

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СЕВЕРО-ВОСТОКА имени Н.В. РУДНИЦКОГО»
(ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)

На правах рукописи

Щеклеина -

ЩЕКЛЕИНА ЛЮЦИЯ МУЛЛААХМЕТОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ОЗИМОЙ РЖИ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К СПОРЫНЬЕ
(*CLAVICEPS PURPUREA* (FR.) TUL.)
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор биологических наук
Шешегова Татьяна Кузьмовна

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1	
СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (обзор литературы)	18
1.1 История проблемы спорыньи	18
1.2 Географическое распространение и вредоносность спорыньи	22
1.3 Биологические особенности гриба <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.	28
1.4 Токсичность склероциев спорыньи	37
1.5 Агротехнологические методы повышения устойчивости к спорынье	43
1.6 Селекционное решение проблемы спорыньи	46
1.6.1 Механизмы устойчивости к спорынье	46
Глава 2	
УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	54
2.1 Почвенно-климатические ресурсы Волго-Вятского региона и Кировской области	54
2.2 Условия проведения полевых исследований	58
2.3 Материал и методика проведения исследований	64
Глава 3	
ИЗУЧЕНИЕ ВРЕДНОСНОСТИ СПОРЫНЬИ	81
3.1 Вредоносность спорыньи при разной степени поражения колоса и вклад генотипа в изменчивость болезни	81
3.2 Вредоносность спорыньи при разной степени поражения колоса	84
3.3 Вредоносность спорыньи на разных побегах растений озимой ржи	91

Глава 4

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОЧВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ СПОРЫНЬИ	96
4.1 Зависимость спорыньи от состояния климатических факторов	97
4.2 Влияние глубины заделки склероциев на их жизнеспособность	102
4.3 Влияние различных типов почв на прорастание склероциев	105
4.4 Жизнеспособность склероциев в различных природных биоценозах	108
4.5 Влияние травмирования поверхности склероциев на их прорастание	110
4.6 Жизнеспособность склероциев гриба <i>C. purpurea</i> , сформированных на разных побегах растений озимой ржи	112
4.7 Влияние кислотности почвы на жизнеспособность склероциев	113

Глава 5

ИЗУЧЕНИЕ БИОМЕТРИИ СКЛЕРОЦИЕВ И ТОКСИЧНОСТИ МЕСТНОЙ ПОПУЛЯЦИИ <i>C. PURPUREA</i> , ПОИСК СОРТОВ, УСТОЙЧИВЫХ К ПОРАЖЕНИЮ СПОРЫНЬЕЙ И К НАКОПЛЕНИЮ ЭРГОАЛКАЛОИДОВ	115
5.1 Изучение токсичности Кировской популяции <i>C. purpurea</i>	116
5.2 Поиск сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы, устойчивых к <i>C. purpurea</i> и не накапливающих эргоалкалоиды в склероциях гриба	119
5.3 Влияние морфо-биометрических показателей склероциев гриба <i>C. purpurea</i> на их токсичность и качество очистки зерна озимой ржи и яровой мягкой пшеницы	127

Глава 6

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СПОРЫНЬЕ	138
6.1 Моделирование фитопатогеноза спорыньи и учет болезни	138

6.2 Идентификация местной популяции гриба <i>C. purpurea</i>	151
6.3 Характер цветения растений, как биомаркер устойчивости к спорынье и поиск сортов озимой ржи с коротким и активным цветением	162
6.4 Анализ наследования устойчивости озимой ржи к спорынье	172
Глава 7	
СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ	177
7.1 Основные методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье	177
7.2 Скрининг генофондов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы на искусственном инфекционном фоне <i>C. purpurea</i>	181
7.3 Эффективность отборов на искусственном инфекционном фоне <i>C. purpurea</i>	192
Глава 8	
ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	200
8.1 Характеристика новых популяций озимой ржи по устойчивости к другим болезням и элементам структуры урожайности	200
8.2 Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы	214
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	230
ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВУ	235
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	236
ПРИЛОЖЕНИЯ	301

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению распространения спорыньи на зерновых культурах в различных регионах России [Гончаренко А.А., 2009; Пономарева М.Л. и др., 2019; Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021] и Республике Беларусь [Кадыров А.М., 2003; Немкович А.И., 2006; Урбан Э.П. и др., 2022], а также за рубежом, особенно в Центральной Европе [Mirdita V., Miedaner T., 2009; Miedaner T., Geiger H.H., 2015; Ražoutová S. et al., 2015; Tente E., 2020]. В России спорынья в той или иной степени распространена повсеместно, где возделывается озимая рожь. Ареал распространения болезни в настоящее время охватывает всю территорию Кировской области и большую часть Волго-Вятского региона [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2019]. Следует подчеркнуть, что проблема спорыньи не только отечественная. В Республике Беларусь поражение болезнью часто носит эпифитотийно-опасный характер в связи с возделыванием тетраплоидной и гибридной ржи, которая более восприимчива к спорынье [Немкович А.И., 1999б; Урбан Э.П., 2006; Урбан Э.П., Гордей С.И., 2018; Урбан Э.П. и др., 2023]. В Германии и Польше также наблюдается усиление заражения озимой ржи склероциями гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. и ростом пораженности посевов, что может быть связано с увеличением доли высокоурожайных, но более восприимчивых к спорынье гибридных сортов этой культуры [Amelung D., 1999; Engelke T., 2002; Miedaner T., Geiger H.H., 2015; Шлегель Р., 2015]. Известно, что в Германии, используя такой биомаркер как усиленное образование пыльцы в технологии PollenPlus®, созданы высокопродуктивные гибриды ржи с высокой устойчивостью к спорынье. Благодаря полноценному опылению цветки таких генотипов быстрее закрываются и ограничивают проникновение спор *C. purpurea* к завязи [Селекционные цели... (Электронный ресурс)].

Возбудитель болезни – гриб *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne из класса *Ascomycetes*, широко специализированный патоген, поражающий все зерновые культуры и многие злаковые травы, но наиболее сильно поражается озимая рожь,

как открытоцветущее растение. Усиливается поражение и другой продовольственной культуры – пшеницы [Хазиев А.З., Пономарева М.Л., 2007; Шешегова Т.К. и др., 2021; Щеклеина Л.М., 2022с; 2023б].

Расширение ареала и усиление вредоносности спорыньи обусловлено комплексом причин. Определенную фитосанитарную опасность представляют неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения, в которых накапливаются инфекционные структуры гриба *S. purpurea*. Современные агротехнологии, направленные на минимальные способы обработки почвы, насыщенность севооборотов зерновыми культурами, посев свежесобранными семенами, ограниченность применения фунгицидов при отсутствии устойчивых сортов и надежных семяочистительных машин, все это обеспечивает сохранность возбудителя в природе. И при определенных погодных условиях может быть спровоцирована вспышка болезни.

Принимая во внимание биологическую опасность спорыньи, содержание склероциев гриба *S. purpurea* в продовольственном и фуражном зерне во всем мире строго регламентируется. В соответствии с требованиями отечественного государственного стандарта [ГОСТ 16990-88 Рожь (Электронный ресурс)] на заготавливаемую рожь допускается наличие 0,25% склероциев спорыньи для зерна 1, 2, 3-го классов или группы А (для переработки в муку) и 0,5% – для 4-го класса или группы Б (для кормовых целей и переработки в комбикорма). На поставляемую рожь количество склероциев в группе А не должно превышать 0,05%, в группе Б – 0,1%. В оригинальных семенах не допускается наличие склероциев гриба *S. purpurea* [Хоченков А.А., 2000; Хоченков А.А. и др., 2000б; Кадыров М.А. и др., 2004], что в определенной степени способствует уменьшению распространения болезни в посевах зерновых культур и содействует повышению качества зерна. В соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», содержание склероциев не должно быть выше 0,05% [Герасина А.Ю., Казаджан М.Д., 2020; Опасная вредная примесь – спорынья... (Электронный ресурс)]. Однако, несмотря на существующие ограничения в отечественном и мировом производстве зерна, избавиться

от токсичных склероциев пока не удастся, а эргоалкалоиды гриба *C. purpurea* регулярно находят в переработанных из зерновых культур пищевых продуктах [Tente E., 2020].

Вредоносность спорыньи заключается не только в снижении продуктивности растений на 5–10% при коммерческом производстве зерна [Wegulo S.N., Carlson M.P., 2011] за счет щуплости сформировавшегося него и образовании вместо него склероциев, но и их токсичности, которые могут вызвать у человека и животных – заболевание эрготизм [Гагкаева Т.Ю. и др., 2012; Pažoutová S. et al., 2015; Schardl C.L., 2015; Roberts A. et al., 2016; Артамонов И.В., 2023]. Но эти же эргоалкалоиды незаменимы как действующие вещества многих лекарственных препаратов [Быков В.А. и др., 2012; Щеклеина Л.М., 2020а; Бобылева Р.И., Савин П.С., 2021; Щеклеин М.А., Щеклеина Л.М., 2023]. Известно, что эргоалкалоиды гриба *Claviceps purpurea* очень термостабильны при приготовлении различных продуктов питания [Scott P.M., 2007; Maruo V.M. et al., 2018], что усиливает их скрытую биологическую опасность [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2021].

Химический способ защиты от спорыньи в силу разных причин практически не применяется [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2017б; Гусев И.В., 2020; Sheshegova T.K., Shchekleina L.M., 2020]. Протравливание семенного материала часто экономически невыгодно из-за относительно небольшого количества жизнеспособных склероциев в нем. Кроме того, в списке пестицидов и агрохимикатов, разрешенных на территории Российской Федерации зарегистрировано небольшое количество препаратов [Государственный каталог..., 2023 (Электронный ресурс)], да и биологическая эффективность их невысокая [Буга С.Ф., 2013, 2000; Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2014, 2020; Щеклеина Л.М., 2023д]. Обработка посевов в период вегетации технологически сложна и сопряжена с опасностью химического повреждения открытой завязи.

Что касается селекционного пути решения этой проблемы, то отдельные исследования проводятся в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный

центр Российской академии наук» (ФИЦ Казанский научный центр РАН, г. Казань), в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», Московская обл.) и ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР, г. Санкт-Петербург).

В настоящее время известно об очень ограниченном количестве отечественных исследований по спорынье, освещенных в отдельных научных трудах [Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., 2001; Хазиев А.З., 2008с; Гончаренко А.А., 2009; Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021]. Спорынья в силу многих причин современного сельскохозяйственного производства и организации землепользования представляет собой серьезную проблему для оригинального и элитного семеноводства продовольственных и зернофуражных культур, а также для кормопроизводства и питания человека. До настоящего времени в Российской Федерации сортов зерновых культур, устойчивых к этой болезни, в производстве нет, как нет и технологии их создания. Генофонд основных продовольственных культур – озимой ржи и яровой мягкой пшеницы недостаточно исследован по устойчивости, особенно в условиях искусственной инокуляции растений, что затрудняет выявление и использование эффективных источников устойчивости и доноров. Недостаточно информации о биохимических маркерах резистентности. Отсутствуют данные о генетическом контроле признака, генотипически обусловленной токсичности склероциев, характере влияния климатических факторов на разные этапы патогенеза спорыньи, жизнеспособности патогена в разных условиях среды.

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему и посвящена обоснованию мероприятий по повышению устойчивости озимой ржи и яровой мягкой пшеницы к повсеместно прогрессирующей и достаточно сложной в селекционном плане болезни – спорынье. Поэтому изучение этих вопросов позволило бы установить вклад различных факторов в патогенез, что актуально в фитосанитарном прогнозировании; определить уровень снижения продуктивности растений и биологической опасности склероциев у разных сортов

зерновых культур; жизнеспособность склероциев и инфекционный потенциал гриба *C. purpurea* в зависимости от почвенно-климатических и других средовых факторов – это важнейшие задачи, обеспечивающие контроль и снижение спорыньи в посевах зерновых культур.

Цель исследования – разработать селекционно-иммунологические методы повышения устойчивости к спорынье и создать на их основе урожайные, устойчивые сорта, популяции и линии озимой ржи и яровой мягкой пшеницы для условий Северо-Востока Нечерноземья России.

Для достижения данной цели поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать распространение и вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи в Северо-Восточном регионе Нечерноземья России для обоснования исследований;
- определить жизнеспособность склероциев и инфекционный потенциал гриба *C. purpurea* в зависимости от почвенно-климатических и других факторов;
- оценить токсичность кировской популяции гриба *C. purpurea* и выявить для селекции сорта озимой ржи и яровой пшеницы с нетоксичными склероциями и слабо поражаемые спорыньей;
- установить связь биометрии склероциев озимой ржи и яровой пшеницы с их токсичностью, а также токсичности и патогенности гриба *C. purpurea*;
- изучить особенности цветения у разных сортов озимой ржи и обосновать использование этого биомаркера при поиске источников устойчивости; выявить для селекции слабо поражаемые сорта с коротким и активным цветением;
- изучить закономерности наследования и контроля устойчивости озимой ржи к спорынье;
- разработать методы создания искусственного инфекционного фона на спорынью и обосновать использование их применительно к задачам селекции;
- выявить путем скрининга селекционного и коллекционного материала озимой ржи и яровой пшеницы в условиях искусственной инокуляции *C. purpurea* источники устойчивости и использовать их в селекции;

- создать методом рекуррентных биотипических отборов на искусственном инфекционном фоне *C. purpurea* источники устойчивости и использовать их в создании новых популяций и перспективных сортов озимой ржи;

- разработать методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье и на их основе создать урожайные и устойчивые к болезни сорта.

Работа выполнена в период с 2009 по 2024 гг. в лаборатории иммунитета и защиты растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров) в соответствии с планом научно-исследовательских работ: №№ государственной регистрации АААА-А16-116021950056-8 (2013–2020 гг.); АААА-А16-116021950059-9 (2013–2020 гг.); АААА-А19-119042290135-7 (2019–2021 гг.); АААА-А19-119042290130-2 (2019–2021 гг.); 1021060407724-6 (2022–2024 гг.), при поддержке РФФИ (конкурсный проект 09-04-13644-офи_ц, 2009–2010 гг.), конкурсным проектом Межотраслевой НПП «Рожь» (2009–2013 гг.) и проектом «Иммунная рожь» (2009–2013, 2014–2016 гг.).

Научная новизна работы. Впервые в России разработаны методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье, но и некоторые специфичные вопросы жизнедеятельности возбудителя спорыньи – гриба *C. purpurea*. Это важно для обоснования особенностей селекционно-иммунологических исследований в этом направлении. Впервые за последние 25 лет тщательно проанализировано распространение спорыньи и изучена ее вредоносность на посевах озимой ржи в Северо-Восточном регионе Нечерноземья России. Впервые проанализирована жизнеспособность склероциев и инфекционный потенциал возбудителя болезни в зависимости от почвенно-климатических и других средовых факторов, что имеет значение при сезонном прогнозе и уровне вредоносности спорыньи. Впервые оценена токсичность кировской популяции гриба *C. purpurea* и выявлены особо ценные для селекции сорта озимой ржи и яровой мягкой пшеницы с нетоксичными склероциями и

слабопоражаемые спорыньей. Впервые проанализирована и установлена связь между морфо-биометрическими показателями склероциев озимой ржи и яровой пшеницы с их токсичностью. Установлено отсутствие связи между токсичностью склероциев и патогенностью гриба *C. purpurea*. Впервые доказана связь между характером цветения растений озимой ржи и восприимчивостью их к спорынье и выявлены источники устойчивости, характеризующиеся коротким и активным цветением – как маркером устойчивости к болезни. Впервые установлена цитоплазматическая детерминация и достоверный материнский эффект в наследовании устойчивости озимой ржи к спорынье. Впервые с использованием рабочей коллекции возбудителя – гриба *C. purpurea*, имеющейся в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока разработаны и успешно апробированы при скрининге генофондов озимой ржи и яровой пшеницы три метода создания искусственного инфекционного фона на спорынью и обосновано использование способов инокуляции применительно к разным задачам селекции. Впервые выявлены и созданы методом рекуррентных биотипических отборов на искусственном инфекционном фоне *C. purpurea* эффективные источники устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы. Впервые разработаны методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье, которые нашли применение при создании высокоурожайных и устойчивых к спорынье сортов озимой ржи и яровой пшеницы в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Новизна научных исследований защищена тремя патентами Российской Федерации на сорта озимой ржи Флора (№ 5590, 19.10.2012 г.; доля авторства 5%), Графиня (№ 8221, 26.01.2016 г.; 10%) и Лика (№ 14240, 16.07.2025 г., 5%); патентом на полезную модель «Машина для отделения склероций гриба *Claviceps purpurea* Tul. от семян ржи» (№ 214128, 12.10.2022 г.; 10%). Переданы и проходят государственное испытание сорта яровой мягкой пшеницы Традиция (заявка № 86188/7754277, дата приоритета 25.02.2022 г.; 15%) и озимой ржи Талица (заявка № 89030/7652942, дата приоритета 10.05.2023 г.; 5%).

Теоретическая значимость работы. Результаты исследований имеют значение для целенаправленного поиска устойчивого исходного материала, создания эффективных источников и устойчивых сортов, а также для обеспечения снижения поражения посевов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы спорыньей. Разработанные модели искусственного инфекционного фона могут быть использованы в селекционной и иммунологической работе при поиске и создании источников устойчивости. Новые знания по генетическому контролю устойчивости озимой ржи к спорынье позволяют правильно составлять комбинации скрещиваний с учетом цитоплазматической детерминации признака. Доказательный характер цветения озимой ржи является эффективным биомаркером неспецифической устойчивости к спорынье, а сорта с активным и коротким цветением – как источники устойчивости к спорынье. Установлена генотипически обусловленная токсичность гриба *C. purpurea*, которая позволяет выявлять биологически ценные сорта озимой ржи и яровой пшеницы, не накапливающие эргоалкалоиды в склероциях. Наличие отрицательной связи между биометрией склероциев и их токсичностью повышает требования к биологической чистоте продовольственного и фуражного зерна от мелких склероциев. Обоснована возможность повышения устойчивости озимой ржи путем рекуррентных биотипических отборов в сортовых популяциях в условиях инфекционного фона. Выявлена значительная изменчивость жизнеспособности и инфекционного потенциала гриба *C. purpurea* в разных климатических условиях и типах почв, местообитании склероциев в природе, уровнях заделки в почву и их травмированности.

Практическая значимость работы. Выявлены и созданы источники устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы, включенные в селекционный процесс отдела озимой ржи и лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Три сорта (в соавторстве) озимой ржи (Флора, Графиня и Лика) включены в Государственный реестр селекционных достижений. Разработана (в соавторстве) полезная модель «Машина для отделения склероций гриба *Claviceps purpurea* Tul. от семян ржи». Подготовлены (в соавторстве) одна

монография (Спорынья зерновых культур, 2019) и два научно-практических рекомендаций (Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье, 2018; База данных генисточников по комплексу и отдельным хозяйственно-ценным признакам для использования в селекции, 2024). Сорта яровой мягкой пшеницы Традиция и озимой ржи Талица переданы и проходят государственное испытание. Выделенные сорта, популяции и линии включены в созданную рабочую коллекцию по иммунологическим и селекционно-ценным признакам и свойствам, и используются в схемах селекционного процесса, в том числе для создания сортов, устойчивых или слабо поражаемых спорыньей.

Методология и методы исследований. Теоретические знания и методология исследований базируются на аналитической проработке литературных источников за период с 1953 по 2023 гг., в том числе из базы данных научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, включающей публикации ведущих отечественных и зарубежных ученых-исследователей по данной тематике. В работе использованы аналитические, экспериментальные (лабораторные, вегетационные и полевые исследования) и статистические (математический анализ полученных результатов) методы исследований.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- климатические (избыток осадков при прорастании склероциев и заражении завязи растений) и агротехнологические (заделка склероциев на глубину пахотного горизонта, и перезимовка их в супесчаной почве, двухлетнее хранение склероциев) факторы, обеспечивающие контроль спорыньи в природе;
- модели искусственных инфекционных фонов на спорынью, позволяющие выявлять и создавать новые популяции и перспективные сорта озимой ржи для селекции;
- генотипическая обусловленность (растение–хозяин) токсичности склероциев гриба *S. purpurea*;
- короткий и активный период цветения растений – как ценный биомаркер устойчивости к спорынье;

- методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье;

- новые сорта и популяции озимой ржи, сорта и линии яровой пшеницы, устойчивые и слабо поражаемые спорыньей – как источники устойчивости к болезни; их иммунологическая и селекционная ценность.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Достоверность результатов исследований подтверждена многолетними полевыми, вегетационными и лабораторными опытами, которые были проведены на высоком методическом уровне с использованием современных высокоточных приборов и лабораторного оборудования, а также статистической обработкой данных, публикациями автора и публичном их представлении на 49 научных мероприятиях.

Основные положения диссертации доложены на *международных научно-практических конференциях*: «Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур» [Киров, 2013]; «Методы и технологии в селекции растений» [Киров, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024]; «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем» [Краснодар, 2016]; «Новейшие агротехнологии: теория и практика» [Украина: Винница, 2017]; «Знания молодых: наука, практика и инновации» [Киров, 2019]; «Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства» [Киров, 2019]; «От растения до лекарственного препарата» [Москва, 2020]; «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения» [Москва, 2020, 2021, 2023]; «Агробιοтехнология–2021» [Москва, 2021]; «Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси» [Республика Беларусь: Минск, 2022]; «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» [Краснодар, 2022]; «Проблемы селекции–2022» [Москва, 2022]; «Российская наука в современном мире» [Москва, 2023, 2024]; «Современные достижения в развитии сельского хозяйства» [Киров, 2023]; «Приоритеты направления развития инновационных технологий в земледелии, растениеводстве, селекции и семеноводстве» [Республика Беларусь:

Жоди́но, 2024]; «Новая наука в новом мире» [Петрозаводск, 2024]; «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов» [Курск, 2024]; *на международном симпозиуме ЭУКАРПИИ по селекции и генетике ржи* [Республика Беларусь: Минск, 2012]; *на школе-конференции «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов»* [Москва, 2018]; *на всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием, посвящ. 145-летию со дня рождения А.Г. Дояренко* [Саратов, 2019]; *на съезде микологов России «Успехи медицинской микологии»* [Москва, 2022]; FSRAABA 2021: «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» [Tyumen, 2021]; *на всероссийской научно-практической конференции имени Жореса Алфёрова* [Санкт-Петербург, 2022]; *на всероссийских научно-практических конференциях с международным участием: «Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка»* [Екатеринбург, 2012]; «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» [Киров, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024]; «Экология родного края: проблемы и пути их решения» [Киров, 2017, 2018, 2023]; «Достижения и перспективы развития АПК России» [Казань, 2024]; на заседаниях методической комиссии Северо-Восточного селекцентра и Ученого совета ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в период с 2009 по 2024 гг.

Публикация результатов исследования. По материалам исследований опубликовано 94 научных работ, в том числе 26 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (20 публикаций – ядро РИНЦ), 6 – в зарубежных изданиях, входящих в базу, данных Scopus и Web of Science и получены (в соавторстве) 3 патента на селекционные достижения и 1 патент на полезную модель. Изданы (в соавторстве) 1 монография и 2 издания научно-практических рекомендаций. Соискатель является соавтором 3 сортов озимой ржи, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ: Флора, Графиня и Лика.

Личный вклад соискателя. Представленная работа является результатом обобщения экспериментальных данных лабораторных, вегетационных и полевых исследований, полученных за период с 2009 по 2024 гг. Вклад автора состоит в

непосредственном участии при формулировании проблемы и планировании научного эксперимента, обосновании цели и задач исследований, закладке и проведении лабораторных, вегетационных и полевых экспериментов, сборе и обработке исходных данных, анализе и интерпретации полученных результатов, формулировке научных положений и выводов, написании и оформлении текста диссертации. Теоретические и экспериментальные исследования проведены автором самостоятельно, либо совместно с научными сотрудниками лабораторий ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров, п. Фаленки), а также специалистами Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН – в ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (ИБФМ РАН, г. Пушкино, Московская обл.), которые являются соавторами научных публикаций и новых сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы.

Структура и объем и диссертации. Диссертационная работа изложена на 374 страницах и включает: обзор литературы, экспериментальную часть из 8 глав, заключение, предложения селекции и производству, список литературы и приложения. В работе содержится 56 таблиц, 73 рисунков и 46 приложений. Список литературы включает 558 источников, в том числе 238 работ иностранных авторов.

Благодарности. Соискатель выражает глубокую благодарность научному консультанту, доктору биологических наук Татьяне Кузьмовне Шешеговой, за постоянную и неоценимую помощь, внимание и поддержку, оказываемые на всех этапах выполнения диссертационной работы; директору ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, кандидату сельскохозяйственных наук Игорю Александровичу Устюжанину; заведующей отделом озимой ржи, доктору сельскохозяйственных наук Елене Игоревне Уткиной; заведующей лабораторией селекции яровой мягкой пшеницы, кандидату биологических наук Людмиле Владиславовне Волковой; научному сотруднику лаборатории молекулярной биологии и селекции, кандидату сельскохозяйственных наук Анастасии Владимировне Хариной, коллегам – сотрудникам отдела озимой ржи и лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока; членам семьи за поддержку и помощь.

Считаю своим долгом почтить светлую память учителей и наставников – выдающегося селекционера озимой ржи, доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного агронома Российской Федерации Лидии Ивановны Кедровой и почетного профессора ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», доктора биологических наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации Владимира Дмитриевича Кобылянского.

Глава 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (обзор литературы)

1.1 История проблемы спорыньи

Спорынья злаков наделала много неприятного в истории народов и целых государств из-за заболевания «эрготизм», вызываемое отравлением алкалоидами гриба *Claviceps purpurea*. Еще в период средневековья были зарегистрированы случаи заболевания, проявившиеся в виде ощущения горения рук и ног, сильных судорог, потери сознания и галлюцинаций; позднее развивалась гангрена, приводящая к почернению и отмиранию пальцев рук и ног [Bretag T., Merriman P.R., 1981; Покровский В.И., Тутельян В.А., 1982; Matossian M.K., 1989; Craig J., Hignight K.W., 1991; Труфанов О. и др., 2009].

В 1853 г. французский ученый Rene Tulasne впервые доказал сложный жизненный цикл спорыньи. Он установил, что склероции, сумчатая и конидиальная стадии, считавшиеся до сих пор обособленными грибами, представляют собой фазы развития одного и того же вида *Claviceps purpurea* [Milovidov P., 1956; Chelkowski J., Kwasha H., 1986; Tanner J.R. St., 1987; Mielke H., 1993].

Возраст рода *Claviceps* оценивается в 20,4 млн лет [Pichová K. et al., 2018], несмотря на, что изучение эволюционной истории его начато недавно [Hinsch J. et al., 2015; Wyka S.A. et al., 2021]. Грибы рода *Claviceps* считаются эволюционно более успешными и приспособленными, благодаря широкому кругу растений-хозяев и большому ареалу распространения [Hareven D., Koltin V., 1970; Hinsch J. et al., 2016; Kind S. et al., 2018]. В настоящее время ведется работа по уточнению классификации и систематического положения природных паразитарных штаммов спорыньи [Liu M. et al., 2020]. Род *Claviceps* считается биотрофным организмом [Oeser B. et al., 2017], однако высказываются предположения и о некротрофических свойствах [Tente E. et al., 2021]. Среди многих родов *Claviceps* наиболее часто встречается спорынья пурпурная – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.

Во Франции эпидемии следовали одна за другой. В 994 г. на территории Аквитании, близ города Лимож, произошла вспышка эпидемии эрготизма, тогда в мучительных страданиях скончалось более 40 тысяч человек. За период с X по XIV век было зафиксировано 24 сильнейших эпидемии, унесших жизни множества людей [Эрготизм... (Электронный ресурс)]. Болезнь распространялась и в других странах. За период с 1129 по 1963 гг. на территории Азии, Северной и Южной Америке, Африке, Австралии и Бразилии было зафиксировано более 40 случаев заболевания [Bandyopadhyay R. et al., 1996; Reis E.M. et al., 1996]. За период с 1581 по 1859 гг. в Европе было зарегистрировано 62 эпизода эпидемии. Наиболее часто эпидемии отмечались в Германии (29 случаев), России (11) и Швеции (10). В Италии зафиксировано 4 случая, в Финляндии – 2, в Нидерландах, Англии, Швейцарии, Норвегии, Венгрии и США по одному случаю [Реформаторский Н.Н. Душевное расстройство...; Куцик Р.В., Зузук Б.М. Спорынья... (Электронные ресурсы); Лапшина И., 2003]. Эрготизм, несмотря на свое преимущественное распространение в более холодных регионах, также представляет опасность для стран с теплым климатом. Наиболее серьезные вспышки эпидемии, вызванной африканской спорыньей, паразитирующей на сорго, были зафиксированы в Африке в 1903–1906 гг. и 1963 г. В 1951 г. на территории южного французского города Пон-Сент-Эспри была зарегистрирована крупномасштабная вспышка этого заболевания. В результате этой эпидемии пострадали более 250 жителей города, семь из них скончались [Gabbai F.P. et al., 1951].

Первые документально подтвержденные случаи заболевания эрготизмом на территории Российской Федерации упоминаются в 1408 г. За период с 1710 по 1909 гг. на территории страны было отмечено 24 вспышки этого заболевания. В 1832 г. была зафиксирована одна из наиболее разрушительных эпидемий, охватившая 30 регионов и характеризующаяся чрезвычайно высокой смертностью, достигшей 66% [Левитин М.М., 2009]. Последняя эпидемия наблюдалась в некоторых районах юга в 1926–1927 гг., число заболевших составило более 11 000 случаев [Эрготизм... (Электронный ресурс)].

В Вятской губернии (в настоящее время Кировская область), сильнейшая эпидемия была зафиксирована в 1889 г., когда на отдельных полях доля склероциев спорыньи в зерне достигала 25%. За один год от отравления склероциями спорыньи погибло около 500 человек [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К. 2013]. Мука из зерна свежего урожая из-за большого количества склероциев в нем по цвету напоминала золу [Блауберг М. Спорынья... (Электронный ресурс)]. В связи с распространением зараженного зерна, губернские власти вынуждены были принять меры по его замене на более качественное, купленного в других уездах [Реформаторский Н.Н. Общий обзор «злой корчи...»; Орлов В.Д. Исследование зернового хлеба и муки... (Электронные ресурсы)].

Спорынья поражает более 400 видов зерновых культур, злаковых трав и дикорастущих злаков [Pažoutová S., 2001; Tooley P.W. et al., 2001; Weipert D., 2002; Станчева Й., 2003; Walkowiak S. et al., 2022]. Заражение злаковых культур спорыньей происходит в период цветения. При этом поражаются ткани не оплодотворенных цветков женских растений, которые замещаются склероциями гриба [Богомоллов А.М., 1967; Чумаков А.Е., 1973; Scheffer J., et al., 2005]. Виды *Claviceps* не способны проникать через закрытые чешуи, наибольшую угрозу представляют перекрестноопыляемые культуры. Наиболее часто спорыньей поражается озимая рожь (*Secale cereale* L.) [Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 1982; Урбан Э.П., 1999; Гончаренко А.А., 2000; Немкович А.И., 2000а; Пономарев С.Н., 2014; Уткина Е.И., 2017]. Это обусловлено открытым цветением растений ржи, в результате этого ее завязь легко доступна для заражения спорами гриба [Гитман Л.С., 1960; Lorens K., 1979; Cagas B., 1988; Kodisch A. et al., 2020]. Особенности строения цветка озимой ржи (отсутствие развитого венчика; пыльники, разбрасывающие в воздух значительное количество пыльцы; наличие перистых рылец с большой улавливающей поверхностью) способствует перекрестному опылению [Латыпов А.З., Корзун А.Е., 1971; Лазаревич С.В., Лазаревич Н.В., 1977]. При этом механизм заражения спорыньей достаточно агрессивен и эффективен, так как аскоспоры и конидии гриба *S. purpurea* способны

проникать в завязь не только через рыльце пестика, но и через столбик и меристематические ткани у основания завязи [Кадыров М.А. и др., 1997].

Среди других злаковых культур спорыньей регулярно поражаются пшеница, тритикале, ячмень, а также злаковые травы (рисунок 1); их восприимчивость к заболеванию часто является побочным результатом селекции [Gregory R.S., Webb P.J., 1987; Крупнов В.А., Бороздина А.В., 2001; Кадыров А.М., 2002; Булавина Т., 2003; Mette M.F. et al., 2015]. У пшеницы одинаково подвержены инфицированию *S. purpurea* мягкая (*Triticum aestivum* L.) и твердая (*T. turgidum* subsp. *durum* (Desf.) Husn.) [Латыпов А.З., Апрель В.И., 1971; Platford R.G., Bernier C.C., 1970, Gordon A. et al., 2020].



