС.2025-215 от «15» июня 2025 г.

**Сведения о внедрении:** база данных «Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*) центральной агроклиматической зоны Краснодарского края» (свидетельство о государственной регистрации № 2025621010, авторы: Яхник Я.В., Кустадинчев А.Д., Волкова Г.В., Данилова А.В.) внедрена в работу ИП Фандий Василий Николаевич в рамках научного сопровождения технологии получения экологически безопасной продукции озимого ячменя для снижения фунгицидной нагрузки против доминантного патогена региона – сетчатой пятнистости листьев.

**Сведения об эффективности внедрения (биологическая, экономическая, экологическая и др.):** в результате внедрения в производство ИП Фандий Василий Николаевич данных по устойчивости сортов ячменя озимого против доминантного патогена региона (сетчатая пятнистость листьев) уменьшилось количество обработок химическими препаратами, что способствовало снижению фунгицидной нагрузки на агроценоз и получению экологически безопасной продукции.

ОТ ИСПОЛНИТЕЛЯ:

Гл. н. с., зав. лабораторией иммунитета  
растений к болезням  
ФГБНУ ФНЦБЗР, д. б. н.

 Волкова Г. В.

ОТ ЗАКАЗЧИКА:

Индивидуальный предприниматель  
Фандий Василий Николаевич



В. Н. Фандий

Рисунок 4 – Акт внедрения базы данных № 2025621010 от 04.03.2025 г.  
«Устойчивость сортов озимого ячменя к популяции возбудителя сетчатой  
пятнистости листьев (*Pyrenophora teres*) центральной агроклиматической зоны  
Краснодарского края» в работу ИП В.Н. Фандий