Рисунок 1 – Спорынья на зерновых культурах и злаковых травах

В настоящее время в силу ряда причин селекционно-семеноводческого, агротехнологического и хозяйственного характера проблема спорыньи не менее актуальна для сельскохозяйственной и биологической науки, отраслей сельского хозяйства, комбикормовой и перерабатывающей промышленности.

1.2 Географическое распространение и вредоносность спорыньи

Спорынья проявляется всюду при наличии условий, способствующих развитию гриба *S. purpurea*. Для оптимального роста и развития этого гриба требуются повышенная влажность воздуха (не менее 70%) в сочетании с умеренной температурой (около +20°C) во время цветения зерновых культур. Такие условия наиболее характерны для территории Республики Беларусь, стран Прибалтики, западных областей Украины и Польши, Дальнего Востока и северо-восточных районов европейской части Российской Федерации [Пуляевский Р.Ю., 1996; Maluszynska E. et al., 1998; Wiewiora B., Pronczuk M., 2001; Афанасова и др., 2003; Ушанов Ю.А., 2013] (рисунок 2).

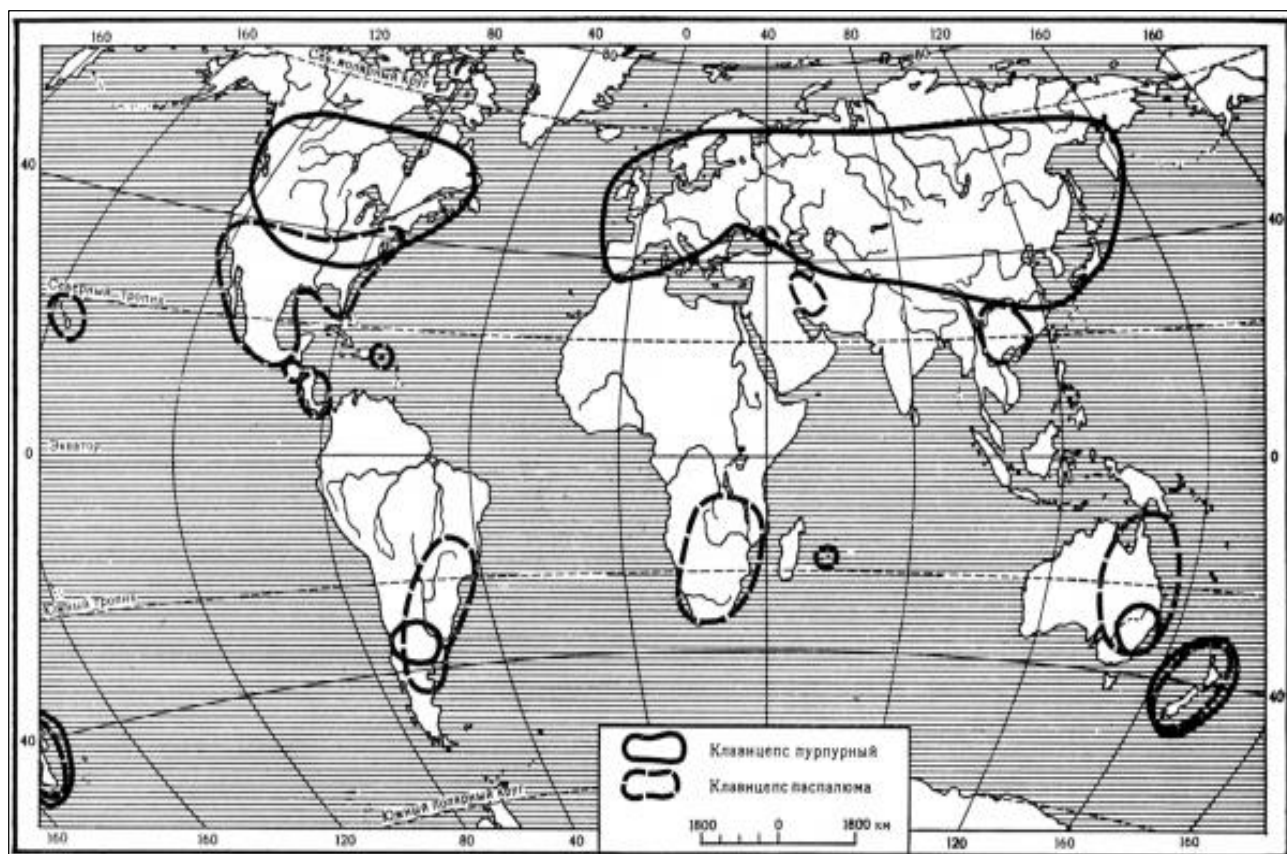


Рисунок 2 – Карта распространения важнейших спорыньевых грибов в мире
(режим доступа: <http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z0000026/st038.shtml>)

В настоящее время во многих регионах Приволжского федерального округа наблюдается распространение спорыньи на посевах озимой ржи, причем степень

поражения его варьируется от 0,01% до 1,0%. За период с 2017 по 2021 гг. в Волго-Вятском регионе этот показатель достигал 2,0%. Максимальное распространение болезни было зафиксировано в Республике Марий Эл (5,0% в 2018 г., 10,0% – 2017 и 2020 гг.) и Нижегородской области (8,3% в 2018 г., 10,0% – 2020 г.) [Обзор фитосанитарного состояния..., 2016–2021 гг. (Электронные ресурсы)].

В условиях Кировской области спорынья ежегодно проявляется на 50–60% посевной площади озимой ржи. Анализ данных за 25 лет (1999–2024 гг.) по распространению спорыньи в Кировской области, проведенных по данным ФГБУ «Россельхозцентр», позволяет говорить, что до 1999 года спорынья не считалась экономически значимой болезнью и в региональных «Прогнозах распространения вредителей и болезней...» не приводилась. По многолетним наблюдениям на посевах озимой ржи ежегодно наблюдалось проявление спорыньи со средним поражением возделываемых сортов от 0,02% до 1,70% (рисунок 3). В 2001, 2017, 2024 гг. в связи с аномальными по тепло- и влагообеспеченности условиями вегетации, спровоцировавшими усиление развития гриба *S. purpurea* на отдельных полях поражение достигало 8,0%, 5,0% и 13,3% соответственно. При таком высоком уровне распространения болезни на 1 м² посева содержится от 0,5 до 3,3 растений со склероциями гриба [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2017a]. При сильном поражении (более 3 склероций в колосе) их весовое содержание в урожае превышает допустимые нормативы для продовольственного и фуражного использования зерна. Наиболее поражаемым является сорт озимой ржи Кировская 89 (0,9–8,0%), но в отдельные благоприятные для патогена годы не менее поражаются и другие сорта: Крона – до 4,0%, Вятка 2 – до 6,0%, Фаленская 4 – до 0,8% [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2019]. Поэтому из-за спорыньи происходит значительное снижение количества и качества зерна и ощущаются серьезные экономические потери [Rothacker D. et al., 1988; Немкович А.И., Буга С.Ф., 2000; Workneh F., Rush C.M., 2002; Franzmann C. et al., 2011; Menzies J.G., Turkington T.K., 2015]. Биологическая опасность спорыньи вызывает серьезную обеспокоенность среди фитопатологов, селекционеров и

сельхозтоваропроизводителей, так как эта болезнь напрямую влияет на ухудшение качества зерна для пищевых и кормовых целей [Пономарев С.Н. и др., 2012].

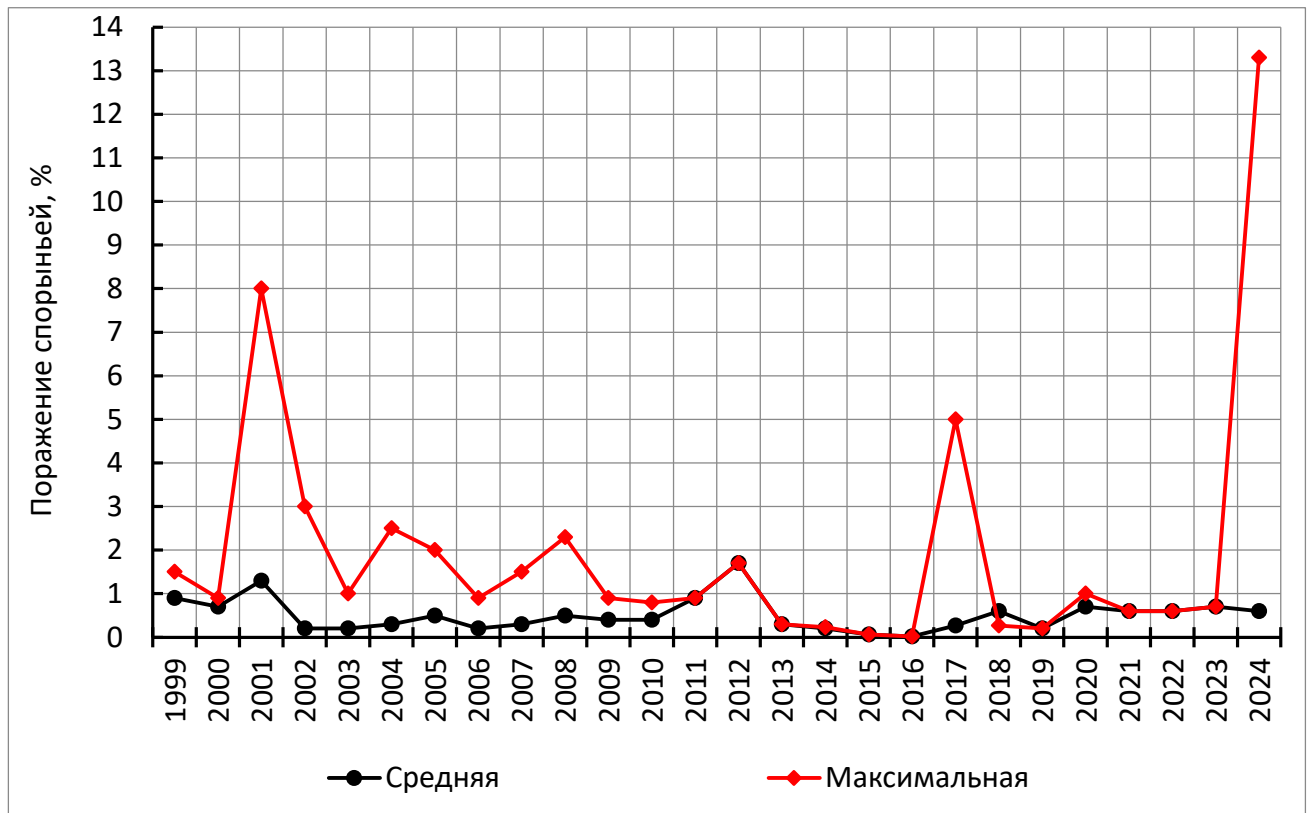


Рисунок 3 – Динамика поражения посевов озимой ржи спорыньей в Кировской области (по данным кировского филиала ФГБУ «Россельхозцентр»)

По данными Агроэкологического атласа России [Дмитриев А.П., Будревская И.А., 2008], ареал распространения и достаточно сильная вредоносность спорыньи охватывает всю территорию Кировской области (рисунок 4).

Вредоносность спорыньи многогранна. Потери урожая связаны с тем, что часть зерна у растения теряется за счет замещения его склеротциями (рисунок 5). Происходит обеспложивание большого количества ближних к завязи цветков, так как интенсивное образование склеротциев приводит к истощению запасов питательных веществ в растении, что в свою очередь, подавляет развитие цветков в непосредственной близости от завязи; наблюдается снижение количества зерен или формирование мелких и неполноценных зерновок [Щеклеина Л.М., 2019б].

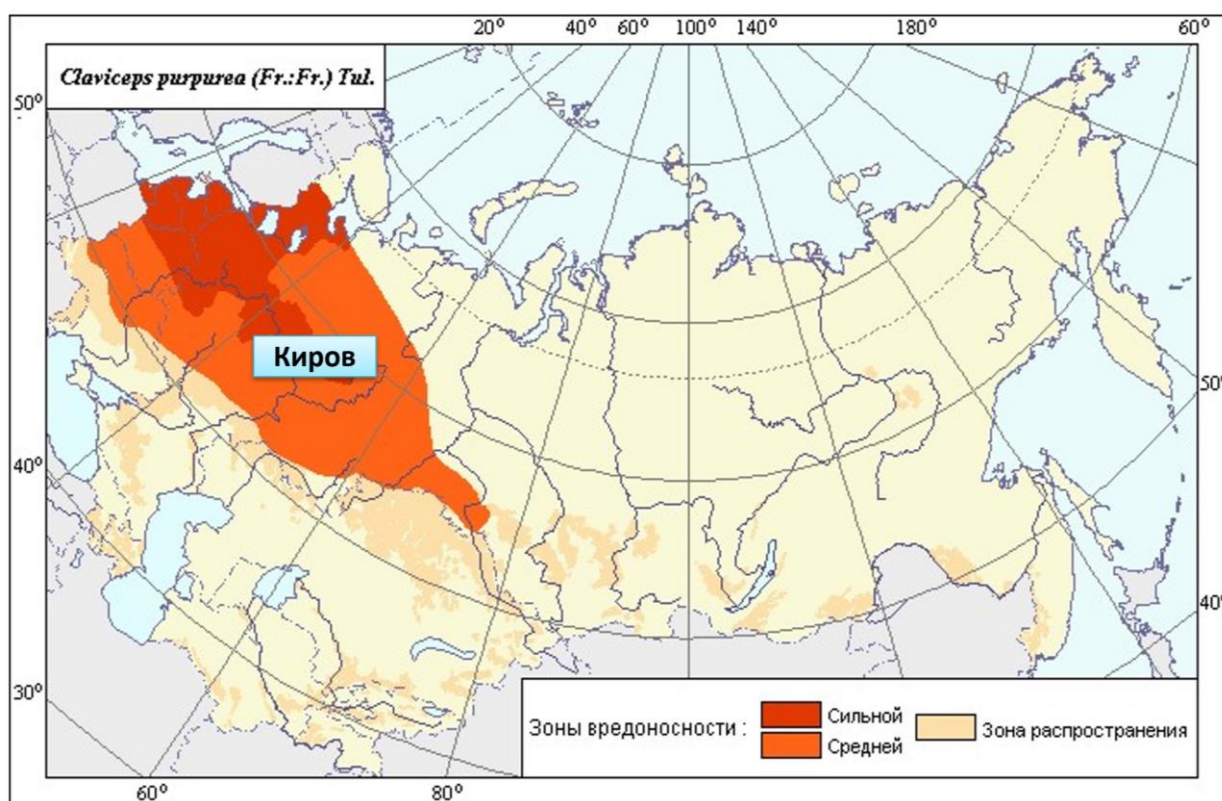


Рисунок 4 – Зоны распространения и вредоносности спорыньи озимой ржи в Российской Федерации (режим доступа: www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/)



Рисунок 5 – Обеспложивание цветков озимой ржи в связи с формированием склероциев спорыньи

Данные о вредоносности спорыньи часто занижены, постольку о них судят по проценту растений со склероциями в посеве, а не по количеству склероциев в зерне. При уборке, сушке и очистке зерна значительная часть его теряется и попадает в почву или остается в семенном и фуражном зерне в виде биологической примеси. Несмотря на обилие научной литературы по данному вопросу, они носят общий характер и не позволяют получить полное представление о характере как прямого, так и косвенного вреда от этой болезни [Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2017а.; Щеклеина Л.М., 2019б].

Вредоносность усиливается при совместном действии таких факторов, как наличие инфекции *S. purpurea* в природе (склероции на поверхности почвы и в семенном материале) и нарушение агротехнологических приемов (минимальная обработка почвы, короткоротационные севообороты с преобладанием зерновых культур, посев свежееубранными семенами и другое), в совокупности с благоприятными погодными условиями в период прорастания склероциев и заражения завязи, а также сильная восприимчивость конкретного сорта (культуры) к болезни.

Многочисленные исследователи отмечают разный уровень ущерба от спорыньи. В ранних исследованиях отечественных и зарубежных ученых снижение урожая озимой ржи варьировало от 5% до 20% [Рождественский Н.А., 1927; Кособуцкий М.И., 1929; Krebs J., 1936; Синицкий В.С., 1962а; Ефимова Н., 1969]; в работах прибалтийских, немецких и финских ученых-исследователей потери составляли 6% [Dabkevičius Z., Semaškiene R., 2001], 25% [Jank B., 1986] и 34% [Гитман Л.С., 1967]; у белорусских исследователей – до 15% [Буга С.Ф., Немкович А.И., 1997б; Кадыров А.М., Кадыров М.В., 2007].

Усиление вредоносности и частые эпифитотийные ситуации складываются в Республике Беларусь, где поражается до 80% посевов озимой ржи [Немкович А.И., Буга С.Ф., 1998, 2000; Хоченков А.А. и др., 2000а; Сорока С.В. и др., 2004; Урбан Э.П., 2009]. В 1998 г. по данным РУП «Института защиты растений» распространение спорыньи на посевах озимой ржи в Витебской, Гомельской и Могилевской областях достигало 92–100%; в 2001 году площадь пораженных

посевов спорыньей в рядовых хозяйствах варьировала от 41% до 93%, от 4% до 80%, в семеноводческих хозяйствах, производящих семена элиты – от 0,5% до 75% [Демидова А., 2004].

В последние годы наблюдается тенденция к увеличению распространения спорыньи на зерновых культурах в различных регионах Российской Федерации, но в большей степени наблюдается в Северо-Западном и Приволжском Федеральном округах, центральных районах Нечерноземной полосы и в областях, граничащих с Республикой Беларусь [Назарова Л.Н., Соколова Е.А., 2000; Санин С.С., 2002; Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2022; Щеклеина Л.М., 2023а]. Ежегодно из-за массовых вспышек в отдельных регионах приводят к существенному снижению урожая ржи. Потери составляют от 10,0% до 15,0%, а в неблагоприятные годы могут достигать 25,0% [Спорынья... (Электронный ресурс)]. С 2002 г. в Республике Татарстан поражение озимой ржи спорыньей изменялось от 1,68% до 3,68% [Хазиев А.З., 2008с]. Уровень потерь зерна тесно зависит от количества склероциев в колосе [Щеклеина Л.М., 2024]. По данным белорусского ученого А.И. Немковича [2005б], при наличии в колосе более пяти склероциев гриба *S. purpurea*, озерненность его снижалась на 22,0–52,0%. В наших исследованиях при такой же степени поражения она уменьшалась на 37,2–52,9% [Щеклеина Л.М., 2014].

Из-за опасности использования загрязненного зерна на пищевые и кормовые цели проблема спорыньи является медицинской и ветеринарной. Токсичность склероциев определяется наличием в их составе микотоксинов, объединяемых под общим названием эргоалкалоиды [Stadler P.A. et al., 1975; Саркисова М.А. и др., 1983; Иванов Л., 1990; Фонин В.С. и др., 2003]. Способность спорыньи продуцировать эргоалкалоиды является наследственно закрепленным свойством, усиливающимся под воздействием определенных природно-климатических условий [Баньковская А.Н. и др., 1969; Шаин С.С. и др., 1983]. Исследования В.С. Синицкого [1962б] выявили, что склероции на озимых и яровых культурах продуцируют примерно одинаковое их количество. При этом содержание эргоалкалоидов в сортах озимых культур изменялось от 0,199% до 0,291%, а в яровых – от 0,200% до 0,284 %. В работах Е.Д. Казакова [1962] общее

содержание эргоалкалоидов в склероциях озимой ржи изменялось от 0,1% до 0,4%, тогда как в чистой культуре *C. purpurea* оно достигало 0,7%. Опасность спорыньи заключается не только в поражении отдельных колосков, но и в содержащихся в ней эргоалкалоидах, способных проникать и в здоровые зерна, расположенные как выше, так и ниже инфицированных участков колоса [Tente E., 2020], поэтому сформировавшийся урожай может содержать зерно с различной степенью токсичности.

Кроме того, токсичными свойствами могут обладать не только эргоалкалоиды, но и другие вторичные метаболиты спорыньи [Заболотная Е.С., 1950; Козловский А.Г. и др., 1980; Seif-El-Nast M.M., Rizk A.M., 1985; Саркисова М.А., 1990; Sharma N. et al., 2016], например, эргопигменты [Flieger M. et al., 2019], леканоровая кислота и ее производные [Uhlig S. et al., 2009; Dopstadt J. et al., 2016; Flieger M. et al., 2019; Kozák L. et al., 2018, 2020; Lünne F. et al., 2020], лизергиновая кислота и ее производные [Греггер Д., Ерге Д., 1966; Liu H., Jia Y., 2017].

1.3 Биологические особенности гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.

Возбудитель спорыньи – сумчатый гриб из класса *Ascomycetes*, относящийся к семейству спорыньевых (*Clavicipitaceae*), порядку гипокрейные (*Hypocreales*). Гриб *C. purpurea* характеризуется сложным процессом морфогенеза, включающий чередование циклов полового и бесполого размножения, что приводит к формированию нескольких стадий развития: **склероциальная** (покоящаяся, зимующая), **сумчатая** (половая стадия) и **конициальная** (бесполая стадия, имеющая самостоятельное название – *Sphacelia segetum* Levi.) (рисунок 6) [Блашчак В., 1954; Jung M., Rochelmeyer H., 1960; Komersova L. et al., 1968; Loveless A.R., 1971; Буга С.Ф., 1983; Gaspar I. et al., 1990; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2013].

Заражение осуществляется двумя видами спор: аскоспорами, образующимися в плодовых телах, и конидиями, появляющимися при формировании склероция. Аскоспоры распространяются преимущественно ветром

[Dung J.K. et al., 2018; Cheng Q. et al., 2020]. Конидии попадают на здоровые соцветия посредством атмосферных осадков (с брызгами дождя), механически (при контакте растений друг с другом) или через насекомых. Такой путь передачи инфекции способен привести к многочисленным циклам заражения в период цветения [Шаин С.С. и др., 1987а; Butler M.D. et al., 2001; Menzies J.G. et al., 2017; Kaur N. et al., 2019].

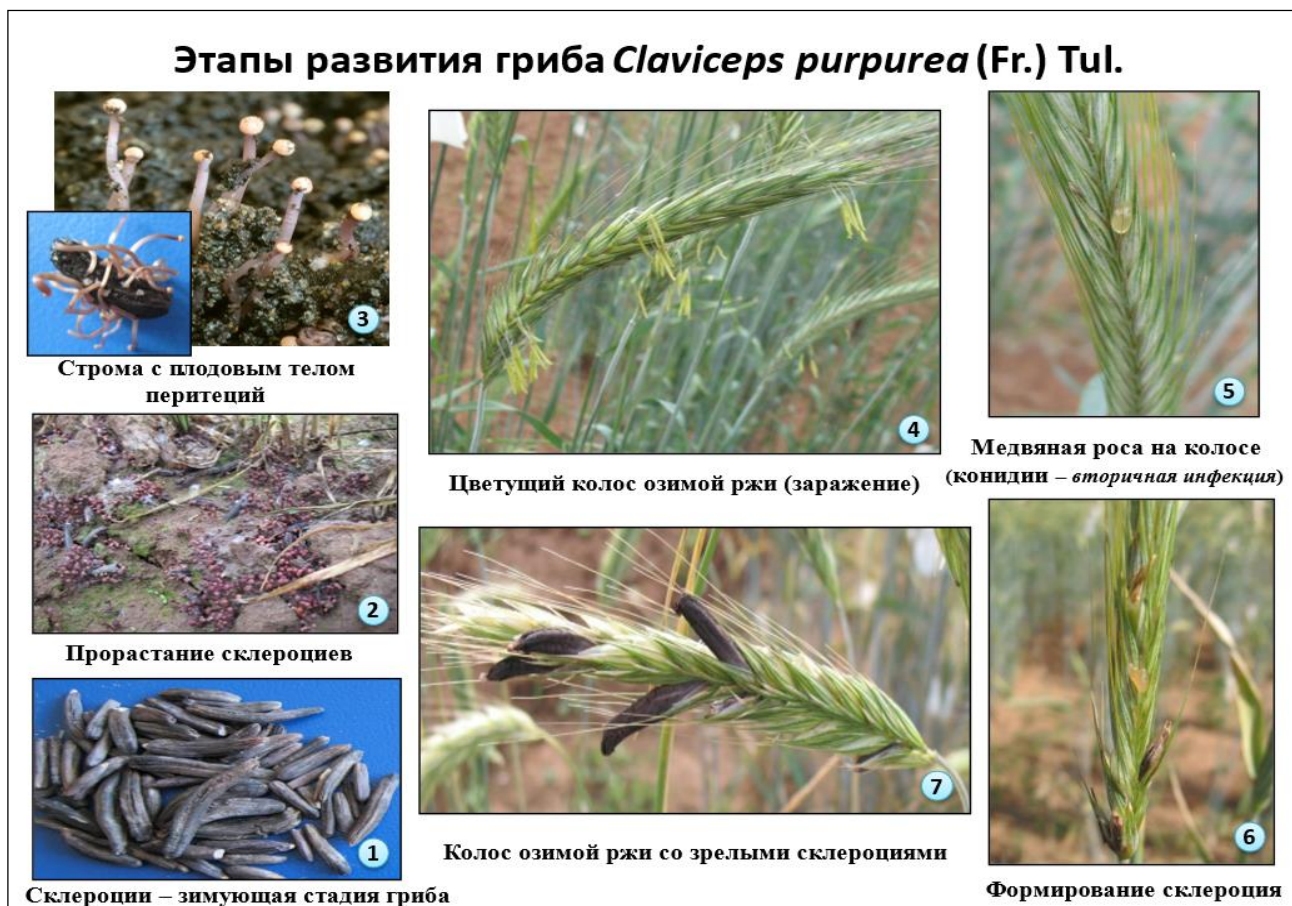


Рисунок 6 – Основные этапы развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.

Исследования показали, что в онтогенезе как растения, так и микроорганизма при переходе одной стадии развития в другую важную роль играют фитогормоны. Мицелий гриба *C. purpurea* в процессе развития выделяет экзогенно определенное количество фитогормонов разнопланового действия, что обеспечивает развитие его в сфацелиальной стадии. В свою очередь, использование гормонального баланса растения-хозяина позволяет грибу пройти все стадии своего развития до склероциальной [Кефели В.И., 1974].

Склеротии спорыньи не прорастают пока сохраняется низкая температура [Frauenstein K., 1987; Workneh F., Rush C.M., 2002]. Таким образом, достигается согласованность жизненного цикла гриба *S. purpurea* с онтогенезом растения-хозяина. Это первый жизненно важный период в инфекционном цикле патогена. Весной при температуре от +10°C до +20°C склеротии выходят из состояния физиологического покоя с образованием стромы, несущей плодовую головку перитеций с аскоспорами внутри сумок. Это второй период для патогена, обеспечивающий возобновление инфекции в природе. Непосредственно заражение завязи происходит в фазу цветения растений озимой ржи, что в условиях центральной зоны Кировской области обычно наблюдается в первой декаде июня. Это третий период в биологии патогена, важный для формирования склеротиев и пополнения уровня природной инфекции [Щеклеина Л.М., 2019а; Щеклеина Л.М., Щеклеин М.А., 2022б].

Склеротическая (зимующая) стадия представляет собой рожки (склеротии), образовавшиеся вместо зерен в пораженных колосьях. Форма ржаных склеротиев обычно удлиненно-продолговатая, серповидно изогнутая, овально-трехгранная суживающиеся к концу. Склеротии на верхнем конце часто имеют остаток конидиальной стадии [Пшедецкая Л.И., 1974; Буга С.Ф., Немкович А.И., 1997б; Ražoutová, S. et al., 2002a]. Вначале склеротии гриба *S. purpurea* окрашены в желтовато-коричневый, затем приобретают серо-фиолетовый, а к концу вегетации – черно-фиолетовый цвет [Morris Z.J., 1968]. Внешний слой склеротиев играет такую же роль, как эпидермис у высших растений, являясь барьером для передвижения воды. При повреждении внешнего слоя наблюдается более быстрое прорастание склеротиев [Пшедецкая Л.И., 1978].

Гриб *S. purpurea* – морфологически весьма изменчивый вид по длине и форме склеротиев, цвету стромы, а также размеру и форме конидий [Esser K., Tudzynski P., 1978; Ražoutová, S. et al., 2002b]. В многочисленных исследованиях [Пшедецкая Л.И., 1953; Scalicky V., Stary F., 1962; Струкчинская М., 1965; Дабкявичюс З.В., 1985], длина ржаных склеротиев варьировала от 20 мм до 60 мм, ширина – от 3 мм до 8 мм, масса от 0,01 г до 1,20 г. Эти параметры обычно

в 2–3 раза превышали размеры зерна озимой ржи (рисунки 7–8). У современных сортов озимой ржи морфо-биометрические показатели склероциев сохраняются примерно на том же уровне: длина 21–54 мм, ширина 2–7 мм, масса 0,01–0,73 г [Щеклеина Л.М., Вотинцева Ак.К., Шешегова Т.К., 2019; Щеклеин М.А., Щеклеина Л.М., 2021; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2022]. Величина склероциев зависит от условий, необходимые для роста как растения-хозяина, так и самого гриба *S. purpurea*, а также от количества их в колосе [Frey H.P., Brack H., 1968; Frauenstein K., 1986; Platford R.G., Bernier C.C., 1976; Menzies J.G., 2004; Gordon A. et al., 2015].

Важной особенностью гриба *S. purpurea* является необходимость в длительном холодном периоде (7–8 месяцев), чтобы пройти стадию яровизации, после которой склероции могут прорасти и образовывать плодовые тела [Пшедецкая Л.И., 1954; Bekešy N., 1956; Meyer A., 1999; Немкович А.И., 2000б] (рисунки 9–10).

Условия хранения играют важную роль в сохранении жизнеспособности склероциев. Известно, что длительное хранение семенного материала со склероциями в зернохранилище приводит к постепенному снижению их всхожести. По данным С.Ф. Буга и А.И. Немковича [1998а], после 8 месяцев хранения они не способны к прорастанию. В работах прибалтийских ученых [Dabkevičius Z., Semaškiene R., 2001], свежееубранные склероции прорастали на 48,0%, через год – на 5,7%, а через два года – на 0,5%. Склероции гриба *S. purpurea*, пролежав с семенами 15–19 месяцев в зернохранилище при влажности от 14,0% до 9,0%, прорастали на 11,5% [Бочаров Д.К., 1957].

Образование стром наблюдается в условиях определенного температурного режима. Температура воздуха должна находиться в диапазоне от +7,9°C до +9,3°C, а температура поверхности почвы — около +3,0°C; уровень влажности воздуха в диапазоне от 68% до 90% [Владимирский С.В., 1939; Шаин С.С. и др., 1987б]. Как правило, после выпадения дождей наблюдается обильное появление новых стром [Мушникова К.С., 1980; Синицкий В.С., 1963; Пшедецкая Л.И., 1978].



Рисунок 7 – Склероции – зимующая стадия гриба *C. purpurea*



Рисунок 8 – Зерно озимой ржи и склероции гриба *C. purpurea*



Рисунок 9 – Прорастание склероциев гриба *S. purpurea* на фитопатологическом участке



Рисунок 10 – Прорастание склероциев гриба *S. purpurea* в лабораторных условиях

По нашим наблюдениям, один склероций озимой ржи может образовывать до 68 стром с плодовыми телами, яровой пшеницы – до 52 стром.

Длина стром определяется множеством факторов, среди которых глубина залегания склероций, механический состав почвы, ее плотность и влажность, а также размер склероциев гриба *S. purpurea* [Буга С.Ф., Немкович А.И., 1997б; Щеклеина Л.М., Вотинцева Ан.К., 2019; Щеклеин М.А., Щеклеина Л.М., 2021]. Отмечена положительная линейная зависимость между размером склероциев и количеством сформировавшихся стром [Cooke R.C., Mitchell D.T., 1966].

Количество образовавшихся на склероциях стром определяет инфекционный потенциал патогена. Чем их больше, тем выше вероятность и интенсивность заражения посевов. Согласно исследованиям А.И. Немкович [1998а], склероций, сформировавший до 52 стром с плодовыми телами, способен инфицировать все растения озимой ржи на площади в один гектар. Это связано с высоким инфекционным потенциалом гриба, при котором один склероций высвобождает в атмосферу более 3 млн аскоспор [Павлова В.В., 2000].

Первичное заражение растений происходит посредством аскоспор, распространяемых воздушными потоками из перитециев (рисунок 11). При попадании на рыльце пестика происходит прорастание спор гриба *S. purpurea*, их ростковые трубки проникают в завязь цветка. Впоследствии образуется огромное количество бесцветных одноклеточных конидий, способствующие вторичному заражению (рисунки 12–13).

Зараженная конидиями завязь цветка становится более плотной, постепенно увеличивается в размерах, разрушается и в течение двух недель превращается в склероций. Основная масса конидий начинает прорастать при температуре +25...+27°C [Soos T., 1969; Frauenstein K., 1972].

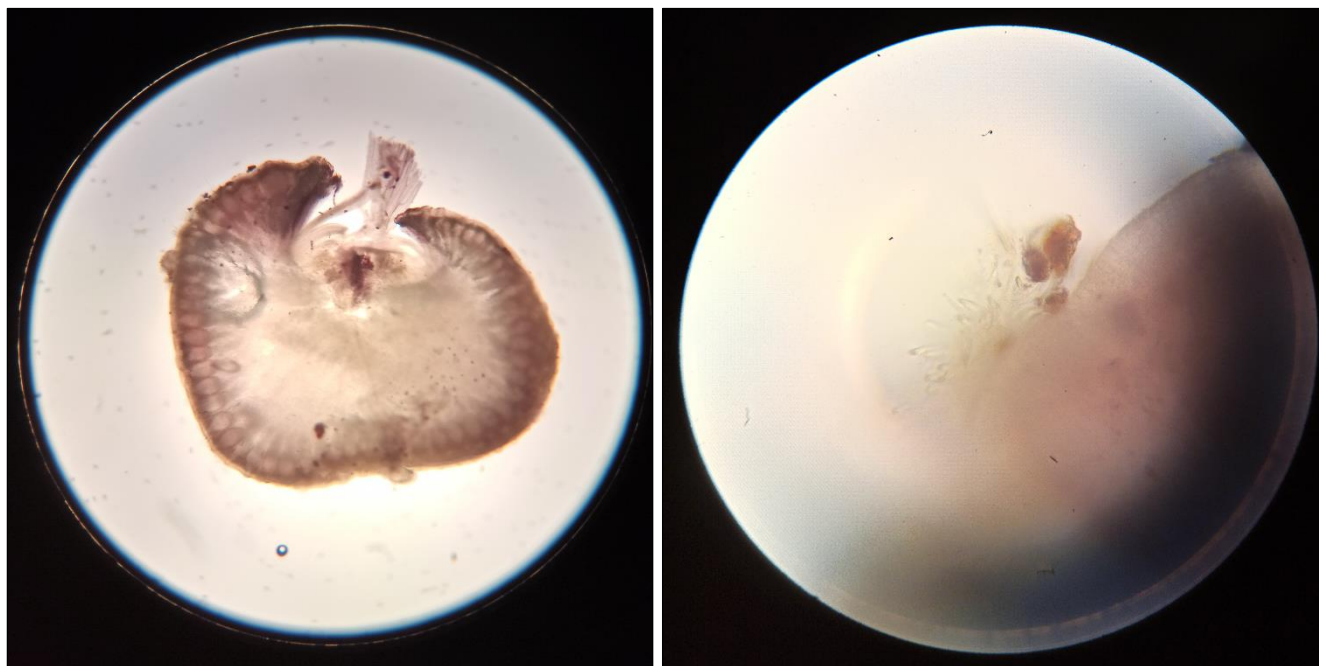


Рисунок 11 – Продольный разрез перитеция с видимыми сумками



Рисунок 12 – Майский жук питается медвяной росой на колосьях озимой ржи



Рисунок 13 – Медвяная роса на колосьях озимой ржи
и формирование склероциев гриба *C. purpurea*

Медвяная роса, содержащая большое количество сахаров [Rozumek K.F., 1962], играет важную роль в распространении конидий с помощью насекомых [Кобылянский В.Д. и др., 1989; Рукшан Л.В., 2003]. Высушенная медвяная роса остается заразной в течение 9–12 месяцев [Frederickson D.E. et al., 1993]. Продолжительность конидиальной стадии зависит от температуры: при жаркой погоде она очень кратковременна – до 4 дней [Mühle E., 1971]. Все условия, задерживающие опыление, такие как прохладная и влажная погода, увеличивают и период восприимчивости растений к спорынье [Tenberge K.B., 1999].

1.4 Токсичность склероциев спорыньи

Вредоносность спорыньи определяется не только потерями урожая, но и токсичностью склероциев для организма человека [Gyenes J., Bayer J., 1961; Reiche A. et al., 1983; Rehacek Z., 1991; Van Dongen P.W., Groot A.N., 1995; Franzmann C. et al., 2010; Čudejková M. et al., 2016; Мухитов А.А., 2020], сельскохозяйственных животных и птицы [Digneau M.A., Schiefer R., 1986; Dusemund B. et al., 2006; Bauermeister A. et al., 2016; Reddy P. et al., 2020; Lünne F. et al., 2021; Klotz J.L., 2022], которые рискуют отравиться зараженным зерном и кормами.

Основными алкалоидами гриба *C. purpurea* являются: эргометрин, эрготамин, эргокорнин, эргокриптин, эгозин и эгокрисдин [Keller U., 1980; Wolff J. et al., 1983; Gerhards N., et al., 2015; Oberti H. et al., 2020a, 2000b]. Способность спорыньи продуцировать эргоалкалоиды является наследственно закрепленным свойством, их количество и состав зависят от растения-хозяина, географического положения и погодных условий [Бойес-Коркис Д.М., Флосс Х.Г., 1992; Pažoutová S. et al., 2000; Tudzynski P. et al., 2001; Mantle P.G., 2020]. Однако содержание и состав эргоалкалоидов из различных географических регионов значительно различаются [Porter J.K. et al., 1981; Комарова Е.Л., Толкачев О.Н., 2001; Шешегова Т.К. и др., 2019; Шешегова Т.К. и др., 2021; Щеклеина Л.М., Щеклеин М.А., 2022a]. Так, изоляты *C. purpurea* из Западной Европы синтезируют эрготамин или эрготоксин, а североамериканские – различные комбинации этих токсинов. Кроме того, выявлено влияние географического положения зерновых культур и погодных условий на концентрацию и состав эргоалкалоидов в склероциях. По данным немецких исследователей Т. Miedaner и Н.Н. Geiger [2015], в первый год заражения озимой ржи *C. purpurea* в склероциях преобладали эрготамин (25% от общего содержания алкалоидов) и эгозин (18%). В следующем году на том же участке наибольшая доля была обнаружена у эгозина (25%) и эгокрисдина (24%), а концентрация эрготамина снизилась до 11%. Тем не менее, учитывая большое влияние окружающей среды, образцы склероций из разных мест и лет могут значительно различаться по содержанию и составу алкалоидов, но при

этом соответствовать установленному законом порогу процентного содержания склероциев. Количество эргоалкалоидов в склероциях находится в зависимости и от растения-хозяина. В склероциях дикорастущих культур содержание эргоалкалоидов изменяется в пределах от 0,027% до 0,24%, а в чистой культуре штаммов гриба *C. purpurea* их содержание более стабильно и составляет 0,4–0,6% [Горленко М.В. Жизнь растений... (Электронный ресурс)]. Согласно различным источникам, среднее содержание эргоалкалоидов в склероциях гриба *C. purpurea* варьирует от 0,01–1,30 мг/г [Appelt M., Ellner F.M., 2009; Miedaner T. et al., 2010b] до 2,88–7,26 мг/г [Aboding S. et al., 2016], достигая значения 5,0–10,0 мг/г [Ühlig S. et al., 2007]. При искусственной инокуляции озимой и яровой ржи и дикорастущих злаков одним и тем же штаммом *C. purpurea* образуются склероции с различным содержанием эргоалкалоидов [Miedaner T., Geiger H.H., 2015]. Однако генетическая детерминированность установлена в отношении общего содержания эргоалкалоидов, а не их видового состава [Miedaner T. et al., 2010b]. Данное обстоятельство может иметь селекционное значение при поиске генотипов озимой ржи, яровой пшеницы и других зерновых культур с минимальным содержанием эргоалкалоидов или даже их полным отсутствием в склероциях.

Известно, что токсичность склероциев изменяется при хранении. В исследованиях В.С. Синицкого [1962b], склероции через 9 месяцев потеряли 81% исходного количества эргоалкалоидов, при этом степень потери зависела от условий хранения: на свету – на 18%, а в темноте – на 11%.

Мнения о токсичности склероциев в зависимости от их величины противоречивы. В ранних исследованиях М.И. Косубицкого [1929], Б.П. Каракулина [1938], Е.С. Заболотной [1959] было установлено, что более высокая токсичность наблюдается у мелких и свежих склероциев. Однако, другие исследования М.А. Саркисовой с соавторами [1979] показали, что крупные склероции содержат большее количество эргоалкалоидов, чем мелкие. Несмотря на то, что наличие склероциев в зерновой массе представляет собой биологическую примесь, механический контакт с зерном растений может привести к инфицированию конидиями, находящимися на поверхности склероциев.

Поэтому при переработке зерна в муку токсичность его может значительно увеличиться из-за размола самих склероциев [Рукшан Л.В. и др., 2000; Икрянников Ю.С., Рукшан Л.В., 2001]. Уровень токсичности будет определяться продуктами помола [Schultz T.R., 1993; Posner E.S, Hibbs A.N., 1997; Рукшан Л.В., Икрянников Ю.С., 2002].

В исследованиях канадских ученых (Scott P.M. et al., 1992), даже незначительное содержание склероциев в зерновой массе пшеницы (0,004%) вызывает накопление эргоалкалоидов. Увеличение доли склероциев в зерне в 2,7 раза повышает в нем общее содержание эргоалкалоидов, а по отдельным видам – в 2,1–19,3 раза. В Германии максимальная концентрация их была обнаружена в ржаной муке – 7255 мг/кг [Lombaert G.A. et al., 2003]. Изучение 39 образцов ржаной муки показало наличие, главным образом, эргокрестина и эрготамина. В муке мелкого помола эти микотоксины были обнаружены в средних концентрациях 127 и 134 мкг/кг, а в муке грубого помола – 153 и 118 мкг/кг [Müller M.E. et al., 2015]. Следует отметить, что опасность представляют и другие токсичные грибы, паразитирующие на медвяной росе и склероциях. Например, зараженные грибом *Fusarium heterosporum* склероции дополнительно содержали трихотециновые токсины Т-2 и НТ-2 [Dusemund B. et al., 2006]. Получение биологически чистой муки весьма актуально для мукомольной и хлебопекарной промышленности.

В Европейском Союзе в соответствии с Регламентом Европейской Комиссии (ЕС № 1881/2006 установлены строгие пороговые значения для мягкой и твердой пшеницы с более 0,05% по массе склероциев для потребления человеком [EU. Commision Regulation (EC) No 687/2008... (Электронный ресурс)], которые также действительны для озимой ржи. Однако эти ограничения могут быть снижены, и в ЕС будут вводить новые правила, касающиеся уровней эргоалкалоидов, содержащихся в обработанных из зерновых культур пищевых продуктах [Tente E., 2020]. В кормах в качестве порогового значения для всех зерновых культур используется содержание склероциев менее 0,1%. В США мягкая или твердая пшеница считается зараженной если содержит

более 0,05% склероциев, для озимой ржи – более 0,3%. Сильно загрязненное зерно необходимо утилизировать как опасные отходы [Wegulo S.N., Carlson M.P., 2011 (Электронный ресурс)].

Следует также отметить, что из ингредиентов спорыньи получено более тысячи соединений [Agurell S.L. et al., 1963; McLaughlin J.L. et al., 1964; Castagnoli N., Mantle P.G., 1966; Floss H.G. et al., 1973; Mantle P.G., 2020], и вряд ли найдется другой источник натуральных продуктов, имеющий большую ценность для фармацевтической отрасли [Шаин С.С., 1996]. В современной медицине природные эргоалкалоиды и их полусинтетические аналоги находят широкое применение в качестве лекарственных препаратов, в том числе в области акушерства и гинекологии [Králová M. et al., 2021a; Smakosz A. et al., 2021], для лечения ряда неврологических [Perek M., 1958; Lieberman A. et al., 1976] и гипертонических заболеваний [Tandowsky R.M., 1954; Wong G. et al., 2022], деменции [Winblad B. et al., 2008; Толкачев О.Н. и др., 2018]. Последние научные работы [Евстратова К.Д., 2022; Johnson J.W. и др., 2022] демонстрируют значительный потенциал эргоалкалоидов спорыньи в разработке новых антибактериальных препаратов.

В современном мире на основе образуемых спорыньей алкалоидов производятся свыше 100 лекарственных препаратов [Kfen V. et al., 1994; Трумпле Т.Е. и др., 2000; Chan J.D. et al., 2015; Králová M. et al., 2021b; Фитопрепараты ВИЛАР... (Электронный ресурс)].

В России ФГБНУ «Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР г. Москва) является единственной организацией, осуществляющей научно-исследовательскую и производственную деятельность в области спорыньи [Шалагина А.И. и др., 1965; Козловский А.Г., 1987; Комарова Е.Л., 1995; Шаин С.С., 2005; Волнин А.А. и др., 2023]. В ФГБНУ ВИЛАР и ряде зарубежных стран (Франция, Чехия, Польша, Аргентина и Венгрия) значительное количество эргоалкалоидов продолжают получать из склероциев [Abe M. et al., 1961; Bianchi M.L. et al., 1982; Савина Т.А. и др., 2000; Wiewiora B., Maria P., 2006], выращиваемых полевым способом путем искусственного

культивирования на посевах озимой ржи [Amici A.M. et al., 1966; Crespi-Perellino N. et al., 1987; Boestfleisch C. et al., 2015; Бобылева Р.И., Савина Т.А., 2016; Рыженков Е.В., Щеклеина Л.М., 2020]. В ФГБНУ ВИЛАР в полевых условиях осуществляется заражение восприимчивых сортов озимой ржи суспензией гриба *C. purpurea*. Данный процесс производится методом опрыскивания с целью получения значительного количества склероциев для использования в фармацевтическом производстве [Быков В.А. и др., 2012; Бобылева Р.И., Савин П.С., 2021].

В дополнение к традиционному получению эргоалкалоидов из растительного сырья, активно развивается биотехнологический метод, позволяющий получать нужный продукт в контролируемых условиях [Масалаб Н.А., 1941; Stadler P.A., 1982; Schmauder H.P., Groger D., 1983; Kozák L. et al., 2018, 2020]. Для выращивания сапрофитных штаммов-продуцентов эргоалкалоидов традиционно применяются способы поверхностного и глубинного культивирования на питательных средах [Шаин С.С. и др., 2003; Бойченко Л.В., 2004], обогащенных необходимыми для биосинтеза компонентами [Abe M. et al., 1955; Floss H.G., 1976a; Ржехачек З., 1983; Решетилова Т.А., Козловский А.Г., 1990].

При поверхностном способе культуру продуцента эргоалкалоидов выращивают на агаризованной [Савин П.С., 2007а; Барсегян А.Г. и др., 2009], сыпучей (зерно ржи) и жидкой питательной среде [Савин П.С., 2007б] с естественной аэрацией. При выращивании в жидкой среде изолят гриба представлял собой суспензию мицелия и незначительного количества конидий в культуральной среде [Савина Т.А. и др., 2018]. При перенесении кусочка склероция на поверхность агаризованной среды визуально наблюдали рост мицелия [Низовская О.Н., Шиврина А.Н., 1969; Барсегян А.Г., 2009; Бобылева Р.И., Савин П.С. 2021; Щеклеина Л.М., Харина А.В., 2023]. К существенным недостаткам метода поверхностного культивирования относится высокая трудоемкость выполнения технологических процессов и продолжительный цикл выращивания гриба *C. purpurea* [Савин П.С., 2007б].

В настоящее время *C. purpurea* – это, с одной стороны, уникальная модель для изучения взаимодействия паразит-хозяин [Тихонович И.А., Проворов Н.А., 2009] и как важный источник разнообразных биологически активных соединений, а именно алкалоидов [Комарова Е.Л., Шаин С.С., 1998; Schardl C. et al., 2014; Dänicke S., 2016; Kishimoto S. et al., 2016; Doi Y. et al., 2022], с другой – патоген, причиняющий существенный экономический ущерб сельскохозяйственным предприятиям, специализирующимся на производстве зерновых культур, кормовой и животноводческой отрасли по всему миру [Саликов М.И., 1944; Саркисов А.Х., 1954; Тутельян В., 2002] (рисунок 14).



Рисунок 14 – Роль гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. в жизни человека

В то же время, наряду с медицинскими и биотехнологическими исследованиями, направленными на изучение и выявление благоприятных свойств алкалоидов [Floss, H.G. 1976b; Qiao Y.-M. et al., 2022] и других вторичных метаболитов гриба, а также методов их получения [Halliwell B., Cheah I., 2022;

Xiong L. et al., 2022; Van der Hoek S.A. et al., 2022a] в растениеводстве, животноводстве и пищевой промышленности опасность эргоалкалоидов остается актуальной и вызывает обеспокоенность в отечественном и мировом сообществе [Cherewyk J.E. et al., 2022; Pleadin J. et al., 2022; Rahimabadi P.D. et al., 2022], поскольку изменения в окружающей среде приводят к модификации как состава, так и содержания эргоалкалоидов, вырабатываемых грибами рода *Claviceps* [Klotz J.L., Nicol A.M., 2016; Van der Hoek S.A. et al., 2022b].

Поэтому, несмотря на фармацевтическую ценность эргоалкалоидов, серьезная биологическая опасность склероциев гриба *C. purpurea* требует постоянного токсикологического мониторинга продовольственного и фуражного зерна, а также снижения поражения зерновых культур спорыньей селекционными и агротехнологическими мероприятиями.

1.5 Агротехнологические методы повышения устойчивости к спорынье

Эффективность борьбы с спорыньей в значительной степени зависит от общей культуры земледелия и семеноводства. Тем не менее, во многих хозяйствах она в основном способствуют распространению болезни [Кудряшова З.Н. 1968; Kolev K. et al., 1983; Shaw S., 1986, 1988; Хазиев А.З., 2007a, 2008b; Лысов А.К., 2023]. Внедрение минимальных способов обработки почвы, применение короткоротационных зернонасыщенных севооборотов или их полное отсутствие, посев свежееубранными семенами, засоренность посевов и прилегающих территорий злаковыми сорняками, увеличение количества бросовых земель и отсутствие эффективных зерноочистительных машин – вот те основные факторы, обеспечивающие сохранность склероций возбудителя *C. purpurea* в природе и возобновление патогенеза.

Среди основных агротехнологических мероприятий, направленных на борьбу со спорыньей, особое место занимает глубокая вспашка с заделкой осыпавшихся склероций. Данный метод позволяет предотвратить заражение последующих посевов зерновых культур, поскольку возбудитель болезни

S. purpurea является полифагом и способен поражать широкий круг растений.

Важна также хорошая перезимовка озимых зерновых культур и умеренная подкормка посевов азотными удобрениями для того, чтобы сформировать ровную и достаточно плотную густоту стеблестоя. Все это снижает количество недоразвитых стеблей (побегов), подверженных образованию склероциев [Немкович А.И., Симченков Д.Г., 1998; Немкович А.И., 1999a]. Более ранние исследования В.С. Синицкого [1962b] установили, что применение полной дозы минеральных удобрений (NPK) увеличивает уязвимость восприимчивых сортов к поражению спорыньей, что приводит к 30% увеличению количества образовавшихся склероциев на таких посевах по сравнению с контролем. Использование жидких подкормок азотными удобрениями (дополнительно к полной норме NPK) в период вегетации озимой ржи приводило к увеличению количества склероциев гриба *S. purpurea* на 17%.

Использование для посева семян из переходящего или страхового фонда способствует уменьшению поражения спорыньей, поскольку наиболее высокую жизнеспособность имеют склероции текущего года.

Необходимо также отказаться от короткоротационных зернонасыщенных севооборотов и обеспечить пространственную изоляцию полей с зерновыми культурами для защиты от споровой инфекции *S. purpurea*. Следует сохранять посевы и обочины полей чистыми от злаковых сорняков, проводить отдельный обмолот краевых посевов. На полях с зараженной склероциями спорыньи почвой можно разместить сидераты различного состава с включением зерновых культур или злаковых трав, которые будут способствовать прорастанию склероциев и освобождению аскоспор. Своевременное скашивание сидератов в начале цветения злаков обеспечит прерывание цикла развития гриба *S. purpurea* [Гласкович А.А. и др., 2013]. Необходимо также проводить своевременное скашивание луговых злаковых трав до появления медвяной росы, чтобы снизить распространение спорыньи в посевах зерновых культур.

Серьезной проблемой является эффективность очистки зернового вороха от склероциев спорыньи, поскольку биометрические показатели их имеют близкие

значения к зерну озимой ржи [Рукшан Л.В., 2002а; Сысуев В.А. и др., 2017а]. По данным американских ученых [Posner E.S., Hibbs A.N., 1997], технологии послеуборочной обработки зерна позволяют удалить до 82% склероциев спорыньи. В исследованиях U. Lauber с соавторами [2005] отмечено, что очистка от склероциев спорыньи становится все менее эффективной в связи с размельчением крупных склероциев до более мелких фрагментов. В сухое лето размеры склероциев не превышают размера зерна. Белорусские ученые сообщают об аналогичной ситуации. Серьезную обеспокоенность вызывает присутствие склероциев в партиях зернофуража, особенно озимой ржи. Склероции уменьшились в размерах, форма и размер их практически сравнялись с зерном этой культуры, что создает существенные трудности в процессе очистки. Результаты многочисленных исследований, проведенных на элеваторах предприятий по производству комбикормов, указывают на низкую эффективность очистки ржи от склероциев спорыньи, которая не превышает 23% [Хоченков А.А. и др., 2000б; Рукшан Л.В., 2002с]. В других исследованиях А.И. Немкович [2005б] она не превышала 25%. Известно, что склероции имеют меньшую плотность, чем полноценное зерно ржи [Hecht W., 1953; Kakaи J., 1997], что делает возможным их разделение по этому критерию в водном растворе неорганической соли [Шаин С.С. и др., 1975]. Погружая семена в растворы различных солей с плотностью в диапазоне от 1090 до 1110 кг/м³, можно получать чистый от склероциев спорыньи зерновой материал и без каких-либо убытков [Саитов В.Е. и др., 2017, 2023; Сысуев В.А. и др., 2017б, 2019; Sysuev V.A. et al., 2017; Saitov V.E. et al., 2019].

В исследованиях В.Е. Саитова с соавторами [2022] установлено, что при погружении зернового материала, состоящего из зерна и склероциев озимой ржи сорта Фаленская 4 влажностью 14% при плотности водного раствора соли хлористого натрия $\rho_{ж} = 1150$ кг/м³ и удельной зерновой нагрузке $g_{y\partial} = 0,674\text{--}1,469$ кг/(с·м) происходит 100% всплытие склероциев спорыньи на поверхность раствора. Потери зерна в отходы при этом не превышали 2,52%, что соответствует агротехническим требованиям для машин окончательной очистки зерна.

Загрязнение зерна спорыньей наиболее эффективно можно уменьшить с помощью оптико-электронных машин, которые сортируют фракции зерна по цвету. Они отделяют темно-фиолетовые склероции от более светлых зерен [Miedaner T., Geiger H.H., 2015].

Усиливает распространение спорыньи засоренность посевов и естественных агрофитоценозов злаковыми сорняками. Поэтому эффективность применения гербицидов обусловлена тем, что они уничтожают сорные злаковые растения, служащие резерваторами для сохранения и накопления спорыньи [Павлова В.В., 2000; Крупенько Н.А. и др., 2023]. Также возможно снижение уровня вторичного заражения конидиями путем применения инсектицидов в период кущения – начала цветения, что позволяет сократить популяцию насекомых-переносчиков.

Распространение спорыньи усугубляется наличием незадействованных земельных участков и недостаточным контролем за их санитарным состоянием [Немкович А.И., 1997, 1999с, 2000с; Буга С.Ф., 2007; Чуприна В.П., Кириенкова А.Е., 2004; Хазиев А.З., 2007б].

Отсутствие устойчивых к спорынье сортов зерновых культур обуславливает поиск альтернативных и экологически безопасных методов защиты [Немкович А.И., 1998b, 2005с; Гончаренко А.А., 2014].

1.6 Селекционное решение проблемы спорыньи

1.6.1 Механизмы устойчивости к спорынье

Наиболее перспективным и экологически обоснованным подходом к защите от спорыньи является выведение устойчивых сортов [Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., 20004; Хазиев А.З., 2008с]. Однако несмотря на то, что не поражаемых сортов зерновых культур практически не существует [Mielke H., 2000], генофонды многих из них недостаточно исследованы с точки зрения восприимчивости к данному заболеванию. В Российской Федерации до настоящего времени не проводились целенаправленные научно-методические исследования по созданию сортов, устойчивых к этой болезни.

Информация о восприимчивости различных генотипов к спорынье является крайне важной для селекционеров, так как эта болезнь непосредственно сказывается на снижении качества зерна, предназначенного как для пищевых, так и для кормовых целей [Пономарев С.Н. и др., 2012]. Глубокий анализ исходного материала и выявление источников устойчивости должны послужить началом селекционных исследований. Для этого важно моделирование искусственного инфекционного фона на спорынью, необходимого для объективной оценки генофондов зерновых культур, поиска и создания источников устойчивости для селекции, а также информация о маркерах активного и пассивного иммунитета к болезни. Тем не менее, до настоящего времени механизмы устойчивости к спорынье остаются невыясненными несмотря на то, что гены гриба *S. purpurea*, подобно многим другим эндофитным микроорганизмам, могут быть успешно клонированы и секвенированы. Обнаружено их сходство с факторами вирулентности у других патогенных аскомицетов [Дьяков Ю.Т., 2017].

Среди физиологических факторов резистентности можно назвать следующие: открытость – закрытость цветения, размер рыльца и скорость усыхания после опыления, характер пыльцеобразования [Parh D.K. et al., 2008; Miedaner T. et al., 2010b]. В связи с тем, что заражение спорыньей происходит во время цветения растений, можно полагать, что его продолжительность является одним из важных механизмов защиты от болезни [Кадыров А.М. и др., 1997; Miedaner T. et al., 2010c].

Закрытое цветение ограничивает попадание спор *S. purpurea* внутрь цветка, но не гарантирует полную защиту от инфекции, так как в естественных условиях поражаются все закрытоцветущие зерновые культуры и злаковые травы. В исследованиях А.М. Кадырова и М.В. Кадырова [2007] установлена тесная связь ($r = -0,72$) между процентом закрытого цветения растений ячменя и поражением их спорыньей. При открытом цветении завязь более доступна для аскоспор и конидий *S. purpurea*. На продолжительность этой фазы оказывает влияние длина колоса, расположение цветков, а также характер суточного цветения. Для озимой ржи характерно, так называемое, порционное цветение, при котором в течение суток

наблюдается от двух до пяти выбросов пыльцы. Основная часть цветков (68%) бывает открыта достаточно продолжительное время – до 40 минут [Корзун А.Е., 1967; Дмитриева К.В., 1968], в которое они наиболее уязвимы для спор гриба *C. purpurea*.

Озимая рожь очень чувствительна к высокой температуре воздуха в период цветения, так как при этом резко снижается завязываемость зерна и его крупность. В холодную погоду цветение затягивается до 20 дней, а в очень жаркую ускоряется до 4–6 дней. Основная масса колосьев отцветает за 8–10 дней при температуре воздуха +14°C...+22°C и влажности 55–70% [Кобылянский В.Д., 1982]. Однако характер цветения определяют не только условия среды, но и генотип. При равных средовых факторах продолжительность и характер цветения сортов озимой ржи значительно отличается. Эти генотипические особенности должны быть объектом тщательного изучения для поиска иммунологически ценных форм.

Важным биологическим маркером устойчивости к спорынье может служить повышенное пылеобразование. Этот биологический маркер активно используют в KWS LOCHOW GMBH (Германия) для поиска устойчивых генотипов озимой ржи. Как правило, заражение происходит, если в сортовых биоценозах наблюдается низкая плотность пыльцы, что повышает вероятность попадания спор *C. purpurea* на неопыленные завязи цветков. В Германии, используя данный биомаркер в технологии PollenPlus® созданы высокопродуктивные и устойчивые к спорынье гибриды озимой ржи. Благодаря полноценному опылению цветки таких генотипов быстрее закрываются и ограничивают проникновение спор гриба к завязи [Селекционные цели... (Электронный ресурс)]. Отечественные сорта озимой ржи не изучены по этому признаку.

На процесс пылеобразования значительно влияют погодные условия. Теплая и сухая погода обеспечивает высокую плотность пыльцы и хорошую завязываемость зерна. Высокая температура и солнечные условия загущают медвяную росу с конидиями *C. purpurea* и приводят к короткому времени восприимчивости рыльцев, тем самым уменьшая заражение спорыньей [McCrea A., 1931].

Низкие температура и высокая влажность за несколько дней до опыления, отрицательно влияют на образование и жизнеспособность пыльцы [Pažoutová S., Frederickson D.E., 2005]. Дождливая погода во время цветения уменьшает осыпание и перемещение пыльцы. Влажная пыльца склеивается и распространяется лишь на короткие расстояния. Таким образом, многие соцветия остаются открытыми дольше, поскольку их нелегко оплодотворить. У озимой ржи неоплодотворенные соцветия могут вновь раскрыться в течение нескольких дней. За это время рыльце удлиняется и, таким образом, увеличивает свою поверхность для более эффективного улавливания пыльцы и спор гриба *S. purpurea*. Низкие температуры во время цветения могут снизить частоту заражения и замедлить рост гриба. Суточные температуры от одного до пяти дней после цветения объясняют 31–61% вариаций устойчивости к спорынье [Reed J.D. et al., 2002]. В исследованиях Т. Миданера с соавторами [Miedaner T. et al., 2010a], взаимодействие генотипа хозяина с окружающей средой оказывало большее влияние, чем генотипические эффекты, что существенно затрудняет поиск эффективных источников устойчивости и селекцию в данном направлении.

Снижению заражения спорыньей способствует быстрое опыление женских соцветий, закрытое цветение (клеистогамия) и физиологическая устойчивость [Miedaner T., Geiger H.H., 2015]. Стерильность пыльцы является одним из основных условий, способствующих заражению спорыньей [Ralpn W.L., 1959; Rapilly F., 1968; Kolasinska I., Maluszynska E., 2004]. Поэтому гаметоцидная обработка озимой ржи повышает продуктивность спорыньи при ее практическом культивировании [Дмитриева В.Л., Савина Т.А., 2010; Hanosová H. et al., 2015].

Выведенные в Германии первые гибридные сорта озимой ржи характеризовались недостаточным образованием пыльцы, в связи с этим возникла проблема поражения посевов спорыньей [Geiger H.H., Miedaner T., 1996; Miedaner T. et al., 2021]. В результате исследований было выявлено, что образцы озимой ржи из Ирана (Iran IX) и Аргентины (Pico Gentario), относящиеся к примитивным формам, обладают высокой способностью к восстановлению фертильности пыльцы [Miedaner T. et al., 2000].

Установлено, что эти идентифицированные источники несут два сильных гена-восстановителя Rfp1 и Rfp2, которые обеспечивают 59–68% фенотипического варьирования по образованию пыльцы. С помощью метода маркерного опосредованного беккроссинга эти гены-восстановители были успешно перенесены в генотипы синтетических опылителей некоторых гибридов. В результате был получен первый гибрид Pollino (plus), несущий сильные гены-восстановители. По результатам испытаний, гибриды с улучшенным родителем имеют повышенную пыльцевую продуктивность и меньше поражаются спорыньей. В то же время были выявлены и некоторые недостатки: сниженная устойчивость к полеганию и меньшая урожайность [Miedaner T. et al., 2000, 2005].

Установлено, что популяционные сорта озимой ржи проявляют высокую устойчивость к поражению спорыньей [Щеклеина Л.М., 2022а; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2024; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., Уткина Е.И., 2024], по сравнению с гибридными и синтетическими формами, основанными на цитоплазматической мужской стерильности (CMS), пораженность которых в 12 раз превышает допустимый уровень [Mielke H., Betz H.G., 1995; Miedaner T. et al., 2010a]. Содержание склероциев спорыньи в зерне различных популяционных сортов составило 0,4–1,4% от общей массы, что свидетельствует о наличии генетического разнообразия по уровню восприимчивости к болезни и создает предпосылки для селекции устойчивых сортов.

Таким образом, гибридная селекция озимой ржи, увеличивая урожайность зерна, одновременно усиливает восприимчивость к спорынье, связанную с CMS, которая наследуется по материнской линии [Rai K.N., Thakur R.P., 1995; Wilde P., 2000; Kodisch A. et al., 2022; Wyka S. et al., 2022], а тесная связь между стерильностью пыльцы и восприимчивостью к спорынье создает проблему для селекции [Stracke S. et al., 2003; Wilde P., Miedaner T., 2021; Miedaner T. et al., 2022]. Выявлено, что резистентность озимой ржи обусловлена активностью пектинэстеразы и метаболическими процессами модификации клеточной стенки и роста пыльцевых трубок [Mirdita V. et al., 2008; Mahmood K. et al., 2020], а гриб *S. purpurea*, в свою очередь, секретирует ферменты, разрушающие

клеточную стенку растений [Oeser B. et al., 2009; Kind S. et al., 2018].

У пшеницы выявлено несколько локусов частичной устойчивости к спорынье [Coley-Smith J.R., Watkinson L., 1987; Pageau D. et al., 1994; Menzies J.G. et al., 2017]. Так, гены резистентности обнаружены у сорта Kenya Farmer на хромосоме 6B и Carleton – на хромосомах 1B, 3B, 4B и 5B [Platford R.G. et al., 1977]. Два QTL устойчивости к спорынье идентифицированы у гексаплоидного сорта Robigus на хромосомах 2A и 4B, QCp.niab.2A и QCp.niab.4B и два – у сорта Solstice на хромосомах 4D и 6A, QCp.niab.6A и QCp.niab.4D (Gordon A. et al., 2015). Четыре локуса (QCp.aafc.DH-1B, QCp.aafc.DH-2A, QCp.aafc.DH-5A, QCp.aafc.DH-5B) идентифицированы у твердой пшеницы Greenshank на хромосомах 1B, 2A, 5A и 5B. Установлено, что наибольший вклад в устойчивость вносят QCp.aafc.DH-2A (значительно уменьшается образование медвяной росы) и QCp.aafc.DH-5B (снижается общее количество склероциев в колосе) [Gordon A. et al., 2020].

Частичная устойчивость пшеницы к спорынье сочетается с аллелями гена карликовости, которые расположены в локусах Rht (Rht-B1 и Rht-D1, хромосомы соответственно 4B и 4D) [Gordon A. et al., 2015]. Rht-B1b и Rht-D1b – мутации, определяющие утрату чувствительности к гибберелловой кислоте. Уменьшение количества медвяной росы, а также размеров и массы склероциев выявлено у линий, несущих мутантные аллели карликовости и полукарликовости Rht-D1b, Rht-D1c, Rht-B1c. Связь между Rht-B1b и Rht-D1b и устойчивостью к спорынье указывает на роль гибберелловой кислоты в инфекции *S. purpurea* [Tente E., 2020].

Что касается отечественных селекционных исследований, то в Татарском НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН при оценке генофонда озимой ржи в провокационных условиях развития спорыньи выделены всего два сорта (Татарская 1 и Огонек) с меньшей восприимчивостью к болезни [Хазиев А.З., 2008с]. Установлено, что количество склероциев в два раза больше на растениях с края поля, что свидетельствует о краевом эффекте заражения растений ржи спорыньей [Хазиев А.З., Пономарева М.Л., 2007], обусловленной более высокой плотностью стеблестоя. При увеличении кустистости растения увеличивается и число склероциев в колосе ($r = 0,56$). Выявлена наиболее высокая вредоносность

спорыньи и трудноотделимость склероциев, формирующихся на недоразвитых побегах [Хазиев А.З., Пономарева М.Л., 2006б].

В исследованиях А.А. Гончаренко [2009] оценено влияние типа короткостебельности растений озимой ржи на степень поражения спорыньей. Установлена достоверно меньшая пораженность сортов озимой ржи с рецессивно-полигенным типом по сравнению с доминантно-моногенным. Причиной такой восприимчивости к спорынье могла быть позднеспелость сортов с доминантой короткостебельностью, недружное цветение растений и большое количество недоразвитых побегов в стеблестое. Поэтому скороспелые генотипы с выровненным стеблестоем могут также служить источниками устойчивости к данной болезни.

Искусственный инфекционный фон *C. purpurea* моделируется в последние годы в Всероссийском институте растениеводства имени Н.И. Вавилова [Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021]. Для этого используются склероции спорыньи, собранные на производственных посевах озимой ржи в Ленинградской области, которые равномерно вносятся под предпосевное боронование за два дня до посева озимой ржи.

Таким образом, проведен анализ научной литературы за более чем 70-летний период по истории проблемы спорыньи, некоторым вопросам биологии гриба *Claviceps purpurea*, уровню и характеру вредоносности спорыньи, токсичности склероциев и известных механизмов устойчивости к болезни. Проанализированы известные факты по агротехнологическим мероприятиям. В настоящее время известно об очень ограниченном количестве отечественных исследований по этой грибной болезни, освещенных в отдельных научных трудах. Сделан вывод, что несмотря на достигнутые успехи в создании зимостойких, высокоурожайных, выносливых к абиотическим и биотическим стрессам сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы, устойчивых к спорынье, в производстве нет, как нет и технологии их создания. Спорынья в силу многих причин современного сельскохозяйственного производства и организации землепользования представляет собой серьезную проблему для оригинального и элитного

семеноводства продовольственных и зернофуражных культур, а также для кормопроизводства и питания человека. Предлагается решение не только специфических селекционно-иммунологических вопросов и обоснование методологии повышения устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы к повсеместно прогрессирующей и достаточно сложной в селекционном плане болезни – спорынье, но и ограничение распространения и ее вредоносности на основе анализа жизнеспособности возбудителя в зависимости от комплексного действия средовых факторов.

Глава 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические ресурсы Волго-Вятского региона и Кировской области

Волго-Вятский регион по агроклиматическим условиям делится на три зоны: северную – холодную избыточно увлажненную (большая часть территории Кировской области); центральную – умеренно тепло- и влагообеспеченную (южные районы Кировской области, левобережье и северная часть Нижегородской области, основная территория Республики Марий Эл); южную – теплую, с неустойчивым увлажнением (правобережье Нижегородской области, республики Мордовия и Чувашия, юго-восточная часть Республики Марий Эл и крайний юго-восток Кировской области) [Агроклиматические ресурсы..., 1974; Система ведения агропромышленного..., 2000].

Климат Кировской области – умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой, умеренно теплым коротким летом и неустойчивой по температуре и осадкам в течение года погодой. По влагообеспеченности он благоприятен для всех традиционно возделываемых сельскохозяйственных культур. Особенности термического режима и увлажнения, разнообразие растительности, форм рельефа и большая пестрота почвообразующих пород обусловили неоднородность формирования почвенного покрова Волго-Вятского региона.

Большая протяженность области с севера на юг (850 км) и с запада на восток (730 км) обуславливают большое разнообразие агроклиматических ресурсов в обеспеченности теплом сельскохозяйственных культур. Весенне-летний вегетационный период начинается 20–28 апреля и продолжается до 28 сентября – 8 октября, продолжительность его составляет в среднем 153–171 день. По данным Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, сумма эффективных температур (выше 5°C) в южных районах составляет 2400°,

в северных – 1900°. По средним многолетним значениям переход температуры воздуха через 10° в южном агроклиматическом районе происходит – 7–12 мая, в северном – 17–22 мая. Средняя продолжительность этого периода 123–133 дня в южных и 106–115 дней – в северных районах области [Погода и климат. Погода в Кирове (Электронный ресурс)] (приложение 1).

Кировская область относится к зоне достаточного увлажнения. В среднем за год по области выпадает 450–600 мм осадков, в том числе на севере – 550–625 мм, на юге – 400–575 мм [Агроклиматические ресурсы..., 1974; Тюлин В.В., 1976], но распределение их в течение года и по территории области неодинаково. Интенсивность выпадения уменьшается в направлении с севера на юг, что приводит к существенным различиям в обеспеченности растений влагой и режимах увлажнения почв. За период активной вегетации (апрель–сентябрь) средняя сумма осадков составляет 250–350 мм на юге и 320–400 мм – на севере.

У каждой культуры существует свой критический период по отношению к влаге. У зерновых культур – это период от кущения до выколашивания. Для озимой ржи большое значение имеют запасы почвенной влаги не только в весенне-летний период, но и в период осеннего кущения. К моменту прекращения осенней вегетации запасы влаги в метровом слое почвы составляют 70–125 мм на песчаных и супесчаных, 150–200 мм – на суглинистых почвах.

Большое распространение для характеристики влагообеспеченности сельскохозяйственных культур получил относительный показатель – гидротермический коэффициент (ГТК), который рассчитывается по формуле (1):

$$ГТК = \frac{\sum r_{мм}}{0,1 \times \sum T_{\geq 10^{\circ}C}}, \quad (1)$$

где $\sum T_{\geq 10^{\circ}C}$ – сумма среднесуточных значений воздуха за рассматриваемый период года, °C; r – сумма атмосферных осадков, мм.

Показатель ГТК представляет отношение приходной части водного баланса (атмосферные осадки) к максимально возможной величине его расходной части – испаряемости. При этом испаряемость оценивается как $0,1 \times \sum T_{\geq 10^{\circ}C}$.

Оценку ГТК дают по шкале Г.Т. Селянинова [Чирков Ю.И., 1986], при которой тип увлажнения характеризуется:

- сухой – менее 0,4;
- очень засушливый – 0,4–0,7;
- засушливый – 0,7–1,0;
- слабо засушливый (недостаточное увлажнение) – 1,0–1,3;
- влажный (нормальное увлажнение) – 1,3–1,6;
- избыточно влажный (избыточное увлажнение) – более 1,6.

По уровню ГТК ($1,0 \leq \text{ГТК} < 1,4$), большая часть территории Кировской области относится к зоне оптимального увлажнения.

Устойчивый переход температуры через 0° отмечается в среднем 17–22 октября в северных районах области и 27 октября–3 ноября – в южных. Снежный покров сохраняется в течение 145–180 дней, который устанавливается в конце первой-второй декады ноября. Высота его, достигающая 100 см, во многом определяет условия перезимовки озимой ржи в Кировской области.

В условиях области основным фактором, лимитирующим урожайность озимой ржи, является поражение снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et. Hallet.) и изреженность посевов из-за гибели сильно пораженных растений. Основным источником инфекции данного заболевания – патогенный гриб *Microdochium nivale*, который характеризуется также повышенной вредоносностью [Шешегова Т.К., 2005; Щеклеина Л.М., 2020б]. В результате дополнительного весеннего кушения образуется подгон в виде слаборазвитых стеблей, поздно- и длительноцветущих колосьев, цветки которых подвержены инфицированию конидиями гриба *S. purpurea* [Щеклеина Л.М., 2019б].

Возобновление вегетации озимой ржи происходило в конце апреля – начале мая. Растения вышли из-под снега слабо (в среднем 20–45%) и сильно (80–100%) пораженными снежной плесенью. Экономический порог вредоносности данного заболевания устанавливается при изреживании посевов на 15–18%, при этом фиксируется снижение урожайности на 1,5 ц/га [Уткина Е.И. и др., 2019].

К факторам, ограничивающим плодородие почв Кировской области, относятся неравномерное распределение природных ресурсов, повышенная кислотность почв и высокая склонность их к уплотнению, низкое содержание гумуса и доступных для растений элементов питания [Сысуев В.А., Мухамадьяров Ф.Ф., 2001].

Среди пахотных земель Кировской области наибольшее распространение имеют дерново-подзолистые почвы (82,4%), далее серые лесные (14,7%), дерново-карбонатные (1,8%) и дерново-глееватые (1,1%). По гранулометрическому составу 41,6% составляют среднесуглинистые; 27,7% – тяжелосуглинистые; 15,6% – легкосуглинистые и 15,1% – супесчаные почвы [Беляков В.С., Молодкин В.Н., 2001; Выдержки..., 2022 (Электронный ресурс)].

По материалам агрохимического обследования почв (2016–2022 гг.), проводимого ФГБУ ГЦАС «Кировский», из 2028,6 тыс. га пахотных земель, 1660,1 тыс. га – почвы с повышенной кислотностью (74,6%), из них с низким содержанием подвижного фосфора – 26,1%, обменного калия – 24,5% и гумуса – 50,0% [Выдержки..., 2022 (Электронный ресурс)].

Сравнение материалов агрохимического обследования последнего (2016–2022 гг.) и предпоследнего (2006–2015 гг.) циклов показывает, что в области наметилась устойчивая тенденция к снижению плодородия почв. Основные причины ухудшения связаны с увеличением кислотности рН солевой вытяжки с 5,0 до 4,8, снижением содержания фосфора с 116 мг/кг до 107 мг/кг, калия – с 127 мг/кг до 120 мг/кг почвы, гумуса – с 2,4% до 2,1%, что обусловлено практически полным прекращением известкования и фосфоритования почв, уменьшением использования органических и минеральных удобрений [Молодкин В.Н., Бусыгин А.С., 2016; Выдержки..., 2022 (Электронный ресурс)].

Таким образом, анализируя ресурсную обеспеченность территории Кировской области и биологические возможности озимой ржи и яровой пшеницы, можно отметить периодичность благоприятных условий для производства семян этих культур. Изменчивость климатических и ухудшение агротехнологических

факторов влечет за собой изменения в частоте проявления и уровне распространения грибных болезней, в том числе спорыньи.

2.2 Условия проведения полевых исследований

Работа выполнена в лаборатории иммунитета и защиты растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) в период с 2009 по 2024 гг., что наиболее полно отражает климатические и почвенные особенности Северо-Востока Нечерноземья России.

Полевые опыты были заложены на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на мергелизованных пермских глинах. Агрохимическая характеристика селекционных питомников: содержание гумуса 2,43–2,56% (по Тюрину, ГОСТ 26213-91); подвижного фосфора – 334–349 мг/кг; обменного калия – 232–304 мг/кг почвы (по Кирсанову, ГОСТ 54650-2011); pH солевой вытяжки 5,0–5,4 (ГОСТ 26483-85); фитопатологического участка – содержание гумуса 2,27%; подвижного фосфора – 167 мг/кг; обменного калия – 243 мг/кг почвы; pH солевой вытяжки – 4,8.

Полевые исследования проведены в селекционном севообороте ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока по предшественнику чистый пар. Технологии возделывания озимой ржи и яровой пшеницы общепринятые для Кировской области. Подъем чистого пара проводится путем отвальной вспашки (ПЛН-3-35) в сентябре на глубину пахотного слоя; в весенне-летний период – боронование пара (СГ-8), 2–3 культивации (КПС-4). Посев зерновых культур проводили по чистому пару. На участки под предпосевную культивацию вносили комплексное минеральное удобрение азофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$) – 1,5 ц/га. Посев озимой ржи проводили в оптимальные сроки для центральной зоны Кировской области – с 25 по 30 августа; сроки посева яровой мягкой пшеницы определяются погодными условиями и обычно приходятся на конец апреля – начало мая. Весенний уход за посевами включал: подкормку в фазу полного кущения растений озимой ржи и

яровой пшеницы аммиачной селитрой (N_{35}) с последующим боронованием. Уход за посевами заключался в оформлении опытов (расстановка полевых этикеток и учетных площадок), обработке селективирующим гербицидом, рыхлении междурядий и дорожек с целью аэрации почвы и удаления появившихся сорняков.

Для определения климатических нормативов по всем метеорологическим параметрам необходим непрерывный ряд наблюдений. С этой целью нами был охвачен 30-летний период (с 1994 по 2023 гг.). Погодные условия в годы исследований значительно различались по температурному режиму, количеству осадков и их распределению в зимний, осенний и весенне-летний периоды вегетации озимой ржи и яровой пшеницы (таблица 1, приложения 2–3).

Условия перезимовки озимой ржи варьировали от относительно благоприятных до экстремально неблагоприятных. Анализ температурного и водного режимов в центральной зоне Кировской области свидетельствует об устойчивом росте средней температуры воздуха за период осенней вегетации на $0,055^{\circ}\text{C}$ в год; прибавка составила $2,22^{\circ}\text{C}$. По сумме осадков за этот период существенных изменений не прослеживается.

Период осенней вегетации (август–октябрь) характеризовался в основном теплой погодой. При среднемноголетней температуре воздуха за данный период ($9,9^{\circ}\text{C}$) почти во все годы она была выше ($9,0$ – $11,3^{\circ}\text{C}$), за исключением 1996 г. ($8,3^{\circ}\text{C}$) и 2002 г. ($7,6^{\circ}\text{C}$). Количество выпавших осадков в октябре характеризуется стабильностью, а средняя температура воздуха за месяц увеличилась на $0,06^{\circ}\text{C}$.

Потепление осеннего периода привело к смещению срока прекращения вегетации растений. Если раньше переход среднесуточной температуры через 5°C в условиях области приходился на первую декаду октября (2–7 октября), то за последние годы произошло смещение на 5–10 дней. В результате вегетационный период озимых культур увеличился за счет продолжительности осенней вегетации.

По количеству осенних осадков годы разделились следующим образом: недостаточная влагообеспеченность – 98–168 мм (1996, 1999, 2000, 2005, 2010, 2011, 2014, 2016, 2017, 2020, 2021, 2022, 2023); в пределах нормы – 186–209 мм (1995, 1998, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2015, 2018, 2019); избыточная –

210–277 мм (1994, 1997, 2001, 2008, 2012, 2013). В целом условия осенней вегетации складывались благоприятно для развития растений озимой ржи, закалки и накопления питательных веществ. Растения оптимального срока посева уходили в зиму в хорошем состоянии.

Таблица 1 – Амплитуда влагообеспеченности и температурного режима в периоды вегетации растений озимой ржи и яровой пшеницы в Кировской области (Климатический мониторинг, г. Киров), 1994–2023 гг.

Показатель	Месяц		
	<i>зимний период</i>		
	декабрь	январь	февраль
Среднесуточная температура воздуха, °С	-4,6...-14,7	-1,2...-18,2	-3,2...18,2
Сумма осадков, мм	30...90	22...80	11...75
	<i>весенний период</i>		
	март	апрель	май
	апрель	май	июнь
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,9...-10,4	-2,2...8,4	6,3...15,7
Сумма осадков, мм	10...85	9...89	11...127
	<i>летний период</i>		
	июнь	июль	август
	август	сентябрь	октябрь
Среднесуточная температура воздуха, °С	12,6...19,9	15,6...23,1	12,4...20,0
Сумма осадков, мм	14...181	9...180	16...139
	<i>осенний период</i>		
	сентябрь	октябрь	ноябрь
	ноябрь	декабрь	январь
Среднесуточная температура воздуха, °С	7,3...13,0	-1,1...6,3	0,2...-9,8
Сумма осадков, мм	12...98	14...116	21...100

Особой напряженностью для озимой ржи характеризуется зимний период (ноябрь–март), который характеризовался несоответствием средних многолетних значений по температурному режиму и влагообеспеченности (рисунки 15–16). Температура приближалась к среднемноголетнему значению (-7,1...-10,9°С). Самые теплые зимы отмечены в 2008/2009, 2015/2016, 2017/2018, 2019/2020, 2020/2021 гг. (-2,6...-6,2°С); наиболее морозные – в 1994/1995, 1997/1998, 1998/1999, 2010/2011, 2011/2012, 2021/2022, 2022/2023 гг. (-9,6...-10,9°С). Количество осадков превышало в большинстве лет наблюдений средний многолетний уровень (на 23–96%), за исключением 1996/1997 гг.



Рисунок 15 – Средняя температура воздуха за зимний период

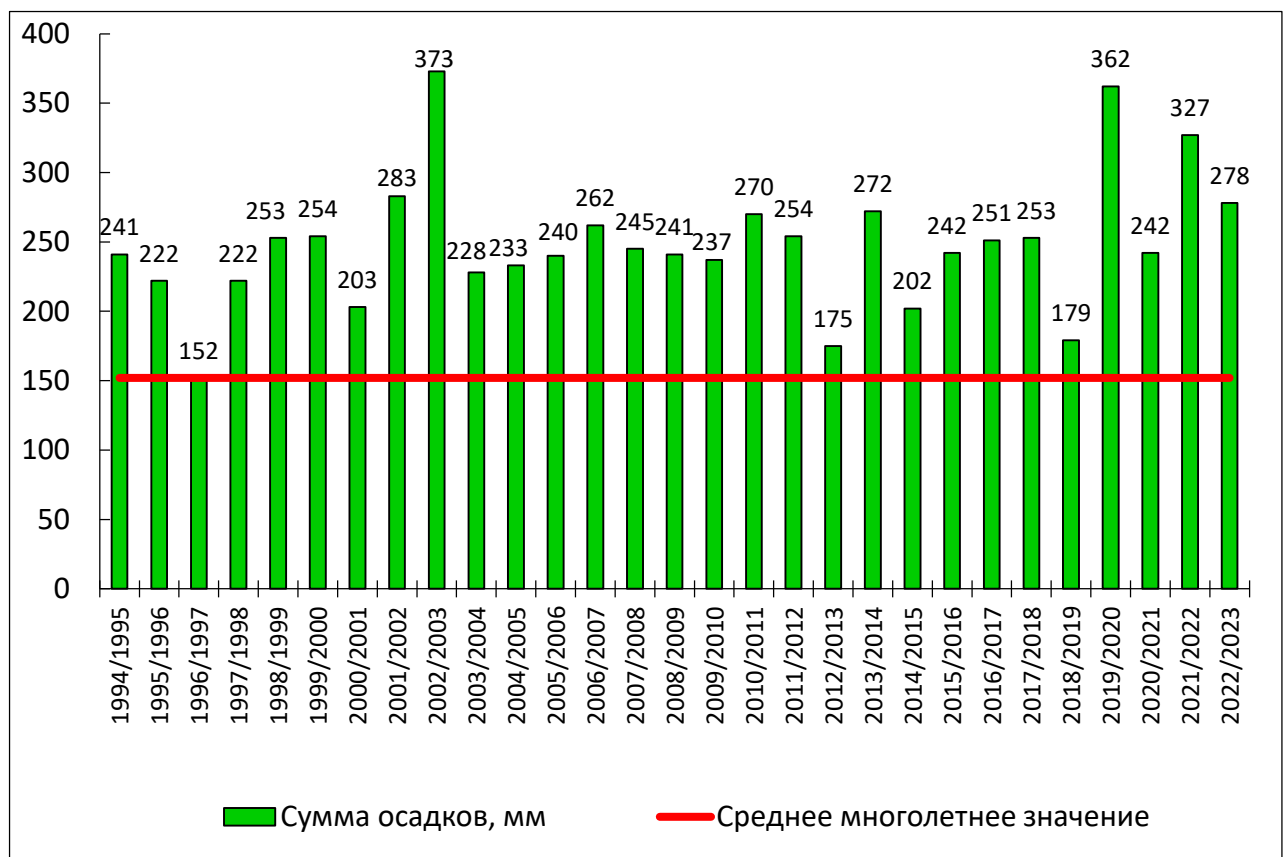


Рисунок 16 – Сумма осадков за зимний период

Обильные осадки приводят к формированию высокого снегового покрова (70–90 см), а высокая температура воздуха является причиной повышенной температуры ($-2...0^{\circ}\text{C}$) на глубине залегания узла кущения. В этих условиях посевы озимой ржи сильно поражаются снежной плесенью, что тесно связано с последующим поражением изреженных посевов спорыньей.

Начиная с 2002 года практически ежегодно наблюдались оттепели или повышение температуры воздуха до нулевой отметки, а также увеличение суммы осадков за ноябрь–март на 1,18 мм в год.

Период весенне-летней вегетации (апрель–август) характеризовался неоднородностью гидротермических условий. Среднемноголетняя температура летнего периода ($13,5^{\circ}\text{C}$) превышала данный уровень на $11,5\text{--}16,1^{\circ}\text{C}$. Среднемноголетняя сумма осадков – 692 мм, фактические показатели варьировали от 542 мм до 897 мм (рисунки 17–18). Количество осадков за весенне-летний вегетационный период меньше нормы (65 мм) отмечено в 1999, 2000, 2001, 2002, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2021, 2023 гг., близко к средней многолетней – 1997, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009 гг. и больше – 1994, 1995, 1996, 1998, 2003, 2007, 2012, 2017, 2018, 2020, 2022 гг. Распределение осадков по месяцам было также неравномерным.

Майскую засуху наблюдали в 1996, 2002, 2003, 2004, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 гг., июньскую – 1995, 1999, 2001, 2007, 2013, 2016, 2020 гг., в июле неблагоприятные условия были в 1997, 2001, 2002, 2006, 2008, 2010, 2014, 2015 гг.

Для проявления спорыньи особенно важны погодные условия в весенне-летний период вегетации: в мае – выход склероциев гриба *S. purpurea* из физиологического покоя. Гидротермический коэффициент за этот период находился в пределах от 0,24 до 2,38, а с 1 по 15 июня – инфицирование завязи (ГТК составил 0,22–4,84).

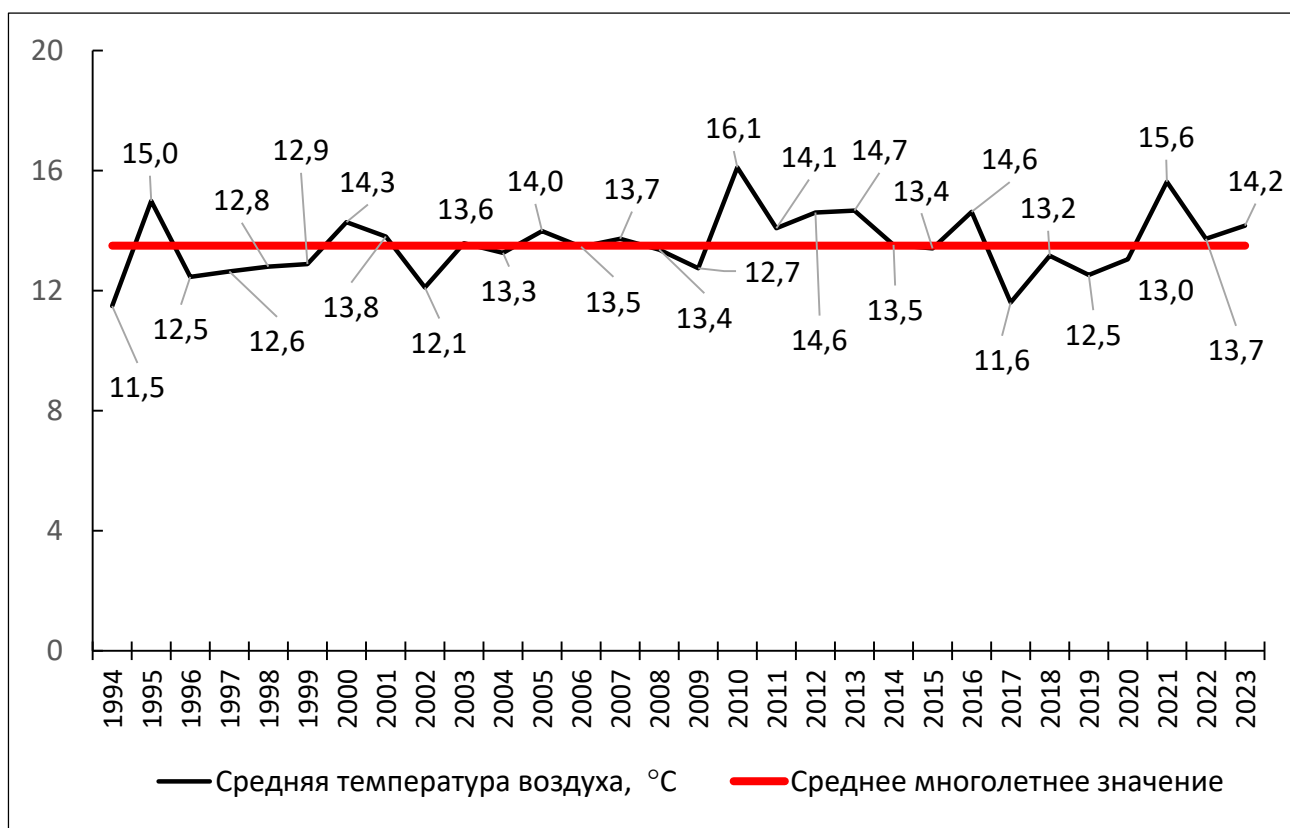


Рисунок 17 – Средняя температура воздуха за весенне-летний период

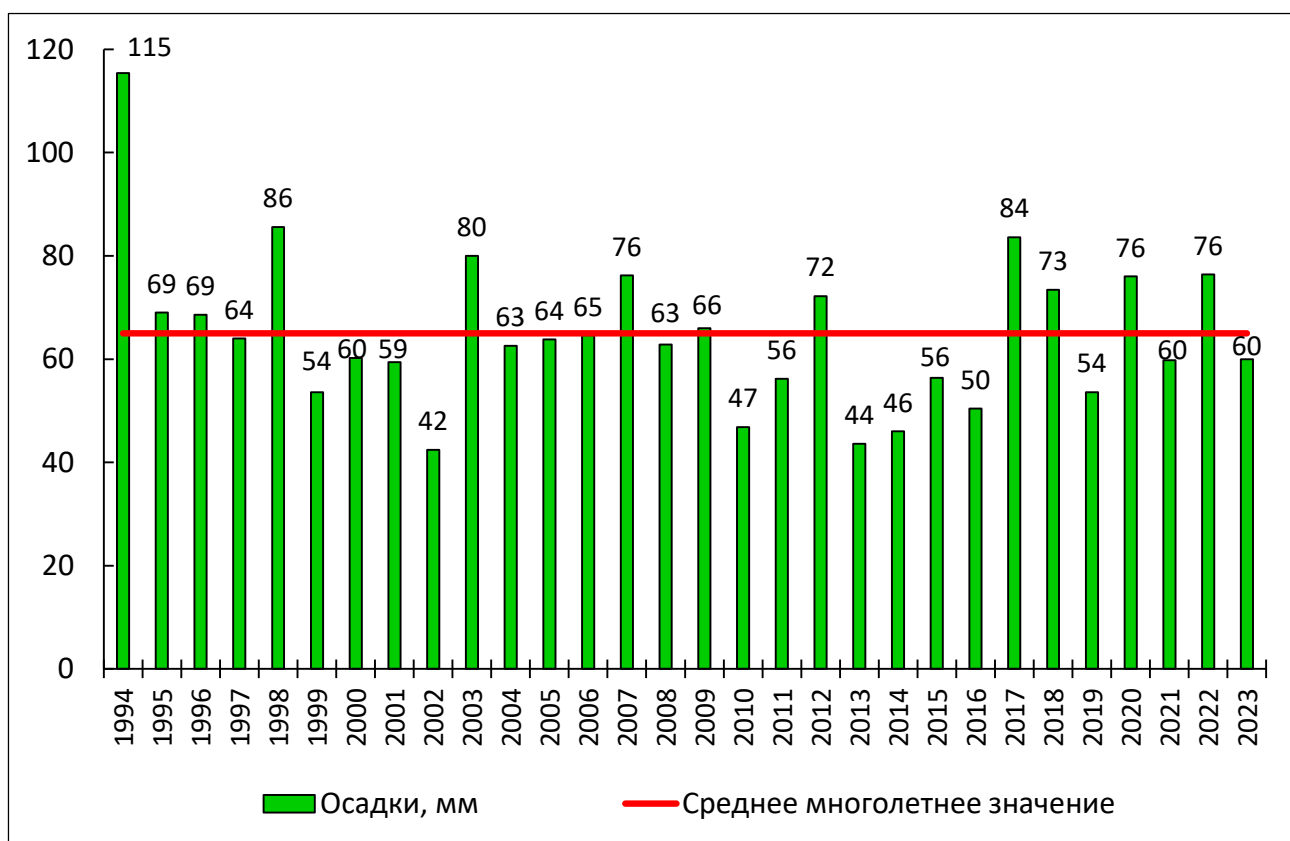


Рисунок 18 – Осадки за весенне-летний период (апрель–август)

Таким образом, метеорологические условия в годы проведения исследований при достаточном количестве почвенной влаги и относительно благоприятном температурном фоне в разные периоды вегетации растений озимой ржи и яровой пшеницы способствовали оптимальному росту и развитию растений, в то же время были благоприятными для развития гриба *S. purpurea*, способствовали сохранению инфекции в природе и поражению посевов озимой ржи и яровой пшеницы спорыньей, а также проявлению других болезней грибной этиологии на зерновых культурах в условиях Северо-Востока Нечерноземья России.

2.3 Материал и методика проведения исследований

Материалом исследований являлись более 700 новых сортов и популяций диплоидной озимой ржи (*Secale cereale* L.) селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и сортов других научно-исследовательских учреждений Российской Федерации (НИУ РФ), коллекционных образцов ВИР, гибридов (F_1 и F_2) и около 200 новых сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и сортов других НИУ РФ, коллекционных образцов. В лабораторных экспериментах использовали изоляты конидий патогена, выделенные из свежесобранных на территории Кировской области склероциев озимой ржи и яровой пшеницы и хранящиеся на картофельно-глюкозном агаре (КГА) в рабочей коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Изучали культурально-морфологические признаки природных и клоновых изолятов местной популяции гриба *S. purpurea*; биометрические характеристики и уровень токсичности склероциев у сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы.

Изучение исходного материала проводили в пяти различных питомниках: фитопатологическом участке, в коллекционном и гибридном питомниках, конкурсном и экологическом сортоиспытании в г. Кирове (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) и п. Фаленки, Кировская обл. (Фаленская селекционная станция – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока).

Изучение образцов по морфологическим, селекционным и иммунологическим признакам проведено в соответствии с «Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [1985]; «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции пшеницы» [1999]; «Методами создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе» [2000]; «Методическими рекомендациями по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к болезням» [2003]; «Методическим пособием по изучению генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам» [2008]; «Методическими указаниями по изучению и сохранению мировой коллекции ржи» [2015] и «Методическим пособием по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье» [2018].

Стандартами являлись включенные в Государственный реестр Российской Федерации по Волго-Вятскому региону сорта озимой ржи Фаленская 4 (№ каталога ВИР к-14857, Кировская обл., РФ) и яровой мягкой пшеницы Баженка (к-64780, Кировская обл., РФ), Маргарита (к-64851, Ульяновская область, РФ).

Посев селекционных и фитопатологических питомников проводился сеялкой СКС-6-10. Уборка растений зерновых культур проведена вручную или на комбайне Сампо-130; обмолот – на сноповой молотилке МПСУ-500; взвешивание зерна и склеротий – на электронных весах ВК-600.

Площадь делянок в коллекционном питомнике – 1 м², повторность 2-кратная; в экологическом сортоиспытании – 5 м², повторность 3-кратная; в конкурсном испытании – 15 м² (учетная – 10 м²), повторность 6-кратная. Схема закладки фитопатологического участка, следующая: стандарт → (сорт, рекомендованный Госкомиссией по испытанию) → индикаторный сорт (наиболее восприимчивый) → опытные образцы; площадь делянок – 1 м², повторность 3-кратная. Стандарты и индикаторные сорта размещались в питомниках через каждые 20 номеров. Питомники отбора озимой ржи закладывали на изолированных участках площадью 0,3–0,5 га.

Оценка вредоносности спорыньи проведена на разных по восприимчивости тест-сортах озимой ржи: относительно устойчивых Флора (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) и Саратовская 7 (ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока), средневосприимчивых Рушник и Фаленская 4 (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока), восприимчивых Кировская 89 (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) и Памяти Кунакбаева (БАШНИИСХ УФИЦ РАН), в том числе с учетом степени поражения спорыньей (количество склероциев от 0 до 11 штук). Повторность в полевых экспериментах – 3-кратная.

Поиск и создание генетических источников устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы к спорынье проводили на искусственном инфекционном фоне гриба *S. purpurea*. При иммунологической оценке использовали два показателя: «поражение» и «засоренность зерна склероциями».

Поражение (P , %) – это количество растений со склероциями спорыньи к общему количеству анализируемых растений в пробе.

Засоренность зерна склероциями (S , %) – это процентное отношение массы склероциев к массе зерна в пробе. Оба показателя можно рассчитать по формуле (2):

$$P(S) = \frac{n}{N} \times 100 \%, \quad (2)$$

где n – количество пораженных растений спорыньей (масса склероциев спорыньи в пробе); N – общее количество растений в делянке (масса зерна в пробе).

Характеристику по устойчивости сортов, популяций и селекционных линий зерновых культур к спорынье давали на основании шкалы известного немецкого ученого Т. Миданера с соавторами [Miedaner T. et al., 2010a], согласно которой:

- сорт относится к высокоустойчивым при поражении растений спорыньей от 0% до 0,5% и наличии склероциев в анализируемой пробе от 0% до 0,01%;
- к среднеустойчивым – от 0,5% до 1,5% и от 0,01% до 0,10%;
- к восприимчивым – от 1,5% до 3,0% и от 0,10% до 0,30% и выше.

Создание источников устойчивости осуществляли методом рекуррентного индивидуального отбора на инфекционном фоне *S. purpurea*. Критериями отбора являлись следующие параметры:

- отсутствие склероциев на элитном растении;
- продуктивная кустистость – не менее 3 колосьев;
- озерненность колоса – 100%;
- устойчивость к полеганию – 9 баллов;
- продуктивность колоса и растения – выше стандарта и исходной формы.

Получение чистой культуры возбудителя спорыньи и его идентификация. Выделение гриба *S. purpurea* в чистую культуру осуществляли методом закладки фрагментов склероциев (0,3–0,5 см) и медвяной росы на картофельно-глюкозный агар (КГА) [Наумова Н.А., 1969]. Инокулюм готовили непосредственно перед заражением путем смыва спор с поверхности культуры дистиллированной водой [Mirdita V. et al., 2008].

Для получения чистой культуры *S. purpurea* фрагменты склероциев промывали под струей водопроводной воды, затем проводили поверхностное обеззараживание погружением их на 20 минут в 0,5% раствор марганцовокислого калия (KMnO_4) или на 2–3 минуты – в 96% этиловый спирт с последующей промывкой в дистиллированной воде из аквадистиллятора ДЭ-4М («Электромедоборудование», г. Санкт-Петербург). После обработки обеззараженные инфекционные образцы помещали по 5–6 фрагментов в чашки Петри на агаризованную питательную среду (рисунок 19). В качестве питательного субстрата для культивирования чистой культуры гриба *S. purpurea* использовали КГА, который в 1 литре воды содержит 200 грамм порезанных дольками клубней картофеля, 20 грамм глюкозы и 20 грамм агар-агара. Автоклавирование питательной агаризованной среды и чашек Петри проводили в паровом стерилизаторе Белаквилон ВА clave 75V (Республика Беларусь) в течение 40 минут при давлении 1 атмосферы. Через 5–6 дней появившийся вокруг фрагментов склероциев белый плотный мицелий переносили в чистую чашку Петри с КГА для дальнейшего роста. Культивирование проводили

в течение 25–30 дней при температуре +24°C. В активном состоянии культуру *C. purpurea* поддерживали методом периодических пересевов (3–4 раза в год). Все микробиологические работы проводили в стерильном боксе.

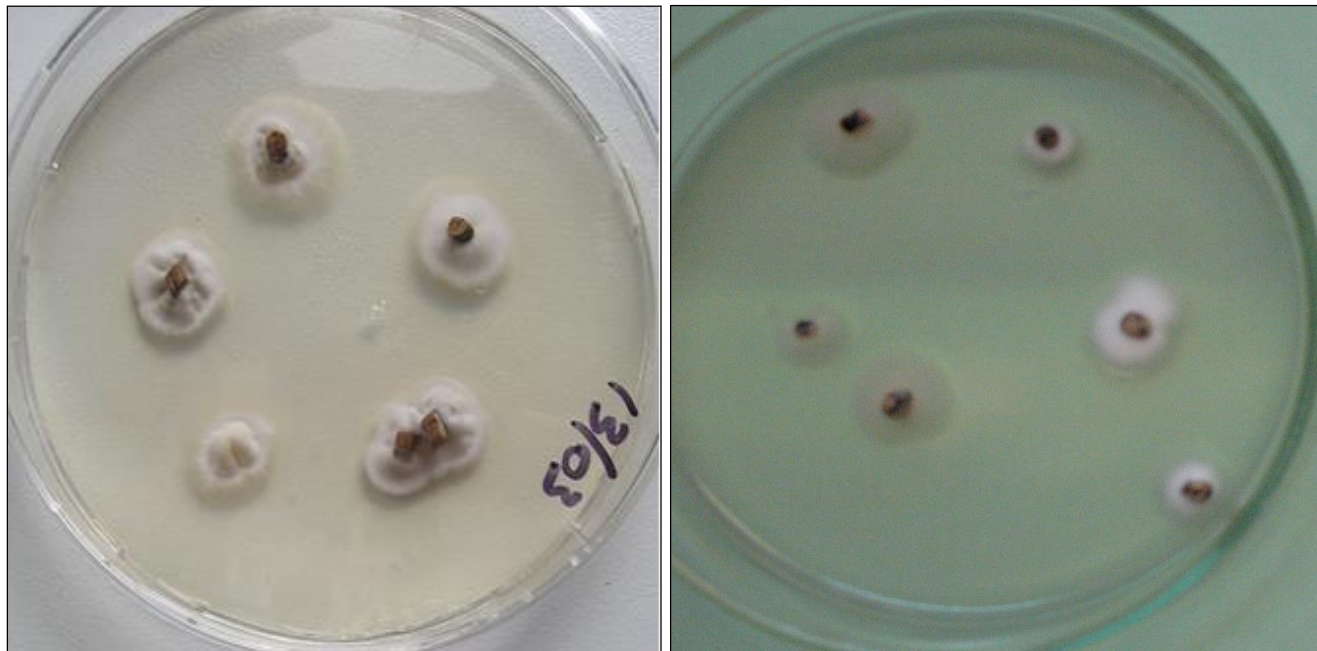


Рисунок 19 – Выделение чистой культуры гриба *Claviceps purpurea*:
рост мицелия гриба *C. purpurea* на 5–6 сутки на среде КГА

Идентификацию гриба осуществляли прямым микроскопированием (микроскоп Биомед 1600 х) с использованием справочной литературы [Ишкова Т.И. и др., 2008].

Титр спор подсчитывали в камере Горяева. Количество клеток в 1 мл исследуемой суспензии вычисляли по формуле (3):

$$T = \frac{a \times 1000 \times n}{h \times S}, \quad (3)$$

где T – титр спор конидий в 1 мл суспензии; a – среднее число спор в квадрате сетки; $1000 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$; n – разведение исходной суспензии; h – глубина камеры в мм; S – площадь квадрата сетки в мм^2 .

Выделение ДНК гриба *C. purpurea* произведено на экспериментальной базе лаборатории молекулярной биологии и селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Для выделения ДНК патогена использовали свежесобранные на территории Кировской области с растений озимой ржи (г. Киров, образец Clav. 4, г. Слободской, образец Clav. 2) и яровой пшеницы (г. Киров, образец Clav. 3) склеротии. Выделение ДНК *S. purpurea* произведено с использованием буфера СТАВ [Sambrook J. et al., 1989]. Для идентификации патогена использовались SSR-маркеры, взятые из базы данных Grain Genes, 2021 (Электронный ресурс). Последовательности генов рибосомных РНК, фланкирующие внутренние транскрибируемые спейсеры взяты из базы данных генов в программе NCBI-Nucleotide blast (Электронный ресурс). Разработанные праймерные системы использовали для постановки ПЦР с детекцией результатов с помощью геле-электрофореза. ПЦР анализ выполнен на амплификаторе ТП4-ПЦР-01-«Терцик» («НПО ДНК-технология», г. Москва). Состав реакционной смеси на 10 мкл: ДНК – 2 мкл, 10 x PCR буфер – 1 мкл (1,5 mM $MgCl_2$); смесь dNTPs (4mM) – 0,5 мкл, по 1 мкл прямого и обратного праймера, Taq-полимераза – 3,75 ед., вода mQ – 3,75 мкл. В процессе исследований были подобраны наиболее подходящие праймеры для выделения *S. purpurea*. Условия реакции: 1 цикл 95°C – 5 мин, 35 циклов по 95°C – 30 сек, 72°C – 30 сек, 72°C – 1 мин 30 сек, 1 цикл 72°C – 8 мин.

ПЦР-продукты были разделены в процессе вертикального электрофореза в полиакриламидном геле и окрашены бромистым этидием. Результаты электрофореза документировали с помощью видеосистемы «Взгляд» и ПО «IC Measure» (ООО «Компания Хеликон», г. Москва). Размер амплифицированных фрагментов определяли с использованием 100bp + 2Kb + 3Kb ДНК-маркеров веса («СибЭнзайм», г. Новосибирск). ПЦР-продукты экстрагировали из геля, согласно методике J. Sambrook с соавторами [1989]. Полученные в результате ПЦР-продукты были отправлены в ЗАО «Евроген Ру» (г. Москва) для определения нуклеотидной последовательности (секвенирования) местного изолята *S. purpurea*.

Последовательности геномов *S. purpurea* были скопированы из базы данных Genome, NCBI-Nucleotide blast (Электронные ресурсы). Названия последовательностей и их паспортные номера представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Известные нуклеотидные последовательности изолятов *C. purpurea*
[База данных Grain Genes, 2021 (Электронный ресурс)]

№ п/п	Изолят	Расположение праймеров
1	VI04972	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
2	VI04971	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
3	VI04969	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
4	VI04968	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
5	strain 695/S	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), 5,8S rRNA gene, 28S rRNA gene (partial), internal transcribed spacer 1 (ITS1) and internal transcribed spacer 2 (ITS2)
6	VI04917	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
7	VI04916	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
8	VI04915	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
9	VI04914	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
10	VI04913	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
11	VI04912	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
12	VI04909	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
13	VI04907	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
14	VI04906	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
15	VI04905	<i>Claviceps purpurea</i> 18S rRNA gene (partial), ITS1, 5,8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
16	-	Склеротии гриба <i>C. purpurea</i> с посевов озимой ржи город Слободской (образец Clav. 2)
17	-	Склеротии гриба <i>C. purpurea</i> с посевов яровой мягкой пшеницы город Слободской (образец Clav. 3)
18	-	Склеротии гриба <i>C. purpurea</i> с посевов озимой ржи город Киров (образец Clav. 4)

Данные последовательности были проанализированы в программе AliBee–Multiple alignment... (Электронный ресурс). В выявленных консервативных участках отбирали фрагменты 20–25 нуклеотидов, начинающиеся и

заканчивающиеся на гуанин или цитозин (предполагаемые праймеры). Для праймеров проводился расчет температуры отжига по формуле (4):

$$T_{\text{отжига}} = 2 \times [\text{количество аденина} + \text{тимина}] + 4 \times (\text{количество гуанина} + \text{цитозина}) - 5, \quad (4)$$

Далее в программе NCBI-Nucleotide blast [Электронный ресурс] проверялась уникальность праймеров и присваивался номер от 0 (последовательность не выявляется в нужных видах и генах) до 10 (последовательность выявляется только в геноме изолята и нигде больше). Из предполагаемых праймеров были выбраны два уникальных (уровень уникальности от 8 и выше) с одинаковыми температурами отжига (допускаются различия температуры отжига до 2°C), которые были синтезированы в компании «Синтол» (г. Москва).

При создании искусственного инфекционного фона использовали водно-споровую суспензию конидий *S. purpurea* и твердый инокулюм (склероции). Заражение осуществляли тремя методами: опрыскивание колосьев в период массового цветения растений; внесение споровой суспензии в завязь цветка при появлении зеленых пыльников; заражение почвы путем осеннего (в начале октября) внесения склероциев на глубину 2–4 см [Шешегова Т.К. и др., 2018; Щеклеина Л.М., 2023с]. При оценке устойчивости генотипа в вариантах с опрыскиванием и внесением склероциев в почву учитывали все инокулированные растения, при заспорении цветков – только зараженные. Концентрация спор в инокуляте – 5×10^5 конидий/мл. Доза инокулюма – 50 мл суспензии/м² и 60 склероциев/м². Повторность во всех экспериментах 3-кратная.

Поиск сортов озимой ржи с коротким и активным периодом цветения проводили в лабораторных и полевых условиях. При лабораторном тестировании объем выборки каждого сорта 40–80 колосьев, отобранных в конце фазы колошения. Срезанные колосья с длиной соломины 50–60 см помещали в 0,5 литровые сосуды с водой и оставляли при дневном освещении на весь период эксперимента. В полевых исследованиях на делянках конкурсного и экологического испытания шпагатом выделяли 1 м² с не менее 200 колосьями. Повторность в опытах 3-кратная. Учет цветения в экспериментах проводили

дважды в день (8–9 и 14–15 часов). Подсчитывали количество цветущих колосьев, которые затем удаляли из опыта, за оставшимися продолжали наблюдение. Сорта оценивали по двум показателям: «продолжительность цветения» (начало и окончание фазы) и «активность цветения» (процент отцветших колосьев за 3–4 дня массового цветения к общему количеству колосьев). Для селекции отбирали генотипы с наиболее короткой фазой цветения (3–4 дня – в лабораторном опыте, 5–7 дней – в полевых условиях) и высокой активностью цветения (более 80% отцветших за этот период колосьев в пробе).

Наследование и контроль устойчивости озимой ржи к спорынье проводили на 12 реципрокных гибридах (F_1 и F_2), полученных от скрещивания относительно устойчивых и наиболее восприимчивых сортов. Изучение гибридов и родительских форм проводили при инокуляции цветков суспензией конидий *S. purpurea*. Повторность в опыте 3-кратная.

Потомство гибридов F_1 сравнивали с родительскими формами. В первом поколении определяли степень доминирования устойчивости по формуле (5), предложенной И.Г. Одинцовой с соавторами [1989]:

$$D = \frac{F_1 - xp}{H_p - xp}, \quad (5)$$

где D – степень доминирования; $F_1 = 100$ – процент поражения растений F_1 ; $xp = 100$ – среднее арифметическое процента поражения родителей; $H_p = 100$ – процент поражения наиболее устойчивого родителя.

Значение D от 0 до +1 или -1 свидетельствует об уклонении признака в сторону лучшего или худшего родителя. Если D больше +1 – наблюдается доминирование и сверхдоминирование признака, если меньше -1 – депрессия признака. Если $D = 1$ – доминирование признака является полным.

Для выявления контроля устойчивости к спорынье гибриды F_2 и родительские формы оценивали по формуле (6), предложенной И.Г. Одинцовой с соавторами [1989]. Хи-квадрат (χ^2) вычисляли по формуле (6):

$$\chi^2 = \frac{(O - E)^2}{E}, \quad (6)$$

где O – наблюдаемые данные; E – ожидаемые данные.

*Жизнеспособность и инфекционный потенциал гриба *S. purpurea* в зависимости от климатических, почвенных и других факторов* изучали в семи полевых и лабораторных экспериментах. Важной особенностью гриба *S. purpurea* является необходимость в длительном периоде охлаждения (7–8 месяцев), после которого склероции могут прорасти в стромы (ножки) и образовывать плодовые тела. Во всех экспериментах объектом исследований были склероции, которые в начале октября помещали в 0,5 литровые сосуды с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой и оставляли на фитопатологическом участке в естественных условиях зимнего периода или инкубировали в холодильнике при температуре +4°C в течение 7 месяцев. В конце мая – начале первой декады июня склероции извлекали и анализировали по двум признакам: «жизнеспособность» (всхожесть) – процентное содержание склероциев со стромами к общему их количеству и «инфекционный потенциал» – количество стром на одном склероции. Для каждого эксперимента использовали по 25 склероциев, одинаковых по размеру, в 3-кратной повторности.

Опыт 1. Влияние погодных условий на прорастание склероциев и инфицирование завязи. Анализировали среднесуточную температуру воздуха и количество выпавших осадков в два важных инфекционных периода гриба *S. purpurea*: прорастание склероциев и заражение завязи. По многолетним наблюдениям, эти периоды соответствуют календарным датам в условиях центральной зоны Кировской области: с 1 по 31 мая (прорастание) и с 5 по 15 июня (заражение). Затем оценивали всхожесть и инфекционный потенциал склероциев и поражение растений спорыньей в этих условиях. Наблюдения проводили в период с 2009 по 2023 гг.

*Опыт 2. Влияние глубины заделки склероциев *S. purpurea* на их прорастание.* Склероции закладывали в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву на глубину пахотного горизонта: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 и 20 см.

Опыт 3. Влияние гранулометрического состава и типа почвы на прорастание склероциев. Изучали два типа почв (торфяная и дерново-подзолистая) и три гранулометрических состава (супесчаная, среднесуглинистая и

тяжелосуглинистая). Склероции закладывали на глубину: 4, 10 и 20 см.

Опыт 4. Влияние местообитания склероциев в природе на их жизнеспособность. Склероции помещали на пашню, в злаковый травостой и семенной материал озимой ржи, находящийся в сухом неотапливаемом складе.

Опыт 5. Влияние кислотности почвы на прорастание склероциев. Использовали почву с рН солевой вытяжки: 3,9; 4,6; 5,3 и 6,9.

Опыт 6. Влияние целостности склероциев на их прорастание. Использовали целые неповрежденные склероции, с микроповреждениями и их фрагменты (0,3–0,5 см).

Опыт 7. Жизнеспособность склероциев с разных побегов озимой ржи. Склероции с главного, боковых и недоразвитых побегов (подгон) закладывали в сосуды с почвой на глубину 4 см.

*Состав и содержание эргоалкалоидов в склероциях кировской популяции гриба *C. purpurea** определяли в ФИЦ ПНЦБИ РАН, Институте биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН (г. Пущино Московской обл.). Эргоалкалоиды (ЭА) извлекали из 1 грамма измельченных склероциев двумя способами. В первом способе образцы экстрагировали трижды 50% водным раствором ацетона, содержащим H_2SO_4 для создания кислой среды (рН 4,5). Объединенный экстракт концентрировали на ротаторном испарителе ИР-1М2, («Химлаборприбор», Россия) до половины первоначального объема. В полученную водную фракцию вносили 25% раствор аммиака до рН 9–10 и экстрагировали 3 раза хлороформом. Хлороформные экстракты подсушивали безводным Na_2SO_4 и упаривали на ротаторном испарителе.

Второй способ заключался в экстракции эргоалкалоидов смесью хлороформа и метанола в соотношении 1:1. Экстракты анализировали методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках силикагеля (Silica gel F₂₅₄, «Merck», Германия) в системах: хлороформ – метанол – 25% NH_4OH (90:10:0,1) (I) и (80:20:0,2) (II). Эргоалкалоиды обнаруживали по поглощению или флуоресценции в УФ-свете ($\lambda = 264$ нм) и после опрыскивания пластин реактивом Эрлиха. Выделение и очистку их проводили препаративной ТСХ на пластинах силикагеля.

Метаболиты идентифицировали методом тонкослойной хроматографии со стандартными образцами и с помощью данных УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии. УФ-спектры соединений в метаноле получали на спектрофотометре UV-160A («Shimadzu», Япония). Масс-спектры соединений регистрировали на квадрупольном масс-спектрометре LCQ Advantage MAX («Thermo Finnigan», Германия), используя одноканальный шприцевой насос для прямого ввода образца в камеру для химической ионизации при атмосферном давлении. Суммарное содержание эргоалкалоидов в экстрактах определяли спектрофотометрически при $\lambda = 313$ нм. Расчет вели, используя коэффициент молярной экстинкции эрготамина ($\log \epsilon = 3,86$). Измерения для каждого образца экстракта проводили не менее 5 раз.

Материалом служили образцы склероциев с 5 зерновых культур (озимая рожь и озимая тритикале, яровая пшеница, яровая тритикале и яровой ячмень), собранных в 3 географических точках Кировской области (г. Киров, г. Слободской, г. Яранск), удаленных на 220 км, а также у 30 разных по восприимчивости к спорынье сортов ржи и пшеницы.

Биометрические показатели склероциев (ширина, длина и масса) изучены более, чем 100 коллекционных и селекционных образцов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы. Размеры склероциев были условно разделены на три фракции: мелкие (длина до 10,0 мм), средней крупности (до 15,0 мм) и крупные (до 25,0 мм).

Селекционное изучение новых сортов и популяций озимой ржи проводили в питомниках конкурсного испытания отдела озимой ржи ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в г. Кирове и в п. Фаленки (Фаленская селекционная станция – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока); новых линий и сортов яровой пшеницы – в питомнике конкурсного испытания лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Урожайность включает в себя большое число элементов количественного свойства. *Анализ элементов структуры урожая новых сортов, популяций и селекционных линий* проведен по следующим показателям: «урожайность», «масса 1000 зерен», «количество продуктивных стеблей», «длина колоса»,

«количество колосков и зерен в колосе», «масса зерна с колоса и с растения», оценка «зимостойкости» у озимой ржи, «устойчивость к полеганию», «высота растений» [Методика ГСИ, 1985].

Изучение нового генофонда зерновых культур по восприимчивости к другим болезням проводили в провокационно-инфекционных условиях развития снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett.), корневых гнилей и фузариоза колоса (*Fusarium* Link.: *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb и другие), мучнистой росы ржи (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. secalis Marchal.), бурой ржавчины (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. secalis) и стеблевой ржавчины ржи (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. secalis (Erikss. et Henn.), мучнистой росы пшеницы (*Blumeria graminis* f. sp. tritici (DC.) Golovin ex Speer.), септориоза пшеницы (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous.) и бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia triticina* Erikss.).

Каждый сорт, коллекционный образец, популяцию и селекционную линию оценивали по селекционным и иммунологическим признакам не менее 3–4 лет.

Оценку поражения снежной плесенью (*M. nivale*) учитывали весной после схода снега, отрастание – через неделю после возобновления весенней вегетации. Устойчивость к снежной плесени оценивали по проценту площади делянки, занимаемой пораженными и сохранившимися растениями по шкале В.К. Неофитовой [1976]:

- высокоустойчивый образец (отрастание растений 81–100%);
- устойчивый (61–80%);
- среднеустойчивый (41–60%);
- слабоустойчивый (21–40%);
- неустойчивый (менее 21%).

Учет распространения и степени поражения фузариозными корневыми гнилями (*Fusarium* Link.) проводили в период «полной спелости» зерна. При учете корневых гнилей растения с помощью лопатки осторожно извлекали из почвы, отмывали корневую систему и оценивали поражение (распространение) и степень поражения (развитие болезни). Поражение (P , %) рассчитывали по формуле (7),

как отношение числа растений с симптомами болезни к общему количеству анализируемых в повторности растений:

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%, \quad (7)$$

где n – количество пораженных растений; N – количество учтенных растений.

Развитие болезни ($Rb, \%$) – качественная оценка, рассчитывавшаяся по формуле (8):

$$Rb = \Sigma \frac{(a \times b)}{K} \times 4 \times 100\%, \quad (8)$$

где N – общее количество учтенных растений; $\Sigma (a \times b)$ – сумма произведений числа растений на соответствующий балл поражения; K – общее количество учтенных растений; 4 – максимальный балл поражения по шкале.

Характеристику генотипам по устойчивости к корневым гнилям давали на основании уровня развития болезни по шкале М.Ф. Григорьева [1976]:

- иммунные (симптомов болезни нет);
- высокоустойчивые (развитие болезни 5–10%);
- умеренноустойчивые (11–15%);
- среднеустойчивые (16–25%);
- слабоустойчивые образцы (более 25%).

Учет степени поражения озимой ржи мучнистой росой (*B. graminis*) проводили в период «выход в трубку–колошение»; интенсивность поражения оценивали по шкале В.Д. Кобылянского и Л.А. Королевой [1977]:

- 0 баллов – отсутствие болезни (иммунитет);
- 1 балл – единичное поражение (1–10% – высокая устойчивость);
- 2 балла – слабый налет (11–25% – устойчивость);
- 3 балла – умеренный налет (26–40% – средняя устойчивость);
- 4 балла – обильный налет (41–60% – слабая устойчивость);
- 5 баллов – сплошное поражение листьев и междоузлий (более 80% – высокая восприимчивость).

Характеристику по устойчивости яровой мягкой пшеницы к мучнистой росе оценивали по методике, разработанной О.А. Орловской с соавторами [2021].

Учет степени поражения озимой ржи видами ржавчины проводили в периоды «колошение–цветение–молочная спелость» (бурая) и «молочно–восковая спелость» (стеблевая). Характеристику по устойчивости к обоим видам *Puccinia* spp. давали по шкале R.F. Peterson с соавторами [1948]:

- 0 баллов – отсутствие признаков болезни (иммунитет);
- 1 балл – крайне слабое поражение, встречаются единичные мелкие уредопустулы возбудителя (1–20% – высокая устойчивость);
- 2 балла – слабое поражение, уредопустулы небольшого или среднего размера (21–40% – устойчивость);
- 3 балла – среднее поражение, уредопустулы среднего размера, сливаются редко (41–60% – средняя устойчивость);
- 4 балла – сильное поражение, уредопустулы сливающиеся, большие; некроза нет (61–80% – слабая устойчивость);
- 5 баллов – крайне сильное поражение, обильные уредопустулы разбросаны как по размерам, так и по типу инфекции на одном и том же месте (81–100% – высокая восприимчивость).

Характеристику образцов по устойчивости пшеницы к бурой ржавчине (*P. triticina*) оценивали по методике А.Е. Чумакова с соавторами [1979].

Учет степени поражения сортов яровой пшеницы септориозом (*Zymoseptoria tritici*) проводили в период «колошение–цветение». Применяли универсальную шкалу Е.Е. Saari и J.M. Prescott [1975] модифицированную А. Takele et al. [2015], которая позволяет оценивать состояние болезни не только на листьях, но и на колосе. Показателем интенсивности поражения септориозом являются характерные пятна, образующиеся на листьях. Иммунологическую характеристику образцам давали по развитию болезни:

- иммунитет и высокая устойчивость (развитие болезни 0–5%);
- устойчивость (6–15%);
- умеренная устойчивость (16–25%);
- восприимчивость (26–65%);
- высокая восприимчивость (66–100%).

Учет поражения фузариозом колоса (*Fusarium* Link.) проводили по каждому колосу в период «молочно–восковой спелости» зерна по признакам: «поражение» и «степень поражения» в соответствии со шкалой Т.К. Шешеговой и Л.И. Кедровой [2003]. Характеристику генотипам давали по устойчивости:

- 0 баллов – нет видимых симптомов поражения;
- 1 балл – поражено до 20% колосков в колосе (высокая устойчивость);
- 2 балла – поражено 21–40% (слабая восприимчивость);
- 3 балла – поражено 41–60% (средняя);
- 4 балла – поражено 61–80% (высокая);
- 5 баллов – поражено 81–100% (полная восприимчивость).

Для более точной оценки неспецифической устойчивости у новых популяций озимой ржи проводили изучение характера растительно-микробных взаимодействий *Secale cereale* с фитопатогенами *Blumeria graminis*, *Puccinia recondita* и *Puccinia graminis* с использованием показателя площади под кривой развития болезни (показатель ПКРБ) [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., Уткина Е.И., 2021, Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2023б], предложенного D.F. Johnson и R.D. Wilcoxson [1981]. В русский редакции она описана у Ю.Б. Коновалова [1999] и рассчитывается по формуле (9):

$$S = 1/2 \times (X_1 + X_2) \times (t_2 - t_1) + \dots + (X_{n-1} + X_n) \times (t_n - t_{n-1}), \quad (9)$$

где S – площадь под кривой развития болезни; n – количество учетов; X_1 – степень развития болезни на момент первого учета, %; X_2 – степень развития болезни на момент второго учета, %; X_n – степень развития болезни на момент последнего учета, %; X_{n-1} – интенсивность развития болезни между последним и предпоследним учетом, %; $(t_2 - t_1)$ – количество дней между вторым и первым учетом; $(t_n - t_{n-1})$ – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Чем выше значение показателя ПКРБ, тем интенсивнее идет нарастание мучнисто-росяных и ржавчинных инфекций в биоценозе, и тем более восприимчив сорт (популяция). Учитывая, что абсолютные значения показателя ПКРБ подвержены изменению по годам под воздействием внешних факторов и уровня инфекционной нагрузки, для оценки был использован дополнительный критерий –

показатель индекса устойчивости (показатель ИУ), который позволяет классифицировать образцы по уровню частичной устойчивости или «*slow rusting*».

Методика расчета показателя ИУ была предложена сотрудниками Всероссийского НИИ фитопатологии [Макаров А.А. и др., 1991] и представлена формулой (10):

$$ИУ = \frac{ПКРБ \text{ изучаемого сорта}}{ПКРБ \text{ индикаторного (восприимчивого) сорта}}, \quad (10)$$

По показателю ИУ исходный материал можно условно дифференцировать на 4 группы:

- 0,10–0,35 – высокий уровень устойчивости;
- 0,36–0,65 – средний;
- 0,66–0,80 – низкий;
- более 0,81 – восприимчивость.

В работе применяли статистические методы в изложении Б.А. Доспехова [1985]. Статистическая обработка проведена методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel 2013.

Глава 3 ИЗУЧЕНИЕ ВРЕДНОСТИ СПОРЫНЬИ

Вредность спорыньи определяется не столько распространением болезни в посеве, сколько количеством и крупностью склероциев, на образование которых растение тратит питательные вещества, «оттягивая» их от формирующихся зерновок в ближних цветках. В результате происходит обеспложивание завязи или формируется мелкая щуплая зерновка. Поэтому прямые потери урожая в связи с развитием спорыньи обусловлены снижением всех показателей продуктивности растения [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2020; 2023а]. Однако на современном этапе развития селекции и значительном изменении сортимента озимой ржи неясен характер потенциальной вредности спорыньи на разных по восприимчивости сортах. Эта информация могла бы иметь практическое значение в семеноводстве с учетом возделываемых сортов и при сезонном прогнозе фитосанитарной ситуации в отношении этой болезни.

3.1 Вредность спорыньи при разной степени поражения колоса и вклад генотипа в изменчивость болезни

В связи с приуроченностью спорыньи к поражению колоса вредность этой болезни заключается в основном в снижении его озерненности, продуктивности колоса и крупности зерна. Уровень этих показателей был проанализирован у относительно контрастных по восприимчивости к спорынье тест-сорт озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: Флора (относительно устойчивый), Фаленская 4 (среднеустойчивый) и Кировская 89 (восприимчивый). Выявлено значительное снижение продуктивности растений при поражении их спорыньей. В контрольном варианте (без инфекции) отсутствовали симптомы спорыньи у всех изучаемых сортов, а элементы продуктивности существенно превышали состояние признаков на инфекционном фоне. Обнаружено, что у разных по восприимчивости сортов озимой ржи поражение составило 50,0% (Флора), 62,5% (Фаленская 4) и 80,0% (Кировская 89)

при засоренности зерна склероциями 2,93%; 6,63% и 4,72% соответственно. Продуктивность колоса по отношению к контролю снижалась – от 0,66 г до 1,19 г, количество зерен – от 13,2 шт. до 24,2 шт., масса 1000 зерен – от 2,6 г до 6,6 г (таблица 3). При этом у менее поражаемого сорта Флора крупность зерна и продуктивность колоса на инфекционном фоне изменялись незначительно. Следует отметить, что при инокуляции цветка суспензией спор *S. purpurea* происходило значительное снижение (в среднем на 24,2 шт. меньше контроля) завязываемости зерна. Однако и склероции гриба преимущественно не формировались в обеспложенных завязях. Вероятно, у данного генотипа присутствуют биохимические факторы активного иммунитета, ингибирующие прорастание и/или распространение мицелия патогена. Сорт Фаленская 4, занимающему промежуточное положение по восприимчивости к спорынье, присуща низкая выносливость к болезни, о чем свидетельствует достоверное снижение всех элементов продуктивности на инфекционном фоне. У наиболее поражаемого сорта Кировская 89 происходит ухудшение всех признаков, хотя эти изменения статистически не доказаны.

Таблица 3 – Состояние элементов продуктивности у пораженных спорыньей и непораженных растений озимой ржи, 2010–2013 гг.

Сорт	Пора- жение, %	Засорен- ность зерна склеро- циями, %	Количество зерен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
			К	ИФ	± к конт- ролю	К	ИФ	± к конт- ролю	К	ИФ	± к конт- ролю
Флора	50,0*	2,93*	70,0	45,8*	-24,2	2,67	2,01	-0,66	38,3	38,1	-0,2
Фален- ская 4	62,5*	6,63*	66,0	44,5*	-21,5	2,76	1,57*	-1,19	41,8	35,2*	-6,6
Киров- ская 89	80,0*	4,72*	57,6	44,4	-13,2	2,24	1,61	-0,63	38,9	36,3*	-2,6

К – контроль, ИФ – инфекционный фон. * – отличия от контроля значимы при $P \geq 0,95$

Таким образом, потери урожая в связи с развитием спорыньи у тест-сортов озимой ржи обусловлены снижением озерненности колоса, продуктивности растения и крупности зерна. Однако у наименее восприимчивого сорта Флора относительно высокая продуктивность колоса на инфекционном фоне обеспечивается крупностью формирующихся зерен (38,3 и 38,1 г). Установлена достоверная ($P \geq 0,95$) связь между засоренностью зерна склероциями и элементами продуктивности: количеством зерен в колосе ($r = -0,79$), массой зерна с колоса ($r = -0,86$) и массой 1000 зерен ($r = -0,42$) (таблица 4). Сопоставление с другим иммунологическим признаком (поражение) выявило, что количество пораженных растений в посеве снижало параметры продуктивности, но достоверное влияние признака было лишь на массу 1000 зерен ($r = -0,53$).

Таблица 4 – Влияние спорыньи на элементы продуктивности растений озимой ржи

Признак	Количество зерен в колосе	Масса зерна с колоса	Масса 1000 зерен
	коэффициент корреляции (r)		
Поражение	-0,18	-0,35	-0,53*
Засоренность зерна склероциями	-0,79*	-0,86*	-0,42

* – значимо при $P \geq 0,95$

По результатам дисперсионного анализа данного эксперимента проанализирован вклад различных факторов в изменчивость проявления спорыньи. Установлено существенное влияние климатических факторов на развитие этой болезни даже при искусственном заражении, о чем свидетельствует преобладание фактора «год», доля которого составила 36,6% – по признаку «поражение» и 29,1% – по признаку «засоренность зерна склероциями» над фактором «сорт» (17,1% и 27,5% соответственно) (таблица 5). Поскольку роль сорта усиливается по признаку «степень поражения растений», то в селекционном плане возможно повышение устойчивости сорта путем выявления и отбора иммунных и наименее поражаемых биотипов в условиях жесткого инфекционного фона: при естественной эпифитотии болезни или искусственной инокуляции селекционного материала *S. purpurea*.

Таблица 5 – Вклад фиксированных и случайных факторов в изменчивость проявления спорыньи, 2010–2013 гг.

Фактор	Доля фактора (%)	
	поражение	засоренность зерна склероциями
Сорт (А)	17,1	27,5
Год (В)	36,6	29,1
Взаимодействие (АВ)	3,4	5,5
Случайные (неучтенные) факторы	42,9	37,9

В растительно-микробных взаимоотношениях «*Secale cereale* – *Claviceps purpurea*» велика роль случайных (неучтенных) факторов. Поэтому, как и в отношении других грибных болезней, возбудителями которых являются неспециализированные патогены, селекция должна быть ориентирована на поиск непоражаемых биотипов или с учетом высокого уровня инфекционного фона (естественного или искусственного) – форм с наименьшим их количеством. Можно полагать, что благоприятные для патогена метеорологические факторы провоцируют повышение инфекционной нагрузки и образование склероциев, но количество их в значительной степени определяют морфо-биологические и биохимические свойства генотипа.

3.2 Вредоносность спорыньи при разной степени поражения колоса

Более детальный анализ изменчивости элементов продуктивности растений в зависимости от степени поражения колоса спорыньей проведен на примере четырех районированных сортов озимой ржи: относительно устойчивый Саратовская 7 (ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока), средневосприимчивый Рушник (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) и восприимчивых Памяти Кунакбаева (БАШНИИСХ УФИЦ РАН) и Кировская 89 (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока). У каждого генотипа отобрали по 25 колосьев с разным количеством склероциев – от 1 до 11 штук. Сравнение данных осуществляли с контролем (колос без склероциев) (рисунок 20)



Рисунок 20 – Колосья сорта озимой ржи Кировская 89 без склероциев и со склероциями гриба *Claviceps purpurea*

Следует отметить, что показатели элементов продуктивности (количество зерен в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен) достоверно (при $P \geq 0,95$) снижались у всех сортов при формировании в нем даже одного – двух склероциев,

что отражает высокую вредоносность спорыньи. При максимальном количестве склероциев в колосе происходило значительное снижение всех элементов структуры урожая (в среднем на 22,8–64,8%) у тест-сортов по отношению к контролю (таблица 6).

Основным урожайобразующим показателем структуры является масса зерна с колоса. В наших исследованиях ее снижение в связи с формированием склероциев в рядом расположенных цветках привело к уменьшению продуктивности колоса и увеличению вредоносности на 11,6–77,2% (Рушник), 2,0–54,0% (Кировская 89), 8,9–60,7% (Памяти Кунакбаева) и 5,6–64,6% (Саратовская 7) по сравнению с непораженными колосками. Оценивая по этому признаку изучаемые генотипы, сорт Кировская 89 можно отнести к наиболее выносливым (толерантным) к спорынье, в связи с относительно постепенным снижением продуктивности колоса по мере увеличения количества склероциев в нем.

Известно, что продуктивность колоса тесно связана с его озерненностью и крупностью зерновки. В наших исследованиях просматривается тенденция замедленного уменьшения количества зерен в колосе (с 95,7% до 56,3%) по мере увеличения поражения у относительно устойчивого к спорынье сорта Саратовская 7; у средневосприимчивого сорта Рушник признак снижался с 88,8% до 38,2%. Выявленные тенденции согласуются с данными, полученными в предыдущем опыте (таблица 3, страница 82), в отношении отличительной изменчивости озерненности колоса относительно устойчивого сорта Флора по сравнению с восприимчивыми.

При формировании 11 склероциев в колосе крупность зерна у тест-сортов уменьшалась в среднем по сортам на 55,4–64,8%. Следует отметить крупнозерный сорт озимой ржи Кировская 89, у которого масса 1000 зерен снижалась с уровня 97,7% (1 склероций) до 55,4% (11 склероциев) по отношению к контролю; у восприимчивого сорта Памяти Кунакбаева – с 98,1% до 64,8%.

Таблица 6 – Динамика элементов продуктивности у тест-сортов озимой ржи в связи с разной степенью поражения колоса спорыньей, 2017–2019 гг., 2022 г.

Количество склероциев в колосе, шт.	Количество зерен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	среднее±отклонение	% к контролю	вредоносность, %	среднее±отклонение	% к контролю	вредоносность, %	среднее±отклонение	% к контролю	вредоносность, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Рушник</i>									
Контроль – без склероциев	66,8±1,4	-	-	2,68±0,10	-	-	41,6±1,1	-	-
- с одним	59,3±2,6	88,8	11,2	2,37±0,18	88,4	11,6	39,8±1,7	95,7	4,3
- с двумя	54,0±1,7	80,8	19,2	2,15±0,14	80,2	19,8	38,7±1,6	93,0	7,0
- с тремя	45,0±2,4	67,4	32,6	1,73±0,14	64,6	35,4	37,3±1,6	89,7	10,3
- с четырьмя	41,3±2,4	61,8	38,2	1,50±0,17	56,0	44,0	34,8±2,2	83,7	16,3
- с пятью	38,5±1,9	57,6	42,4	1,31±0,10	48,9	51,1	32,8±1,7	78,8	21,2
- с семью	33,0±1,4	49,4	50,6	1,03±0,09	38,4	61,6	29,9±1,3	71,9	28,1
- с девятью	30,5±1,2	45,7	54,3	0,88±0,11	32,8	67,2	27,2±1,0	65,4	34,6
- с одиннадцатью	25,5±0,5	38,2	61,8	0,61±0,13	22,8	77,2	23,8±1,6	57,2	42,8
НСР ₀₅	3,5	-	-	0,2	-	-	2,5	-	-
<i>Кировская 89</i>									
Контроль – без склероциев	64,3±1,6	-	-	2,50±0,10	-	-	43,3±0,3	-	-
- с одним	61,5±2,2	95,6	4,4	2,45±0,14	98,0	2,0	42,3±0,8	97,7	2,3
- с двумя	56,0±0,8	87,1	12,9	2,35±0,09	94,0	6,0	41,2±1,1	95,2	4,8
- с тремя	49,0±3,1	76,2	23,8	1,98±0,08	79,2	20,8	40,8±0,9	94,2	5,8
- с четырьмя	41,3±2,4	64,2	35,8	1,63±0,05	65,2	34,8	40,4±0,8	93,3	6,7
- с пятью	39,3±0,5	61,1	38,9	1,43±0,08	57,2	42,8	39,6±0,7	91,5	8,5
- с семью	37,5±0,9	58,3	41,7	1,35±0,06	54,0	46,0	33,2±0,7	76,7	23,3
- с девятью	34,3±1,0	53,3	46,7	1,27±0,05	50,5	49,5	28,2±1,0	65,1	23,3
- с одиннадцатью	27,8±1,4	43,2	56,8	1,15±0,06	46,0	54,0	24,0±0,7	55,4	44,6
НСР ₀₅	9,4	-	-	0,3	-	-	2,4	-	-

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Памяти Кунакбаева</i>									
Контроль – без склероциев	73,5±1,0	-	-	3,05±0,12	-	-	41,7±0,4	-	-
- с одним	68,0±0,8	92,5	7,5	2,78±0,06	91,1	8,9	40,9±0,2	98,1	1,9
- с двумя	65,0±1,6	88,4	11,6	2,58±0,08	84,6	15,4	39,6±0,1	94,9	5,1
- с тремя	63,3±1,8	86,1	13,9	2,33±0,04	76,4	23,6	37,3±0,1	89,4	10,6
- с четырьмя	59,5±0,7	81,0	19,0	1,84±0,06	60,3	39,7	35,3±0,3	84,5	15,5
- с пятью	56,0±1,1	76,2	23,8	1,46±0,03	47,9	52,1	34,6±0,3	82,9	17,1
- с семью	47,8±1,3	65,0	35,0	1,34±0,03	43,9	56,1	33,8±0,1	80,8	19,2
- с девятью	40,8±1,2	55,5	44,4	1,27±0,02	41,6	58,4	32,9±0,2	78,7	21,3
- с одиннадцатью	32,3±0,6	43,9	56,1	1,20±0,05	39,3	60,7	27,0±0,7	64,8	35,2
НСР ₀₅	2,4	-	-	0,2	-	-	0,6	-	-
<i>Саратовская 7</i>									
Контроль – без склероциев	65,8±1,7	-	-	2,85±0,03	-	-	38,6±0,1	-	-
- с одним	63,0±1,2	95,7	4,3	2,69±0,03	94,4	5,6	37,5±0,1	97,1	2,9
- с двумя	58,8±1,1	95,8	4,2	2,52±0,03	88,4	11,6	36,2±0,1	93,8	6,2
- с тремя	54,3±1,7	89,4	10,4	2,45±0,02	86,0	14,0	35,1±0,2	91,1	8,9
- с четырьмя	53,8±1,4	82,5	17,5	2,36±0,01	82,8	17,2	34,2±0,1	88,6	11,4
- с пятью	45,5±1,0	81,7	18,3	2,02±0,09	70,9	29,1	33,9±0,1	87,8	12,2
- с семью	42,8±0,5	69,2	30,8	1,80±0,05	63,2	36,8	30,4±0,3	78,8	21,2
- с девятью	37,0±1,1	65,0	35,0	1,57±0,04	55,1	44,9	26,1±0,4	67,5	32,5
- с одиннадцатью	30,3±1,4	56,3	43,7	1,01±0,03	35,4	64,6	22,1±0,2	57,4	42,6
НСР ₀₅	2,1	-	-	0,1	-	-	0,6	-	-

На основе данных (2017–2019 гг., 2022 г.) о взаимосвязи иммунологических и селекционных признаков были рассчитаны уравнения регрессии, показывающие количественное влияние содержания склероциев в колосе на важные показатели продуктивности растений. Эти уравнения позволяют выявить характер действия количества склероциев в колосе на формирование зерен в нем, массу зерна с колоса и массу 1000 зерен. Установлено, что соответствующие уравнения регрессии изменчивости количества зерен в колосе ($y = -5,2125x + 69,257$ при $R^2 = 0,986$), динамики массы зерна с колоса ($y = -0,2565x + 2,8658$ при $R^2 = 0,991$) и массы 1000 зерен ($y = -2,1867x + 44,928$ при $R^2 = 0,976$) показывают, что с каждым новым склероцием в колосе количество зерен в нем снижается в среднем по сортам на 5,2 шт., масса зерна с колоса – на 0,26 г, масса 1000 зерен – на 2,19 г (рисунки 21–23).

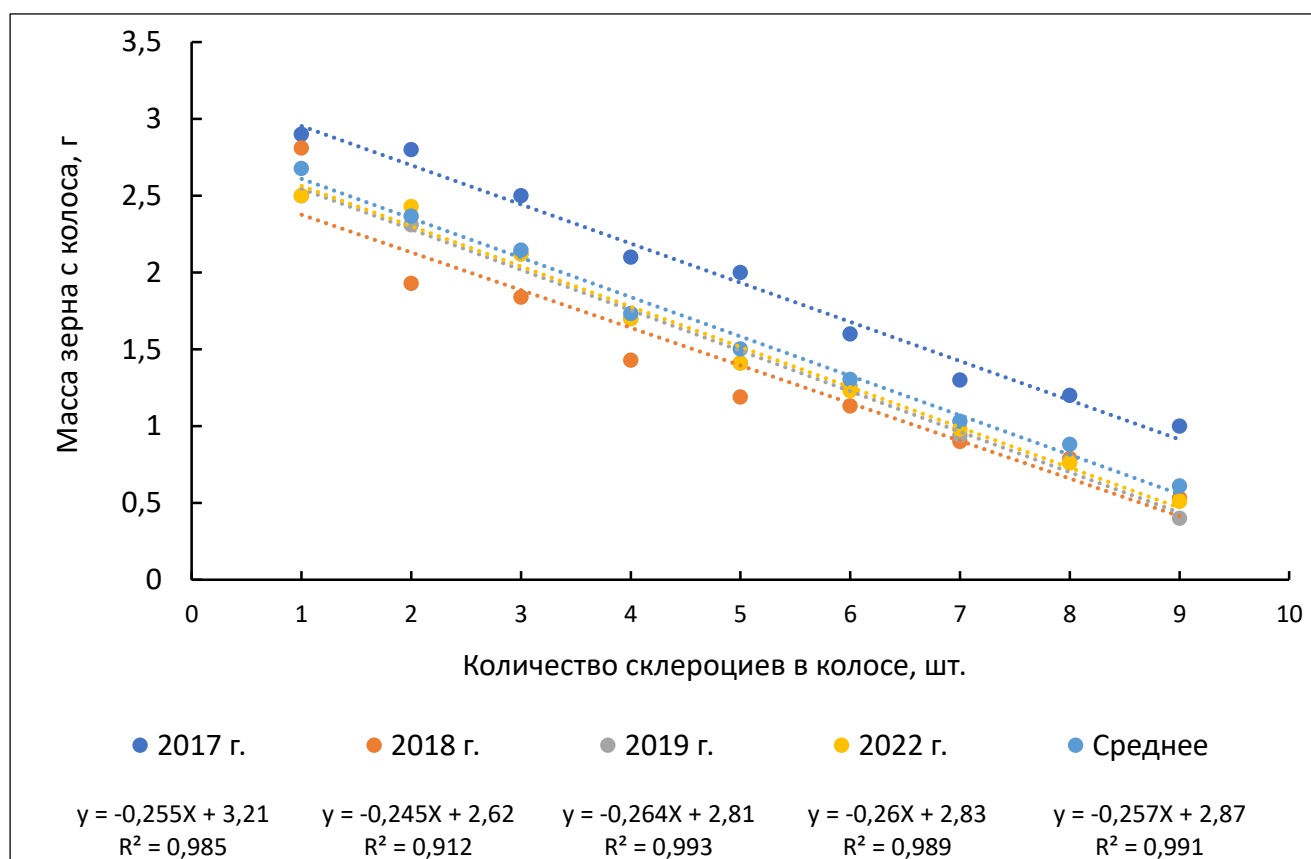


Рисунок 21 – Зависимость массы зерна с колоса озимой ржи от уровня зараженности колоса склероциями спорыньи (в среднем по сортам)

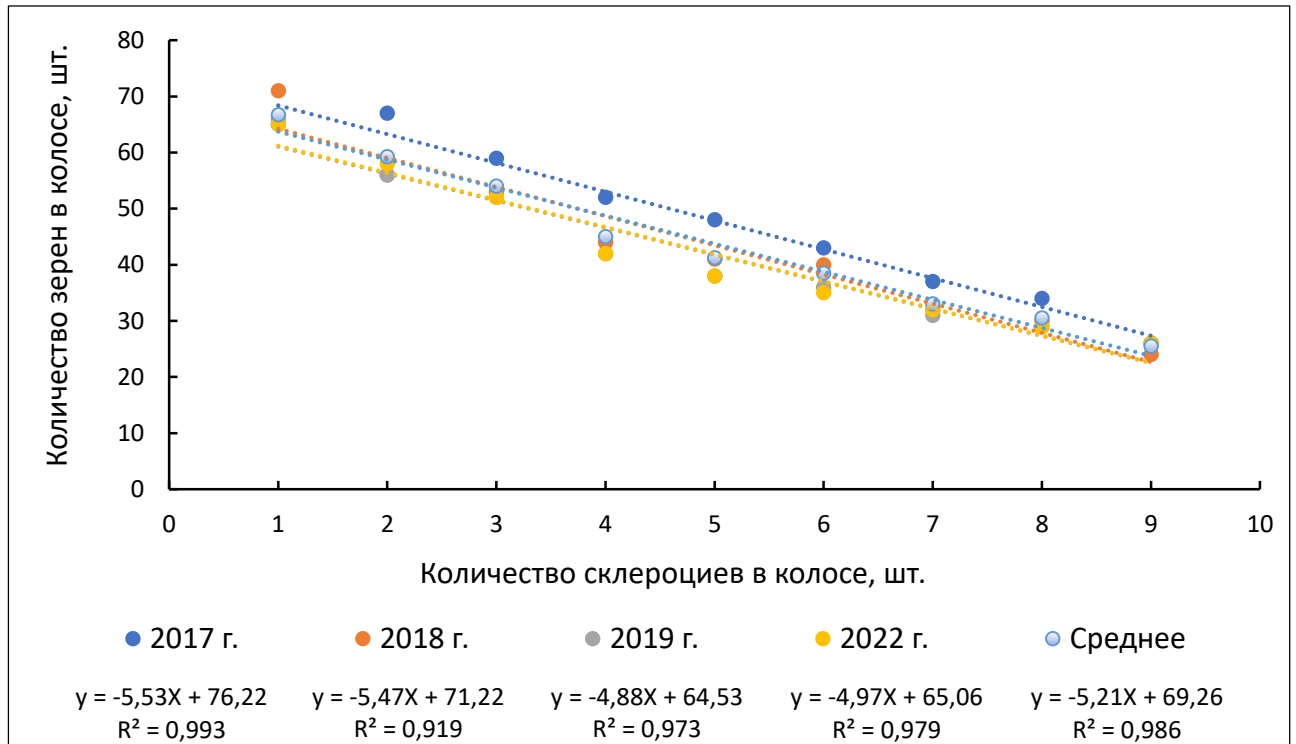


Рисунок 22 – Зависимость количества зерен в колосе озимой ржи от уровня зараженности колоса склероциями спорыньи (в среднем по сортам)

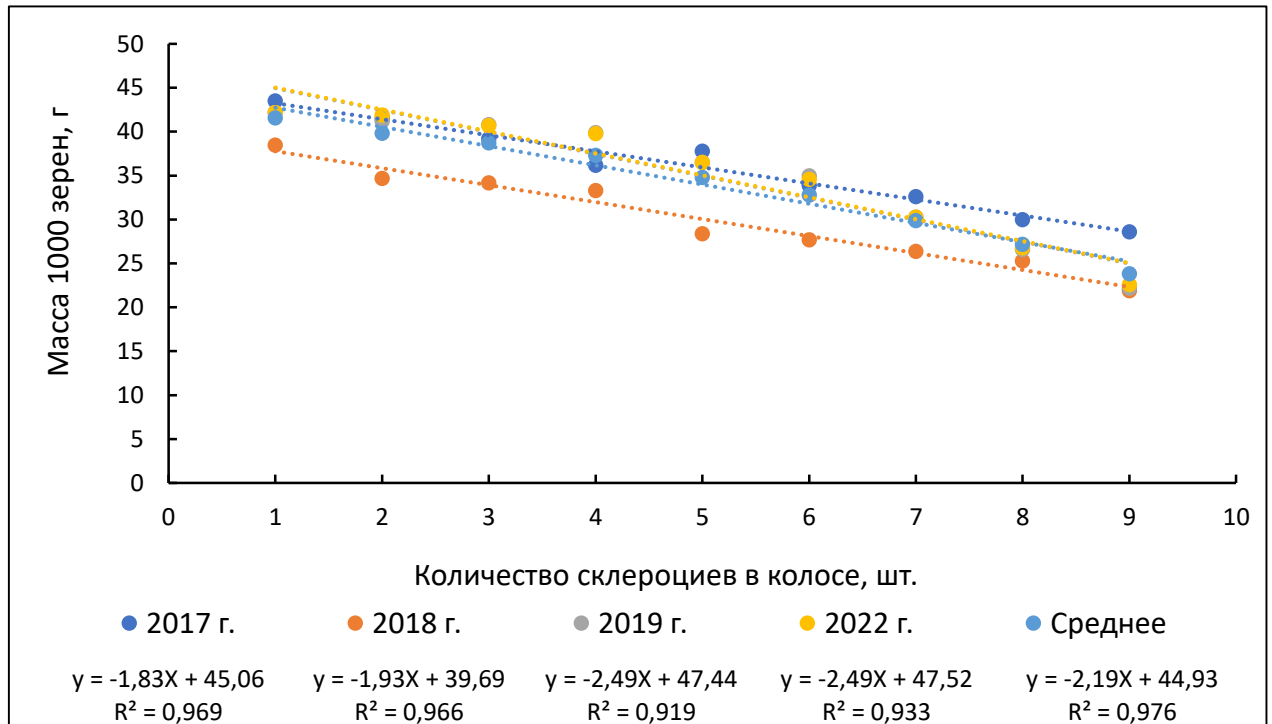


Рисунок 23 – Зависимость массы 1000 зерен озимой ржи от уровня зараженности колоса склероциями спорыньи (в среднем по сортам)

Величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,986$ – количество зерен в колосе, $R^2 = 0,991$ – масса зерна с колоса, $R^2 = 0,976$ – масса 1000 зерен) отражает высокий уровень достоверности полученных взаимосвязей.

Таким образом, подобные расчеты могут иметь практическое значение при прогнозе сезонной потенциальной вредоносности спорыньи и уровня ущерба на конкретных сортах и посевных площадях озимой ржи и других зерновых культур.

3.3 Вредоносность спорыньи на разных побегах растений озимой ржи

Растения озимой ржи обычно сильно кустятся и образуют при посеве в оптимальные сроки 8–10 побегов [Бахтизин Н.Р., Исмагилов Р.Р., 1991]. У растений сначала формируется узел кущения на главном побеге, затем развиваются боковые побеги. В результате дополнительного весеннего кущения, особенно, при сильном поражении посевов и гибели растений от снежной плесени образуется подгон в виде слаборазвитых стеблей, поздно- и длительноцветущих колосьев, цветки которых сильнее подвержены инфицированию конидиями *S. purpurea*. Склероции чаще всего формируются на поздно- и длительноцветущих сортах [Хазиев А.З., 2008с]. Это подразумевает, что различные побеги у растения озимой ржи неравноценны в характере проявления спорыньи.

Для этого проведена оценка элементов продуктивности растений у восприимчивого к болезни сорта озимой ржи Кировская 89, отличающегося некоторой неравномерностью по высоте, неполной озерненностью колоса и изреженностью стеблестоя в связи с недостаточно высокой зимостойкостью, которая в условиях центральной зоны Кировской области обусловлена устойчивостью к снежной плесени [Шешегова Т.К., 2005].

Ежегодно в течение 5 лет было анализировали по 25 колосьев озимой ржи, взятых с главных, боковых и недоразвитых побегов (подгон) в 3-кратной повторности. Выявлена разная степень поражения колосьев спорыньей у разных побегов растений озимой ржи сорта Кировская 89 (рисунки 24–26).



Рисунок 24 – Проявление спорыньи на разных побегах растений озимой ржи сорта Кировская 89



Рисунок 25 – Склеротии, сформированные на главном побеге



Рисунок 26 – Склеротии, сформированные на недоразвитых побегах (подгон)

Наибольшее количество склеротиев в колосе формируется на недоразвитых побегах (подгон) – в среднем 8,7 шт., на главном побеге – 1,3 шт., на боковых – около 3 штук. Весовое их содержание к массе зерна в 13,4 и 4,1 раза больше, чем на главном и боковых побегах (таблица 7).

Таблица 7 – Элементы продуктивности растений озимой ржи и содержание склеротиев на разных побегах, 2019–2021 гг.

Признаки	Анализируемые побеги	Пределы варьирования	Среднее± отклонение
1	2	3	4
Количество колосков в колосе, шт.	Главный побег	24...30	28,0±1,0
	Боковой побег	24...28	26,0±0,7
	Подгон	16...20	18,0±0,7
НСР ₀₅			1,9

Окончание таблицы 7

1	2	3	4
Количество зерен в колосе, шт.	Главный побег	48...59	53,5±1,7
	Боковой побег	40...46	43,5±0,8
	Подгон	12...22	15,2±1,7
НСР ₀₅			4,2
Масса зерна с колоса, г	Главный побег	2,25...2,67	2,49±0,07
	Боковой побег	1,07...1,57	1,34±0,09
	Подгон	0,32...0,50	0,42±0,03
НСР ₀₅			0,2
Количество склероциев в колосе, шт.	Главный побег	1...2	1,3±0,2
	Боковой побег	2...6	3,0±0,6
	Подгон	4...13	8,7±1,4
НСР ₀₅			2,8
Масса склероциев с колоса, г	Главный побег	0,09...0,24	0,14±0,02
	Боковой побег	0,17...0,42	0,24±0,04
	Подгон	0,27...0,37	0,32±0,02
НСР ₀₅			0,1
Засоренность зерна склероциями, %	Главный побег	3,64...10,30	5,70±0,97
	Боковой побег	12,06...39,25	18,60±4,25
	Подгон	58,0...90,24	76,20±5,00
НСР ₀₅			10,5

Озерненность колоса в главном и боковом побегах составила в среднем 53,5 шт. и 43,5 шт. при их количестве на подгоне – 15,2 шт. Масса зерна с колоса при наличии в колосе 1,3–3,0 склероциев на главном и боковых побегах достигала 2,49 и 1,34 г соответственно; при наличии более 8,7 склероциев в колосе на недоразвитом побеге значение этого показателя было 0,42 г. Установлено, что преобладающее количество склероциев (76,2%) созревает на недоразвитых побегах растений, на боковых побегах – 18,6%, а на главном побеге – лишь 5,7%.

В наших исследованиях доказано, что при увеличении общей кустистости растения достоверно (при $P \geq 0,95$) увеличивается и количество склероциев в колосе ($\gamma = 0,86$).

Таким образом, основная часть наиболее биологически опасных (токсичных) и трудноотделяемых из зернового вороха склероциев формируется на недоразвитых побегах озимой ржи. Поэтому дополнительным аргументом при отборе элитных растений озимой ржи и других зерновых культур и поиске источников для селекции на устойчивость к спорынье является выровненность побегов по высоте и развитию, а также отсутствие более уязвимого к конидиям *S. purpurea* подгона.

Глава 4 ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОЧВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ СПОРЫНЬИ

На частоту проявления грибных болезней в значительной степени влияют региональные особенности климатических факторов. Ю.А. Овсянниковым [2006] обнаружено, что теплее климат, в основном, не за счет летних, а зимних месяцев. Это значит, что вероятность зимних оттепелей и гибели озимых культур от выпревания и поражения растений снежной плесенью значительно повышается, что чревато изреженностью посевов и увеличением количества недоразвитых стеблей в агроценозе, на которых формируется основная часть склероциев спорыньи. В Кировской области наблюдается тенденция роста зимне-весенних температур и сумм активных температур и осадков, увеличения продолжительности безморозного и вегетационного периодов [Переведенцев Ю.П. и др., 2010], что повышает опасность расширения распространения и уровня вредоносности многих грибных болезней, в том числе, и спорыньи на зерновых культурах.

В современных условиях ориентации крупного сельскохозяйственного производства на энерго- и ресурсосберегающие технологии, часто необоснованное применение минимальных способов обработки почвы и короткоротационных зернонасыщенных севооборотов, а также сохранения огромных территорий заброшенных земель в значительной степени усиливают фитосанитарную напряженность на полях в отношении спорыньи и других болезней зерновых культур. Площадь земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота, и которые являются постоянным источником возникновения эпифитотий, в Российской Федерации составляет около 40 млн га [Щукин С.В. и др., 2018]. В Кировской области доля неиспользуемых земель составляет в среднем 30% от общей площади сельскохозяйственных угодий, а в северных районах – до 60%. Земли зарастают злаковой и другой сорной растительностью, кустарниками и подлеском. В 20 районах из 39 в технологии возделывания зерновых культур преобладают минимальные обработки почвы, а доля свежееубранных семян озимой ржи

для посева в отдельные годы достигает 30% [Козлова Л.М. и др., 2006; Шешегова Т.К., Мухамадьяров Ф.Ф., 2013]. Эти региональные негативные тенденции при отсутствии в производстве устойчивых сортов, нестабильности и частой экстремальности климатических факторов обеспечивают сохранность инфекции *S. purpurea* в природе и повышают риски усиления распространения и развития спорыньи на посевах зерновых культур.

4.1 Зависимость спорыньи от состояния климатических факторов

За последние 25 лет гибель озимой ржи в Кировской области после перезимовки изменялась от 3,0% (2009 г.) до 28,0% (2001 г.), а в среднем была на уровне 13,0% [Обзор фитосанитарного состояния..., 1999–2023 гг. (Электронный ресурс)], что приводило к локальному изреживанию стеблестоя. Известно, что на проявление спорыньи в значительной степени влияет густота продуктивного стеблестоя на единице площади, обусловленная регенерационной способностью озимых культур после поражения снежной плесенью. В наших исследованиях коэффициент корреляции между выносливостью к снежной плесени (отрастание растений после поражения) и распространением спорыньи в посевах составил $r = -0,62$ [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2018].

При оценке влияния климатических условий на развитие спорыньи мы проанализировали среднесуточную температуру воздуха и количество выпавших осадков за период с 2009 по 2023 гг. в течение двух важных инфекционных периодов гриба *S. purpurea*. Это период прорастания склероциев, что в условиях центральной зоны Кировской области по нашим многолетним наблюдениям приходится на май, и период заражения завязи, что соответствует промежутку времени с 5 по 15 июня [Щеклеина Л.М., 2019].

Наибольшее превышение температуры воздуха в мае над среднемноголетними данными (на 3,1–4,9°C) наблюдалось в 2010, 2014, 2015, 2021 гг.; относительно холодным этот месяц был в 2002, 2017, 2022 гг. при отклонении от нормы на 2,8–3,7°C (таблица 8). По количеству осадков май в 2011, 2013, 2021 гг. характеризовался

как недостаточно увлажненный (ГТК = 1,08–1,25); в 2009, 2010, 2012, 2016, 2018, 2019, 2023 гг. – засушливый (ГТК = 0,69–0,97); в 2014 и 2015 гг. – остро засушливый (ГТК = 0,24–0,56); в 2017, 2020, 2022 гг. – избыточно увлажненный (ГТК = 2,04–2,83). Остальные годы характеризовались достаточным теплом и увлажнением.

Во время цветения растений озимой ржи среднесуточная температура воздуха варьировала от 9,8°C до 18,1°C, количество осадков – от 0,4 мм до 6,3 мм. Наиболее высокая температура (16,2–18,1°C) была в 2009, 2012, 2013, 2020, 2022 гг. Острозасушливые условия в этот период были в 2013, 2020, 2021 гг. (ГТК = 0,22–0,61). В большинстве других лет цветение растений озимой ржи проходило при значительном избытке влаги (ГТК = 1,68–4,57).

Таблица 8 – Состояние климатических факторов в период прорастания склероциев и заражения растений озимой ржи спорыньей

Год изучения	Температура воздуха, °С		Осадки, мм		ГТК за май	Температура воздуха, °С		Осадки, мм		ГТК с 5 по 15 июня	Поражение спорыньей*, % (в среднем по обследованным площадям и сортам)
	в период выхода склероциев из физиологического покоя и прорастания					в период заражения завязи					
	с 1 по 31 мая	отклонение от среднемесячной нормы	с 1 по 31 мая	отклонение от среднемноголетних данных, %		с 5 по 15 июня	сумма	с 5 по 15 июня	сумма		
2009	12,6	+1,8	35	58	0,89	17,6	193,2	2,9	32,5	1,68	0,40
2010	15,7	+4,9	39	65	0,80	14,7	162,0	3,3	35,9	2,22	0,40
2011	12,8	+1,5	44	77	1,11	13,2	145,6	6,1	66,6	4,57	0,90
2012	12,9	+1,6	33	57	0,83	17,9	197,4	3,1	34,5	1,75	1,70
2013	12,5	+1,2	42	72	1,08	16,3	179,7	0,4	3,9	0,22	0,30
2014	14,9	+3,6	11	20	0,24	16,0	175,6	6,3	69,6	3,96	0,20
2015	15,0	+3,7	26	45	0,56	14,1	155,0	1,2	13,7	0,88	0,06
2016	14,0	+2,7	30	52	0,69	13,9	152,9	1,9	20,4	1,33	0,02
2017	7,6	-3,7	56	96	2,38	13,9	153,3	2,3	25,4	1,60	0,27
2018	11,6	+0,3	35	61	0,97	9,8	108,1	4,8	52,3	4,84	0,60
2019	13,6	+2,3	38	65	0,90	15,8	173,4	4,4	48,8	2,81	0,20
2020	12,2	+0,9	89	154	2,35	17,6	193,2	1,1	11,7	0,61	0,70
2021	15,0	+3,1	58	107	1,25	18,1	199,4	0,4	4,6	0,23	0,60
2022	8,5	-3,4	53	98	2,04	15,1	166,2	4,6	50,7	3,05	0,60
2023	13,8	+1,9	39	72	0,91	12,7	139,7	1,4	14,9	0,93	0,70

* – по данным Кировского филиала ФГБУ «Россельхозцентр»

Сопоставляя данные поражения производственных посевов озимой ржи спорыньей с параметрами климатических факторов в Кировской области, выявлено, что усиление распространения болезни от 0,60% до 1,70% происходило в 2011, 2012, 2018, 2020, 2021, 2022, 2023 гг., когда количество майских осадков на 77–154% превышало среднее многолетние значения. Значительный недостаток осадков в мае на уровне 20–65% от нормы был неблагоприятным для прорастания перезимовавших склеротиев и образования стром с плодовыми темами, что отразилось на снижении поражения посевов спорыньей с 0,40% до 0,02%. Засушливым этот месяц был в 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 гг.

Состояние климатических факторов в фазу цветения растений и заражения завязи также значительно варьировало. Острозасушливые условия в этот период были в 2013, 2015, 2020, 2021 и 2023 гг. при уровне ГТК 0,22–0,93. В этих условиях распространение спорыньи в посевах было на уровне от 0,06% до 0,70%. В другие годы цветение озимой ржи проходило в основном при избытке влаги, а уровень ГТК составил 1,60–4,84, при этом поражение посевов было от 0,02% до 0,40%. Лишь два года (2011 и 2012) не соответствуют выявленной тенденции, что может быть связано с засушливыми условиями в мае.

Далее на различных по восприимчивости к спорынье сортах озимой ржи (Вятка 2, Фаленская 4, Снежана, Флора и Графиня) были экспериментально подтверждены обнаруженные факты. Для этого проведен корреляционный анализ иммунологических признаков и параметров климатических факторов в центральной зоне Кировской области за период с 2009 по 2023 гг. (таблица 9).

Доказано, что на поражение посевов спорыньей в большей степени влияет количество осадков в мае ($r = 0,42$), чем температура воздуха в мае ($r = -0,10$). При этом в избыточно увлажненных условиях зависимость между майскими осадками и поражением сортов озимой ржи спорыньей более тесная ($r = 0,96$); в засушливые годы – слабая ($r = 0,16$). Влияние среднесуточной температуры с 1 по 31 мая в зависимости от уровня влажности одинаковое, но разнонаправленное: при избыточном увлажнении связь положительная ($r = 0,24$), при недостаточном – отрицательная ($r = -0,24$). Действие температуры

на патогенез повышается в период цветения растений и заражения завязи ($r = 0,30$); засушливые условия усиливают эту связь ($r = 0,49$), а избыточно увлажненные – уменьшают ($r = 0,25$). Влияние июньских осадков на поражение спорыньей слабое ($r = 0,10–0,15$), независимо от их количества.

Таблица 9 – Связь (r) температуры и влажности в разные периоды развития гриба *S. purpurea* с поражением озимой ржи спорыньей, 2009–2023 гг.

Показатель	Температура воздуха	Осадки	ГТК	Температура воздуха	Осадки	ГТК
	период выхода склероциев из физиологического покоя и прорастания			период заражения завязи		
Поражение спорыньей (в среднем по всем годам и всем сортам)	-0,10	0,42*	0,36	0,30	0,10	0,05
- в том числе влажные годы	0,24	0,96*	0,87	0,25	0,15	0,11
- засушливые годы	-0,24	0,16	0,21	0,49*	0,10	-0,14

* – коэффициенты корреляции статистически значимы при $P \geq 0,95$

При анализе проросших склероциев обнаружено, что метеорологические условия значительно влияют и на инфекционный потенциал гриба *S. purpurea*. Выявлено, что при количестве осадков в мае, близкой к норме (2012, 2016, 2018, 2019 гг.), на одном склероции формировалось от 21 до 52 стром с плодовыми телами, в среднем от 11,6 шт. до 18,6 шт. (таблица 10).

В засушливых условиях 2014 и 2015 гг. (ГТК = 0,24 и 0,56) количество их снижалось в 1,7–2,2 раза и составило, соответственно, 8,2 и 6,3 стромы. В условиях избыточного увлажнения в 2017, 2020, 2021 и 2022 гг. (ГТК = 2,04–2,38) на одном склероции формировалось до 68 стром, в среднем от 23,8 до 42,7 шт.

Таблица 10 – Инфекционный потенциал склероциев спорыньи в зависимости от количества осадков в мае (в среднем по сортам)

Год	Осадки		Количество стром с плодовыми телами на 1 склероции, шт.	
	с 1 по 31 мая, мм	% от нормы	среднее	пределы варьирования
2012	33	57	14,2	3...44
2013	42	72	7,7	2...28
2014	11	20	8,2	2...14
2015	26	45	6,3	1...13
2016	30	52	11,6	4...21
2017	56	96	23,8	1...24
2018	35	61	12,0	1...27
2019	38	65	18,6	4...52
2020	89	154	42,7	3...68
2021	58	107	30,7	4...56
2022	53	98	27,9	2...58

Таким образом, можно прогнозировать усиление развития спорыньи и инфекционного потенциала гриба *S. purpurea* при достаточном и избыточном увлажнении в период выхода склероциев из физиологического покоя и среднесуточной температуре, близкой к +20°C в период цветения и заражения растений. Вероятно, высокая влажность почвы и воздуха активизирует процесс прорастания склероциев, но в период цветения растений влияние осадков на заражение завязи снижается.

Выявленные закономерности позволяют прогнозировать поражение посевов озимой ржи спорыньей сразу после цветения растений. При этом возможное проявление спорыньи и на других зерновых культурах будет зависеть от складывающихся метеорологических условий и концентрации на данной территории наиболее уязвимой культуры – озимой ржи.

4. 2 Влияние глубины заделки склероциев на их жизнеспособность

В подавлении паразитической активности гриба *S. purpurea* существенное влияние оказывают некоторые почвенные факторы, например, глубина заделки склероциев в почву [Немкович А.И., Симченков Д.Г., 1998]. Однако многие исследования в этом направлении [Дабкявичюс З.В., 1985; Немкович А.И., Симченков Д.Г., 1998] выполнены без оценки количества сформировавшихся стром в этих условиях. Поэтому для обоснования уровня сезонного распространения спорыньи на посевах важно проанализировать жизнеспособность и инфекционный потенциал склероциев при различных условиях сохранения их в природе.

В полевых исследованиях (2013–2017 гг.) склероции закладывали осенью в почву на глубину: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 и 20 см. В конце мая – начале первой декады июня их извлекали и анализировали по всхожести и количеству стромы на них. Доказана высокая способность склероциев к прорастанию на всей глубине пахотного слоя. Всхожесть составила 75,0–100%, что может представлять фитосанитарную опасность для зерновых культур и злаковых трав в случае переноса склероциев в верхние слои почвы при весенне-летней обработке (рисунки 27–28, таблица 11).

Однако, инфекционный потенциал склероциев на разной глубине значительно отличался. Наилучшие условия для прорастания склероциев наблюдались на глубине до 6 см, где они сформировали наибольшее количество стром с плодовыми телами (в среднем от 10,0 шт. до 21,4 шт., максимально – 44,0), и все образовавшиеся стромы достигли поверхности почвы. В более глубоких слоях, начиная с 8 см, их количество уменьшилось до 3,7–7,3 шт. Обнаружено также, что появление стром над поверхностью почвы в нижележащих слоях задерживалось на 3–7 дней и, вероятно, аскоспоры вызывают заражение позднеспелых сортов и/или колосьев на недоразвитых побегах растений. Все склероции на глубине более 10 см жизнеспособны (прорастание 100%), но лишь 20,0% стром достигали поверхности почвы, и в этом случае аскоспоры в

патогенезе спорыньи участвуют ограниченно. Снижение всхожести до 75,0% у склероциев, заделанных на глубину 20 см, отчасти объясняется избыточным уплотнением пахотного слоя. Однако их инфекционный потенциал выше, чем у склероциев, заделанных на меньшую глубину: среднее количество стром – 7,3; 3,7 и 5,4 шт., что может быть обусловлено достаточной увлажненностью почвы в этом горизонте. Ранее установлено, что оптимальная влажность среды для прорастания склероциев гриба *S. purpurea* находится на уровне 30–35% [Рукшан Л.В. Спорынья и рожь... (Электронный ресурс)].



Рисунок 27 – Прорастание склероциев гриба *S. purpurea* на фитопатологическом участке на глубине 2 см



Рисунок 28 – Прорастание склероциев гриба *S. purpurea* на глубине 20 см

Таблица 11 – Влияние глубины заделки склероциев на характер их прорастания, 2013–2017 гг.

Глубина заделки склероциев, см	Проросших склероциев, %	Количество стром с плодовыми телами на 1 склероции, шт.		Стромы склероциев, достигшие поверхности почвы, %
		пределы варьирования	среднее $\pm$ отклонение	
0	100	4...28	21,4 $\pm$ 0,6	100
2	100	6...24	16,6 $\pm$ 0,1	100
4	100	3...44	20,8 $\pm$ 1,5	100
6	100	2...28	10,0 $\pm$ 1,2	80,0
8	100	2...11	5,4 $\pm$ 1,0	50,0
10	90,0	2...8	3,7 $\pm$ 0,3	20,0
15	100	2...17	7,1 $\pm$ 1,5	0
20	75,0	2...14	7,3 $\pm$ 1,7	0
НСП ₀₅	13,5	-		14,7

Таким образом, установленная высокая жизнеспособность склероциев гриба *C. purpurea* на всей глубине пахотного горизонта дерново-подзолистых почв и значительный их инфекционный потенциал, особенно в слое почвы от 0 см до 8 см, свидетельствует о наличии постоянного источника инфекции спорыньи в природе и предъявляет особые требования при планировании семеноводческих и агротехнологических мероприятий.

4.3 Влияние различных типов почв на прорастание склероциев

В лабораторных исследованиях (2013–2017 гг.) изучена жизнеспособность гриба *C. purpurea* в зависимости от типа почвы (торфяная и дерново-подзолистая) и гранулометрического состава (супесчаная, среднесуглинистая и тяжелосуглинистая). Для этого в 0,5 литровые сосуды с почвой закладывали по 25 склероциев, одинаковых по размеру, в 3-кратной повторности.

Выявлено, что наиболее благоприятными для сохранения жизнеспособности склероциев являются условия торфа, где на глубине от 4 см до 20 см проростало в среднем 96,7% при относительно высоком и равноценном количестве стром на одном склероции – от 9,2 шт. до 13,4 шт. (таблица 12, рисунки 29–30). Полученные данные согласуются с исследованиями литовских ученых [Дабкявичюс З.В., 1985], отмечающих, что торфяная почва из-за его высокой гигроскопичности больше соответствует биологическим требованиям гриба *C. purpurea*.

В супесчаной почве прорастание склероциев было значительно ниже, вероятно, из-за недостатка влаги. Всхожесть их составила в среднем 76,7%, количество стром – от 2,5 шт. до 9,4 шт. Достоверное снижение всхожести склероциев отмечается уже на глубине 10 см (с 97,5% до 75,0%).

В среднесуглинистой почве всхожесть склероциев составляла около 87,5% при близком инфекционном потенциале во всех слоях – от 9,4 до 11,4 стром (в среднем 10,3 шт.). Наиболее высокие показатели этого признака и инфекционного потенциала склероциев отмечены на глубине 4 см (в среднем 100% и 10,2 стромы, максимально 23,8 шт.).

Глинистая почва, обладающая хорошей влагоудерживающей способностью, благоприятствовала высокой всхожести склероциев, которая составила в среднем по почвенному горизонту 90,0%, изменяясь от 100% до 75,0%. Однако из-за высокой плотности этого типа почвы количество стром на склероциях составило в среднем 9,4 шт. (от 8,7 стром до 10,9 стром с плодовыми телами), что значительно ниже среднесуглинистой и торфяной.

Таблица 12 – Влияние глубины заделки, типа и гранулометрического состава почвы на характер прорастания склероциев, 2013–2017 гг.

Глубина залегания склероциев, см	Почва	Проросших склероциев, %	Количество стром с плодовыми телами на 1 склероции, шт.	
			среднее ± отклонение	пределы варьирования
4	Торфяная	100	13,4±1,8	8,8...19,8
10		100	12,9±0,9	10,4...15,4
20		90,0±4,1	9,2±0,8	6,7...11,2
НСР ₀₅		8,2	2,9	
4	Дерново-подзолистая (супесчаная)	97,5±2,5	9,4±1,7	5,2...15,4
10		75,0±8,7	6,2±0,8	4,6...8,8
20		57,5±8,5	2,5±0,9	2,0...6,0
НСР ₀₅		11,7	4,5	
4	Дерново-подзолистая (среднесуглинистая)	100	10,2±3,5	4,8...23,8
10		92,5±4,8	9,4±2,1	4,5...17,2
20		70,0±6,8	11,4±1,1	9,4...15,0
НСР ₀₅		9,7	3,3	
4	Дерново-подзолистая (тяжелосуглинистая)	100	10,9±2,3	8,8...19,8
10		95,0±5,0	8,7±2,1	4,7...16,8
20		75,0±10,4	8,7±1,7	2,0...11,6
НСР ₀₅		6,3	2,1	

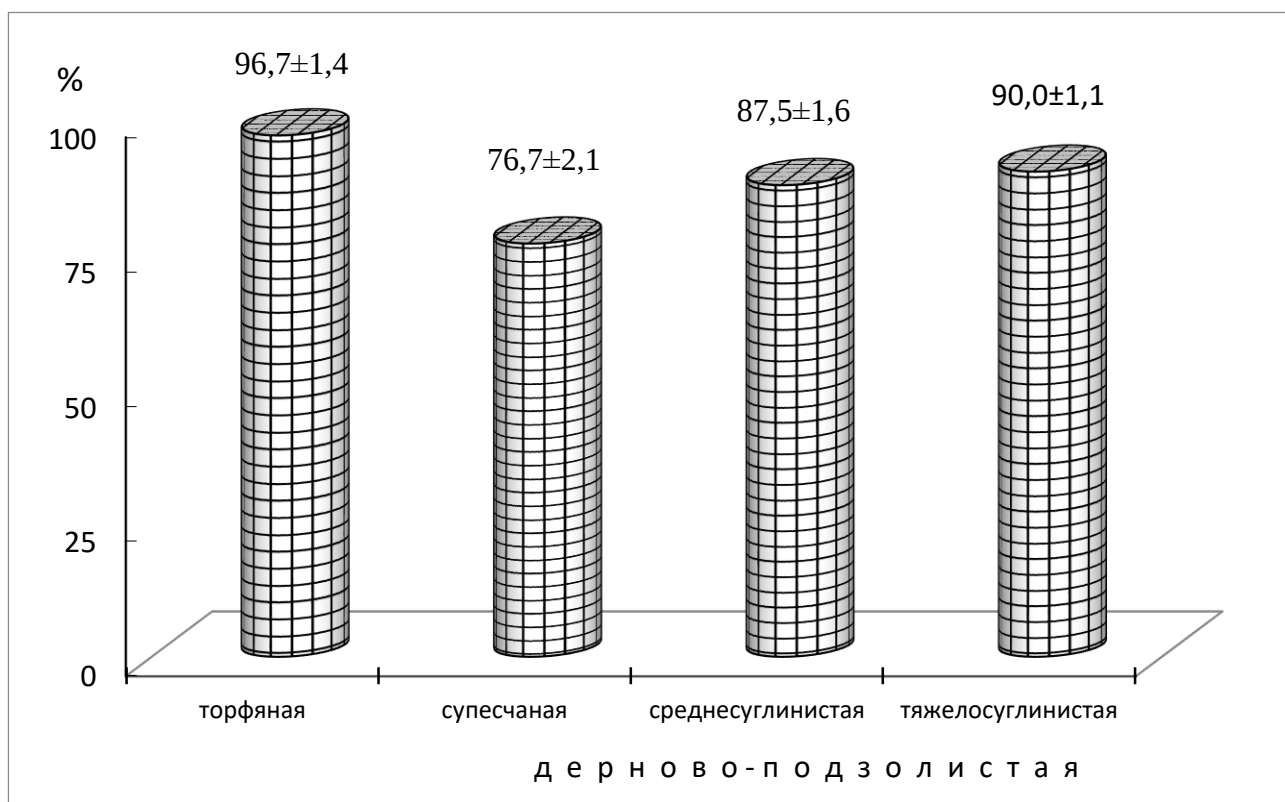


Рисунок 29 – Средний процент проросших склероциев
в зависимости от типа и гранулометрического состава почв

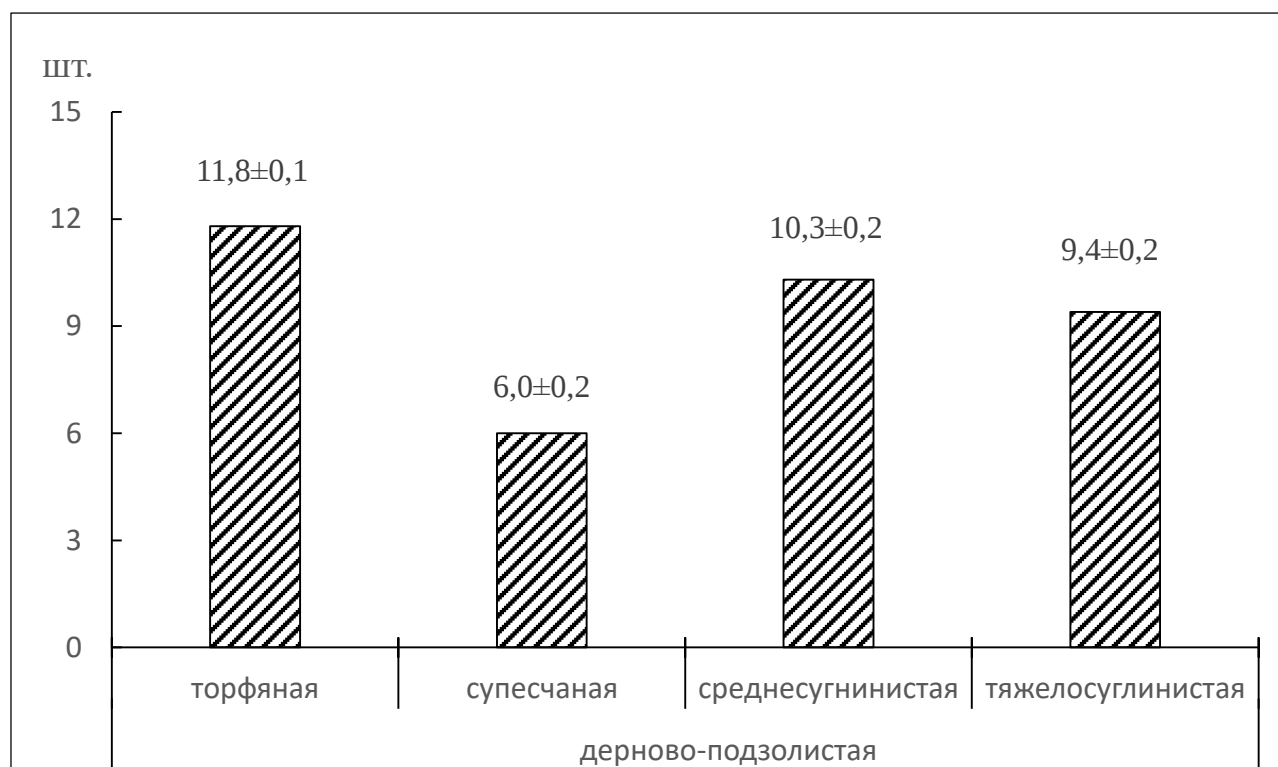


Рисунок 30 – Инфекционный потенциал гриба *S. purpurea*
в зависимости от типа и гранулометрического состава почв (в среднем)

Таким образом, жизнеспособность склероциев определяется не только глубиной их заделки в почву, но и ее плотностью и гигроскопичностью, которые напрямую зависят от ее типа и гранулометрического состава. Обнаружено также, что на всех изученных почвах наиболее высокие показатели всхожести (в среднем 97,5–100%) и инфекционного потенциала склероциев (в среднем 9,4–13,4 стромы) проявляются на глубине 4 см. Как и в предыдущем эксперименте, на глубине всего пахотного горизонта и во всех опытных вариантах сохраняется высокая жизнеспособность склероциев, о чем свидетельствует уровень всхожести – от 57,5% до 100%. Однако по мере заглубления с 4 см до 20 см их инфекционный потенциал снижается в несколько раз: в наших экспериментах – в среднем с 13,4 стромы на одном склероции до 2,5 шт.

4.4 Жизнеспособность склероциев в различных природных биоценозах

В природных местах, где встречаются склероции гриба *C. purpurea*, условия среды далеко неоднозначны по температуре и влажности. На открытых территориях (пашня) микроклимат отличается от участков с растительным покровом (луга, пастбища и залежь), где поверхностный слой почвы с растительными остатками предохраняет осыпавшиеся склероции от пересыхания и резких перепадов температур. Для оценки влияния абиотических условий различных природных биоценозов на жизнеспособность склероциев были проведены полевые и камеральные эксперименты. Для этого их в начале октября помещали в три основные места нахождения гриба *C. purpurea* в природе (на глубину 2–4 см): на пашню; на поверхность злакового травостоя высотой 40–50 см и в семенной материал озимой ржи, хранящийся в сухом неотапливаемом складе.

Исследования показали существенные различия по всхожести и инфекционному потенциалу склероциев в различных природных биоценозах. Наилучшими условиями для сохранения высокой жизнеспособности склероциев является злаковый травостой, где отмечено 100% их прорастание при наибольшем для опыта количестве стром (в среднем 9,0 шт., максимально 18,5); на пашне эти

показатели составили в среднем 85,0% и 6,8 шт. соответственно (таблица 13). При однолетнем хранении в сухом холодном месте (семенной материал озимой ржи) всхожесть сохранилась лишь у 10,0% анализируемых склероциев при количестве стром в среднем 3,0 шт., а при двухлетнем хранении они полностью потеряли способность к прорастанию (рисунок 31).

Таблица 13 – Жизнеспособность склероциев в различных природных биоценозах, 2010–2012 гг.

Место сохранения склероциев	Проросших склероциев, %	Количество стром на 1 склероции, шт.	
		среднее $\pm$ отклонение	пределы варьирования
Злаковый травостой	100	9,0 $\pm$ 0,6	2,7...18,5
Пашня	85,0	6,8 $\pm$ 1,4	1,5...12,5
Семенной материал ржи	10,0	3,0 $\pm$ 0,6	1,0...6,5
НСР ₀₅	6,5	3,8	-



а



б

Рисунок 31 – Прорастание склероциев гриба *S. purpurea*, хранящихся в семенном материале озимой ржи: а – 1 год хранения; б – 2 год хранения

Таким образом, склероции, находящиеся под покровом растений, в том числе и сорной растительности на полях и площадях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, являются постоянным источником фитосанитарного риска для будущих посевов озимой ржи и других зерновых культур как на данной территории, так и на прилегающих.

4.5 Влияние травмирования поверхности склероциев на их прорастание

Толстая оболочка склероциев спорыньи содержит минимальное количество воды и большое содержание запасных питательных веществ, что позволяет им переносить неблагоприятные условия зимы, обеспечивать сохранение и возобновление инфекции в природе [Пшедецкая Л.И., 1974]. Прорастание их начинается с появления на поверхности мелких трещин, а затем бугорков (рисунок 32). Из каждой трещинки может выступать несколько бугорков, которые при дальнейшем развитии становятся ножкой (стромой) с плодовыми телами [Буга С.Ф., Немкович А.И., 1997с, 1998а; Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2019].



Рисунок 32 – Влияние травмирования поверхности склероциев (фрагменты и микроповреждения) на их прорастание

Была выдвинута гипотеза о том, что естественное или искусственное повреждение внешнего слоя склероциев (своего рода скарификация) способствует лучшему прорастанию и ускорению формирования стром. Как правило, в семенной материал и зерно (продовольственное, фуражное) попадают склероции, травмированные в той или иной степени или поломанные, которые образуются при обмолоте и остаются после некачественной механической подработки зернового вороха.

Для анализа использовали целые, не поврежденные склероции, небольшие их фрагменты (0,3–0,5 см), а также склероции с микроповреждениями. Все образцы помещали в сосуды с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой на глубину 2–4 см и инкубировали в холодильнике при температуре +4°C в течение 7 месяцев. Выявлено, что наибольшей жизнеспособностью отличаются целые, неповрежденные склероции: их всхожесть составила в среднем 93,3%, в других вариантах опыта – 72,2% (фрагменты склероциев) и 33,3% (образцы с микроповреждениями) (таблица 14).

Таблица 14 – Целостность поверхности склероциев и их жизнеспособность, 2016–2018 гг.

Характер поверхности склероциев	Прорастание склероциев, %	Количество стром на 1 склероции, шт.	
		среднее ± отклонение	пределы варьирования
Без повреждений	93,3±4,7	18,6±1,7	4,3...21,5
Фрагменты склероциев	72,2±9,6	16,0±2,8	1,0...17,5
С микроповреждениями	33,3±3,6	11,2±3,2	1,7...12,7
НСР ₀₅	7,3	3,9	-

Мы полагали, что травмированные склероции более восприимчивы к воздействию аборигенной почвенной микрофлоры в местах повреждения и неблагоприятным абиотическим условиям, что может отразиться на их

жизнеспособности. Однако оставшиеся жизнеспособные опытные образцы были близки по количеству стром (в среднем 18,6; 16,0 и 11,2 шт.), что предполагает равноценный инфекционный потенциал как целых, так и травмированных склероциев.

Поэтому снижение всхожести травмированных склероциев не отражает уменьшение уровня потенциальной инфекции гриба *C. purpurea*. Наличие склероциев в семенном материале и в почве представляет собой серьезную фитосанитарную и биологическую опасность для будущего урожая зерновых культур в связи с их высоким инфекционным потенциалом.

4.6 Жизнеспособность склероциев гриба *C. purpurea*, сформированных на разных побегах растений озимой ржи

В главе 3.1 (страница 81) уже отмечен вклад главного, боковых и недоразвитых побегов (подгон) растений в недобор урожая озимой ржи в связи с разной степенью поражения их спорыньей. Далее была проанализирована жизнеспособность склероциев, собранных с этих побегов. При 100% всхожести всех опытных образцов выявлены существенные отличия в инфекционном потенциале склероциев, сформированных на главном, боковых и недоразвитых побегах, что выразилось в разном количестве стром с плодовыми телами (таблица 15).

Таблица 15 – Жизнеспособность и инфекционный потенциал склероциев, сформированных на разных побегах растений озимой ржи, 2016–2018 гг.

Расположение склероциев на побегах	Прорастание склероциев, %	Количество стром на 1 склероции, шт.	
		среднее $\pm$ отклонение	пределы варьирования
Главный побег	100	46,6 $\pm$ 1,6	3,0...65,0
Боковой побег	100	40,1 $\pm$ 2,8	3,0...48,0
Подгон	100	5,3 $\pm$ 1,2	2,0...16,0
НСР ₀₅	-	13,6	-

На склероциях, сформированных на главных и боковых побегах, количество стром на каждом образце было равноценным и составило в среднем 46,6 и 40,1 штук. Их содержание оказалось в 7,6–8,8 раз больше, чем на подгоне, где стром сформировалось не более 16,0 шт., а в среднем 5,3 шт.

Таким образом, анализ полученных данных указывает на значительные различия в уровне биологической опасности и инфекционного потенциала склероциев, развивающихся на разных побегах растений озимой ржи. Однако следует учитывать, что низкое количество стром у склероциев, сформированных на недоразвитых побегах, компенсируется высокой способностью к прорастанию (всхожестью). Кроме того, как уже отмечалось ранее, степень поражения таких поздно- и длительно цветущих колосьев, как правило, более высокая, а сформировавшиеся относительно мелкие склероции трудно отделимы из зернового вороха при сортировке зерна.

4.7 Влияние кислотности почвы на жизнеспособность склероциев

Кислотность почвы влияет на патогенность многих почвенных микромицетов – возбудителей болезней. Например, вирулентные штаммы видов *Fusarium spp.* лучше адаптированы к кислым почвам, а слабовирулентные – к слабощелочным [Билай А.И., 1988].

Мы попытались выяснить, насколько агрессивна повышенная кислотность почвенной среды для зимующих склероциев гриба *S. purpurea*. Это особенно важно для Кировской области, где 70% почв отличаются повышенной кислотностью при преобладающем уровне рН солевой вытяжки – 4,8–5,0 [Динамика изменения кислотности... (Электронный ресурс)]. В лабораторном эксперименте склероции были помещены в дерново-подзолистую почву с рН солевой вытяжки: 3,9; 4,6; 5,3 и 6,9. Было изучено влияние четырех уровней кислотности на их прорастание. Для каждого варианта опыта использовано по 25 одинаковых по размеру склероциев (рисунок 33).

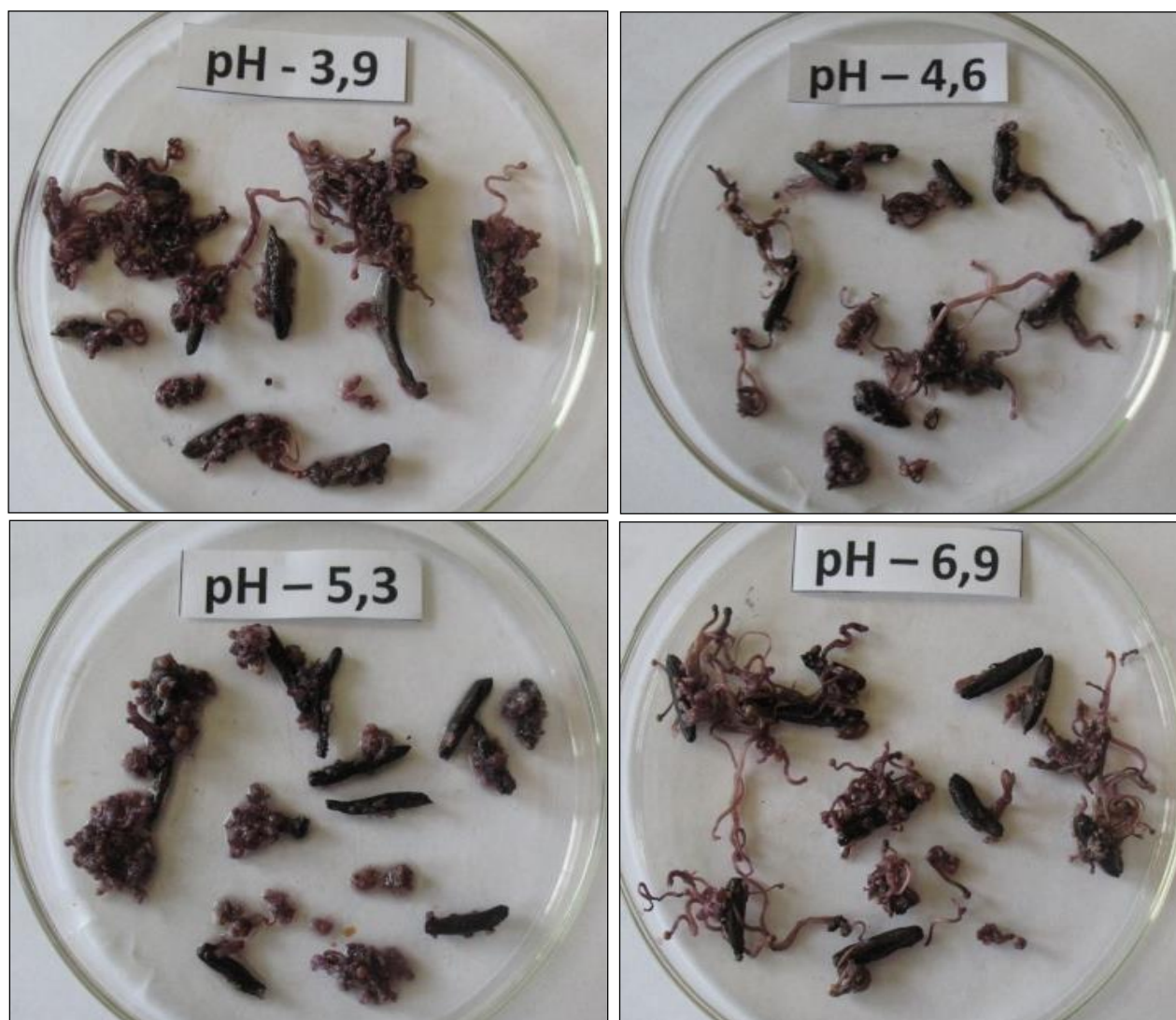


Рисунок 33 – Влияние кислотности почвы на жизнеспособность склероциев

Установлено 100% проращение склероциев на всех уровнях смоделированной кислотности почвы и практически равноценное количество стром на них (в среднем от 1 шт. до 16 шт.). Однако часть склероциев в вариантах с pH 3,9; 4,6; 5,3 имела очень короткую строму или вид бугорка, отсутствие и недоразвитость плодовых тел, что, вероятно, может влиять на формирование и инфекционность аскоспор патогена. В почве с pH 6,9 коротких стром было меньше, и большинство из них имело хорошо развитые плодовые тела. Тем не менее, сохранение высокой жизнеспособности склероциев при широком диапазоне кислотности почвы предполагает наличие потенциально высокой вредоносности спорыньи в различных условиях ее сохранения в природных биоценозах.

Глава 5 ИЗУЧЕНИЕ БИОМЕТРИИ СКЛЕРОЦИЕВ И ТОКСИЧНОСТИ МЕСТНОЙ ПОПУЛЯЦИИ *S. PURPUREA*, ПОИСК СОРТОВ, УСТОЙЧИВЫХ К ПОРАЖЕНИЮ СПОРЫНЬЕЙ И К НАКОПЛЕНИЮ ЭРГОАЛКАЛОИДОВ

Разрабатывая приемы снижения ущерба от поражения спорыньей и обеспечения токсикологической безопасности, важно учитывать способность гриба синтезировать эргоалкалоиды. Как уже отмечалось, эргоалкалоиды сыграли существенную роль в распространении болезни и расширении ареала гриба *S. purpurea*, который поражает ряд экономически значимых зерновых культур, в том числе озимую рожь и яровую мягкую пшеницу [Taber W. A., 1958; Tudzynski P., Scheffer J., 2004; Sheshegova T.K., Shchekleina L.M., 2021; Tente E. et al., 2021; Щеклеина Л.М., Щеклеин М.А., 2023]. Вероятно, более токсичные образцы склероциев лучше адаптируются к динамично изменяющимся условиям среды абиотической и биотической природы. Кроме того, токсическим эффектом могут обладать не только эргоалкалоиды, но и вторичные метаболиты, например, эргопигменты [Flieger M. et al., 1997, 2019], лекановая кислота и ее производные [Lünne F. et al., 2020] и другие.

Для селекции на устойчивость к спорынье одним из важных и нерешенных вопросов является связь между вирулентностью гриба *S. purpurea*, то есть способностью поражать определенный круг (видов, сортов) растений и содержанием эргоалкалоидов. Актуальность селекционного пути решения проблемы спорыньи вызвана не только прямыми потерями урожая, но и токсичностью склероциев возбудителя. По данным немецких ученых [Miedaner T. et al., 2021], у менее восприимчивых генотипов озимой ржи было снижено содержание эргоалкалоидов. Установлены также значимые генотипические различия не только по устойчивости к спорынье, но и по их составу и содержанию [Mainka S. et al., 2007; Miedaner T., 2007]. Однако проблема усугубляется тем, что в разных условиях среды у гриба *S. purpurea* изменяется структура и концентрация эргоалкалоидов, что снижает вклад генотипа и затрудняет селекцию в данном

направлении [Звонкова Е.Н. и др., 2005; Miedaner T., Geiger H.H., 2015].

В склероциях гриба *C. purpurea*, как правило, обнаруживают пептидные эргоалкалоиды – эргометрин, эрготамин, эргокорнин, эргокриптин, эргозин и эргокрестин [Звонкова Е.Н. и др., 2005; Kodisch A. et al., 2020]. Многими исследователями (Pažoutová S. et al., 2000) отмечены значительные отличия в спектре эргоалкалоидов из различных географических регионов. Так, например, изоляты из Западной Европы синтезируют эрготамин или эрготоксин, а североамериканские – различные комбинации эрготамина и эрготоксина [Miedaner T., Geiger H.H. 2015]. Характер токсичности изолятов гриба *C. purpurea* из различных регионов Российской Федерации практически не изучен, а в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны и Кировской области, в частности, эти исследования не проводились.

5.1 Изучение токсичности кировской популяции *C. purpurea*

В наших исследованиях мы проанализировали состав и содержание эргоалкалоидов в образцах склероций гриба *C. purpurea*, собранных у 5 зерновых культур (озимая рожь, озимая тритикале, яровая пшеница, яровая тритикале и яровой ячмень). Сбор инфекционного материала осуществлялся в 3 географических точках Кировской области (г. Киров, г. Яранск и г. Советск); расстояние между населенными пунктами – 220 км. Содержание эргоалкалоидов в образцах склероциев варьировало от 0,3% до 0,9% от их массы (таблица 16). Различия в количестве эргоалкалоидов могут быть связаны с использованием для опытов различных видов растений-хозяев [Pažoutová S. et al., 2011; Шешегова Т.К. и др., 2019]. Наибольшее процентное содержание эргоалкалоидов было в склероциях, сформированных на озимой ржи (0,8 и 0,9%) и яровой тритикале (0,9%), а наименьшее (0,3%) – на растениях яровой пшеницы.

Место сбора склероциев не оказывало значительного влияния на количественный состав эргоалкалоидов. При этом на посевах сорта озимой ржи Кировская 89 в 2 географических точках Кировской области (г. Киров и г. Яранск),

удаленных друг от друга на 180 км, содержание их было на одном уровне. Данное обстоятельство может свидетельствовать о значительной роли генотипа растения-хозяина в количественной изменчивости токсинообразования.

Однако характер проявления спорыньи на одном сорте в этих географических точках существенно отличался. Поражение восприимчивого сорта Кировская 89 в том и другом случае было очень высоким: в г. Кирове составило в среднем 25,5%, в г. Яранске – 8,8%; засоренность зерна склероциями – 4,9% и 4,8% соответственно. Это может быть обусловлено неоднозначными условиями среды в разные циклы развития гриба *S. purpurea*. В период выхода склероциев из физиологического покоя они были одинаковыми, о чем свидетельствует уровень ГТК = 1,66 (г. Киров) и ГТК = 1,47 (г. Яранск), но в период цветения растений и заражения завязи существенно отличались – в г. Кирове (ГТК = 2,36), чем в г. Яранске (ГТК = 0,95). Высокая температура и атмосферная засуха в южной зоне Кировской области (г. Яранск) были неблагоприятными для прорастания аскоспор патогена в завязи.

Таблица 16 – Содержание эргоалкалоидов и их состав в образцах склероциев гриба *S. purpurea* в зависимости от растения-хозяина, 2017–2019 гг.

Растение-хозяин	Место выделения	Поражение спорыньей, %	Засоренность зерна склероциями, %	Эргоалкалоиды	
				от массы склероциев, %	состав
Озимая рожь Кировская 89	г. Киров, ФАНЦ Северо-Востока	25,5	4,9	0,8	ЭК, ЭКР
Озимая рожь Кировская 89	г. Яранск, ГСУ	8,8	4,8	0,9	ЭК, ЭКР
Озимая тритикале Зимогор	г. Слободской, ГСУ	9,7	5,5	0,7	ЭК, ЭКР
Яровая тритикале 09-211 ят. 10	г. Киров, ФАНЦ Северо-Востока	5,0	3,2	0,9	ЭК, ЭКР
Яровой ячмень Зазерский 85	г. Киров, ФАНЦ Северо-Востока	1,0	0,5	0,7	ЭК, ЭКР
Яровая пшеница С-122	г. Киров, ФАНЦ Северо-Востока	1,8	0,9	0,3	ЭК, ЭКР

ЭК, ЭКР – соответственно эргокрестин, эргокрестинин

Что касается структуры, то обнаружен одинаковый состав эргоалкалоидов в склероциях разных видов зерновых культур, собранных в трех экологических точках Кировской области. Это свидетельствует о распространении на данной территории расы гриба *C. purpurea*, для которой характерен биосинтез двух эргоалкалоидов: эргокристина и его стереоизомера эргокристнина.

Для выявления токсичности местной популяции возбудителя спорыньи была исследована продукция эргоалкалоидов изолятами *C. purpurea*, выделенными в чистую культуру из склероциев, собранных в 2017 году с озимой ржи и озимой тритикале, яровой пшеницы, яровой тритикале и ячменя при глубинном и поверхностном выращивании в средах, благоприятных для синтеза эргоалкалоидов. Было установлено, что изоляты *C. purpurea* при культивировании на питательных средах не продуцировали эргоалкалоиды. Микроскопирование глубинных культур изолятов показало наличие в препаратах неорганизованного мицелия и конидий (рисунок 34). Такая морфология изолятов и отсутствие продукции эргоалкалоидов характерна для паразитарных культур *C. purpurea* [Шешегова Т.К. и др., 2019].

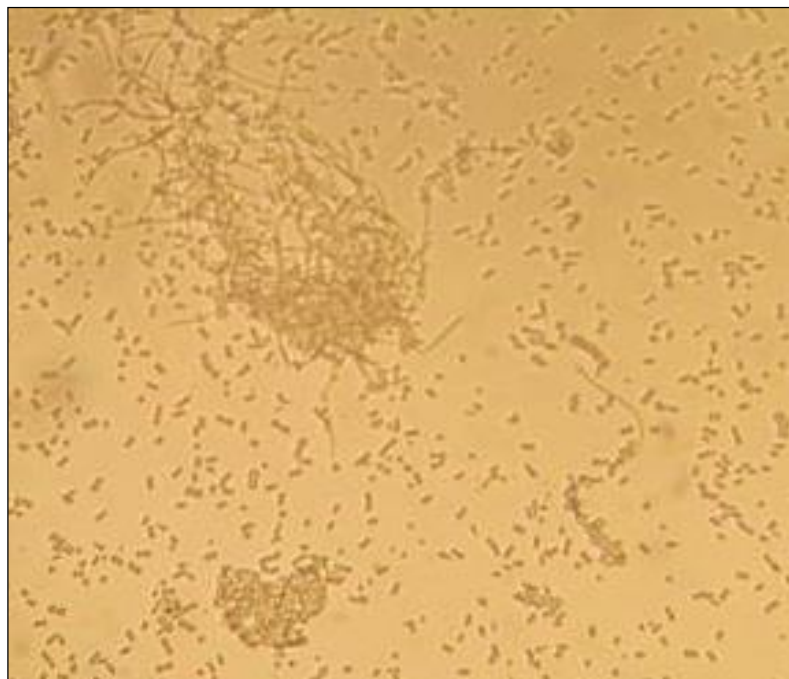


Рисунок 34 – Микрофотография культуры конидий *Claviceps purpurea* при глубинном культивировании

Таким образом, впервые в условиях Северо-Востока Нечерноземья России изучены структура и количественное содержание эргоалкалоидов в кировской популяции гриба *C. purpurea*.

5.2 Поиск сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы, устойчивых к *C. purpurea* и не накапливающих эргоалкалоиды в склероциях гриба

Информация об уровне эргоалкалоидов важна для поиска иммунологически – и селекционно-ценных сортов, сочетающих высокую устойчивость к поражению спорыньей и не накапливающие эргоалкалоиды [Щеклеина Л.М., 2020а; Шешегова Т.К. и др., 2021; Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., 2021].

В период с 2017 по 2019 гг. у 30 разных по восприимчивости к спорынье сортов озимой ржи и яровой пшеницы определяли состав и содержание эргоалкалоидов в склероциях гриба *C. purpurea*. Исходный материал был представлен коллекционными образцами, новыми перспективными популяциями и селекционными линиями зерновых культур. Изучение проводили на двух фонах: контрольный (без инокуляции) и инфекционный (инокуляция в цветок суспензией конидий *C. purpurea*). Тестируемый генофонд озимой ржи и яровой пшеницы в контрольном варианте в годы исследований не имел симптомов болезни.

При искусственной инокуляции сортимент ранжировался от иммунных до восприимчивых форм. Популяции и сорта **озимой ржи** селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока показали значительное варьирование поражения – от 14,2% (Батист) до 78,5% (Ниоба); засоренность зерна склероциями изменялась от 0,6% (Батист) до 7,6% (Грация). Состояние признаков у коллекционных образцов, соответственно – от 5,8% (Подарок НП) до 100% (Беняконская 2, Гетера 2); засоренность зерна склероциями – от 0,3% (Подарок НП) до 37,0% (Компус). У изученного генофонда озимой ржи иммунные формы отсутствовали, тем не менее выявлены 10 сортов (Лика, Гармония, Симфония, Батист, Подарок НП, Чулпан 7, Вавиловская НП, Россиянка 2, Тринодис 4 Минвак 139/09 НП и Красноярская универсальная НП) с относительно меньшей восприимчивостью к

спорынье (таблица 17). Поражение их варьировало от 5,8% до 19,5%, засоренность зерна склероциями – от 0,3% до 1,4%, у индикаторного сорта – 100% и 37,0% соответственно. В таблице 17 представлены наименее поражаемые и иммунологически ценные для селекции на устойчивость к спорынье сорта ржи.

Повышенная резистентность **яровой мягкой пшеницы** к спорынье обусловлена преимущественно непродолжительным и закрытым типом цветения растений [Mirdita V. et al., 2008]. Однако, как и у озимой ржи, отмечали значительную изменчивость иммунологических показателей. У селекционных линий и сортов селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока поражение варьировало от 0% (Традиция) до 21,7% (селекционная линия П-57); засоренность зерна склероциями – от 0% (Традиция) до 1,5% (линия П-57) (таблица 17).

Коллекционные образцы пшеницы также характеризуются значительной вариацией в поражении спорыньей – от 0% (Новосибирская 18) до 13,9% (ЛТ-3); засоренность зерна склероциями – от 0% (Новосибирская 18) до 1,3% (ЛТ-3). У пшеницы выявлены 2 иммунных сорта (Традиция и Новосибирская 18) и 11 (селекционные линии С-65, У-80, У-28, С-84, Т-123, Темп, Тулайковская Надежда, Кайыр, Ul Alta Blanca, Eros и Самгау) – относительно устойчивых с поражением не более 5,2% и засоренностью зерна склероциями не более 0,3%, в то время как у наиболее восприимчивого сорта эти показатели составили 21,7% и 1,5% соответственно.

Мы полагаем, что отсутствие склероциев у 2 генотипов могло быть детерминировано физиологическими механизмами устойчивости. Так, устойчивость нового сорта Традиция, вероятно, обусловлена его короткостебельностью (70–90 см) и прочностью соломины, хорошо развитой корневой системой и умеренной устойчивостью к корневым гнилям (развитие болезни 9,4%), вследствие чего растения не полегают (устойчивость к полеганию 9 баллов), обеспечивая хорошее пыльцеобразование и опыление цветков. Сорт Новосибирская 18 также устойчив к полеганию (9 баллов), характеризуется быстрым развитием в первой половине онтогенеза (от всходов до цветения, фазы 10–69 по шкале Zadoks) и относится к группе раннеспелых.

Таблица 17 – Сорта озимой ржи и яровой пшеницы, относительно устойчивые к спорынье, 2017–2019 гг.

Сорт	Происхождение	Поражение спорыньей, %	Засоренность зерна склероциями, %
Озимая рожь			
Сорта из коллекции ВИР			
Подарок НП	РФ, Ленинградская обл.	5,8*±3,5	0,3*
Чулпан 2		14,2*±2,8	0,6*±0,1
Вавиловская НП		15,3*±2,9	1,0*±0,1
Россиянка 2		17,6*±3,1	0,9*±0,3
Тринодис 4 Минвак 139/09 НП		16,6*±2,8	0,6*±0,1
Красноярская универсальная НП		18,7*±3,9	0,8*±0,2
Среднее по сортименту		46,6	4,9
Сорта и популяции селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока			
Батист	РФ, Кировская обл.	14,2*±2,8	0,6*±0,1
Симфония		19,5*±2,2	1,2*±0,3
Гармония		16,7*±2,7	1,2*±0,3
Лица		17,0*±2,4	1,4*±0,3
Фаленская 4 – ст.		20,7±2,2	3,5±0,8
Среднее по сортименту		57,4	3,6
Индикаторный сорт		100	37,0±9,9
Яровая пшеница			
Сорта из коллекции ВИР			
Новосибирская 18	РФ, Новосибирская обл.	0*	0*
Тулайковская Надежда	РФ, Самарская обл.	1,3*±0,1	0,1*
Кайыр	Казахстан	1,3*±0,1	0,1*
Ul Alta Blanca	США	1,6*±0,2	0,1*
Eros	Германия	2,1*±0,5	0,2*
Самгау	Казахстан	2,5*±0,5	0,2*
Среднее по сортименту		3,7	0,2
Сорта и линии селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока			
Традиция	РФ, Кировская обл.	0*	0*
С-65		1,7*±0,2	0,1*
У-80		2,9*±0,8	0,1*
У-28		4,7*±0,9	0,2*
С-84		5,1*±1,0	0,2*
Т-123		5,1*±1,0	0,2*
Темп		5,2*±1,0	0,3±0,1
Баженка – ст.		7,4±1,5	0,4±0,2
Среднее по сортименту		8,1	0,3
Индикаторный сорт		21,7±4,4	1,5±0,8

* – отличия от стандартов (Фаленская 4 для озимой ржи и Баженка – для яровой пшеницы) статистически значимы при $P \geq 0,95$

Для оценки токсичности в склероциях гриба *C. purpurea* у восприимчивых и относительно устойчивых сортов озимой ржи и яровой пшеницы определяли состав и содержание эргоалкалоидов. У ржаных склероциев обнаружено отсутствие эргоалкалоидов в 9 сортах: Лика, Симфония, Гармония, Графит, Перепел, Ниоба, Садко, Роса и Сара; у яровой пшеницы 3 сорта (Т-38, Оренбургская 23 и Eros) характеризовались нетоксичными склероциями. В остальных образцах склероциев содержание эргоалкалоидов различалось в значительных пределах. В ржаных склероциях количество эргоалкалоидов изменялось от 0,040% (Триумф) до 0,360% (Рушник 2 НП) от их массы; в пшеничных – от 0,060% (селекционные линии П-57 и Н-154) до 0,240% (линия Т-79) (таблица 18). В наших исследованиях [Шешегова Т.К. и др., 2019] содержание эргоалкалоидов в склероциях восприимчивого сорта озимой ржи Кировская 89 достигало 0,90%.

Биохимические исследования позволили выявить ценные для селекции на устойчивость к спорынье сорта озимой ржи и яровой пшеницы с наименьшим (0,040–0,140%) содержанием эргоалкалоидов: Талица, Грация, Фаленская 4, Вавиловская НП, Берегиня, Янтарная НП, Амило 2, П-57, Н-154, С-84, Long Chan 7, ЛТ-8 и Самгау.

Таблица 18 – Содержание эргоалкалоидов и их состав в склероциях *C. purpurea* у разных по восприимчивости к спорынье сортов ржи и пшеницы, 2017–2019 гг.

Сорт	Происхождение	Эргоалкалоиды	
		от массы склероциев, %	состав
1	2	3	4
<i>Озимая рожь</i>			
Графит	РФ, Кировская обл.	0	-
Перепел		0	-
Лика		0	-
Гармония		0	-
Симфония		0	-
Ниоба		0	-
Садко		0	-
Роса		0	-

1	2	3	4
Сара	РФ, Кировская обл.	0	-
Талица		0,040±0,002	ЭК, ЭТ, ЭМ
Грация		0,100±0,004	ЭК, ЭТ, ЭМ
Фаленская 4 – ст.		0,140±0,007	ЭК, ЭТ, ЭМ
Батист		0,170±0,008	ЭК, ЭТ, ЭМ
Вятка 2		0,220±0,09	ЭК, ЭТ, ЭМ
Берегиня	РФ, Ленинградская обл.	0,060±0,002	ЭК, ЭТ, ЭМ
Вавиловская НП		0,060±0,002	ЭК, ЭТ, ЭМ
Янтарная НП		0,070±0,009	ЭК, ЭТ, ЭМ
Амило 2		0,140±0,006	ЭК, ЭТ, ЭМ
Подарок НП		0,200±0,010	ЭК, ЭТ, ЭМ
Рушник 2 НП		0,360±0,015	ЭК, ЭТ, ЭМ
Яровая пшеница			
Т-38	РФ, Кировская обл.	0	-
Оренбургская 23	РФ, Оренбургская обл.	0	-
Ерос	Германия	0	-
П-57	РФ, Кировская обл.	0,060±0,002	ЭК, ЭТ, ЭМ
Н-154		0,060±0,02	ЭК, ЭТ, ЭМ
С-84		0,090±0,004	ЭК, ЭТ, ЭМ
ЛТ-3	РФ, Ленинградская обл.	0,120±0,005	ЭК, ЭТ, ЭМ
Long Chan 7	Китай	0,120±0,004	ЭК, ЭТ, ЭМ
Самгау	Казахстан	0,140±0,006	ЭТ
Т-79	РФ, Кировская обл.	0,240±0,011	ЭК, ЭТ, ЭМ

«0» и «-» – эргоалкалоиды не обнаружены

ЭК, ЭТ, ЭМ – соответственно эргокристин, эрготамин и эрготаминин

На тесную связь между климатическими факторами, содержанием и составом эргоалкалоидов обращали внимание немецкие исследователи Т. Miedaner и Н.Н. Geiger [2015]. В. Oeser с соавторами [2017] отмечают, что с учетом широкой филогенетической специализации биотрофного патогена *S. purpurea* обоснованно применение разных его штаммов. С другой стороны, для оценки биологической опасности склероциев в конкретной партии зерна необходима информация

об уровне эргоалкалоидов в склероциях, сформировавшихся на том или ином сорте. В случае не токсичности склероциев они представляют собой неопасную биологическую примесь.

В наших исследованиях не установлено значимой связи между токсичностью и патогенностью гриба *S. purpurea*: коэффициент корреляции между поражением спорыньей и суммарным содержанием эргоалкалоидов составил $r = 0,30$ (при $P \geq 0,95$). В исследованиях немецких ученых [Kodisch A. et al., 2020] эта зависимость была средней степени ($r = 0,53$). Относительно невысокая связь между этими признаками обуславливает необходимость использования в иммунологических исследованиях любых штаммов *S. purpurea*. Тем не менее информация о содержании эргоалкалоидов важна для поиска иммунологически и селекционно-ценных генотипов, сочетающих устойчивость к поражению спорыньей со способностью подавлять накопление эргоалкалоидов [Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М., 2023; Шешегова Т.К. и др., 2024; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2024]. Это свойство проявили сорт яровой мягкой пшеницы Eros из Германии, новый сорт озимой ржи Лика, популяции Гармония и Симфония селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (таблица 19).

Таблица 19 – Иммунологически ценные сорта зерновых культур с нетоксичными склероциями

Слабопоражаемые спорыньей	Не содержат эргоалкалоидов	Иммунные и слабопоражаемые спорыньей	Не содержат эргоалкалоидов
Озимая рожь		Яровая мягкая пшеница	
Лика, Симфония, Гармония, Батист, Подарок НП, Чулпан 2, Россиянка 2, Вавиловская НП, Красноярская универсальная НП, Тринодис 4 Минвак-139/09 НП	Лика, Симфония, Гармония, Графит, Перепел, Ниоба, Садко, Роса, Сара	Традиция, С-65, У-80, У-28, С-84, Т-123, Темп, Ерос, Новосибирская 18, Тулайковская Надежда, Кайыр, Самгау, Ul Alta Blanca	Eros, Т-38, Оренбургская 23

Следует отметить, что высокоурожайный, устойчивый к спорынье новый сорт озимой ржи Лика, который в 2025 году был включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, а также новая популяция Гармония получены с использованием источников устойчивости к спорынье и фузариозу колоса.

Что касается видового состава эргоалкалоидов, то в 18 изученных образцах склероциев были обнаружены метаболиты 1 и 2, мигрирующие при ТСХ с $R_f = 0,21$ (I) и $R_f = 0,49$ (II), которые флуоресцировали в УФ-свете ($\lambda = 254$ нм) и давали фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. Масс-спектр метаболитов был идентичен и имел отрицательный молекулярный ион 580 [M-H]. Хроматографическая подвижность и МС/МС спектр метаболита 1 совпадал со стандартом эрготаминина, а метаболит 2 – со стандартом эрготаминина. На основании полученных данных метаболиты 1 и 2 были идентифицированы как пептидные эргоалкалоиды эрготамин и его стереоизомер эрготаминин (рисунок 35). В этих же образцах склероциев был обнаружен метаболит 3, мигрирующий при ТСХ $R_f = 0,41$ (I), который также флуоресцировал и давал фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. МС метаболита имел отрицательный молекулярный ион 608 [M-H]. Хроматографическая подвижность и МС/МС спектр метаболита 3 совпадали со стандартом эргокрестина. Он был идентифицирован как эргокрестин.

Таким образом, у 11 сортов озимой ржи и 7 яровой пшеницы видовой состав эргоалкалоидов несколько расширился и был представлен эргокрестином, эрготамином и его стереоизомером эрготаминином. Только у сорта яровой пшеницы Самгау из Казахстана был идентифицирован один эргоалкалоид – эрготамин. Особую селекционную ценность представляют генотипы, у которых слабое поражение спорыньей сочетается с не накоплением эргоалкалоидов в склероциях. В этом случае склероции в зерновой массе представляет собой неопасную биологическую примесь. Этим свойством характеризуются сорта яровой пшеницы Eros, озимой ржи Лика, Гармония и Симфония, которые могут быть использованы в селекции в качестве источников признака.

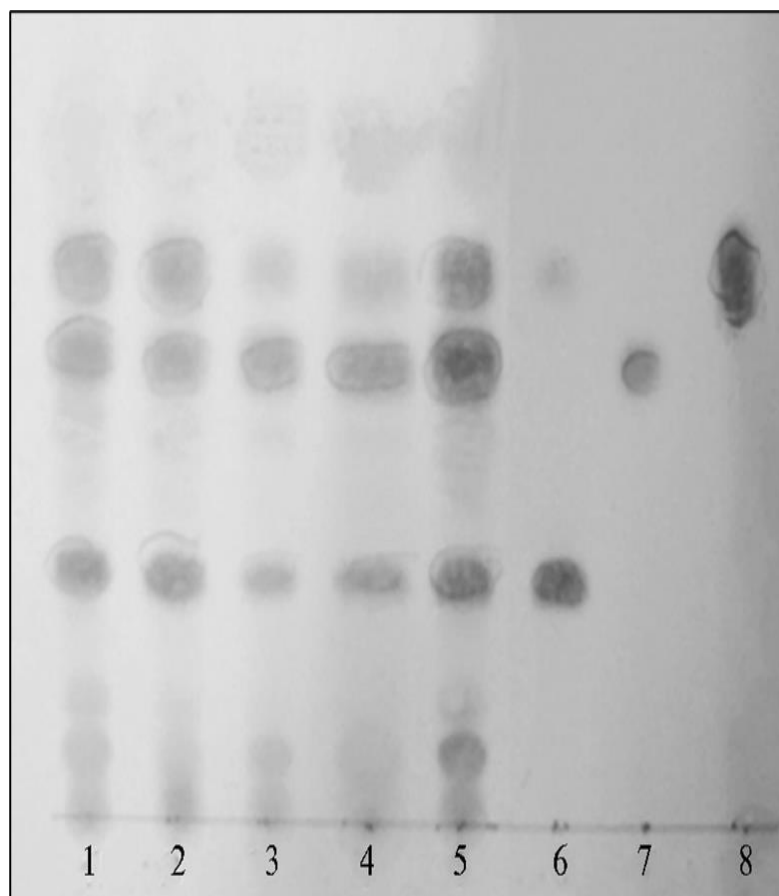


Рисунок 35 – Тонкослойная хроматография экстрактов из собранных на разных сортах озимой ржи склероциев после опрыскивания реактивом Эрлиха: дорожка 1 – Амило 2, 2 – Янтарная НП, 3 – Подарок НП, 4 – Вавиловская НП, 5 – Рушник 2 НП, 6, 7 и 8 – стандарты соответственно эрготамина, эргокристина и эрготаминина. Пластинки силикагеля (Silica gel F₂₅₄, «Merck», Германия) в системе хлороформ: метанол: 25% NH₄OH (90:10:0,1)

Обнаружено также лучшее иммунологическое состояние по отношению к спорынье у коллекционных образцов по сравнению с сортами озимой ржи и яровой пшеницы селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, что определяет усиление работы в этом направлении. Показана слабая связь между суммарным содержанием эргоалкалоидов в склероциях (токсичность) и поражением озимой ржи спорыньей (патогенность).

5.3 Влияние морфо-биометрических показателей склероциев гриба *S. purpurea* на их токсичность и качество очистки зерна озимой ржи и яровой мягкой пшеницы

Вредоносное влияние спорыньи во многом зависит от параметров склероциев [Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021], поскольку крупные образцы образуют больше стром с плодовыми телами. По размерам они обычно превышают зерно в 1,5–2 раза, а по весу – во много раз. В работах Л.И. Пшедецкой [1974] длина склероциев озимой ржи изменялась от 10,0 мм до 50,0 мм, ширина – от 1,5 мм до 5,8 мм, а в наших исследованиях эти показатели на разных сортах составили: по длине от 10,5 мм до 21,7 мм, ширине – от 2,0 мм до 4,0 мм [Щеклеина Л.М., Вотинцева Ан.К., 2019]. Широкая дифференциация этих параметров и их нестабильность в разных условиях среды предполагает анализ сортов по этому признаку, так как это имеет большое значение для улучшения очистки зернового вороха и уменьшение угрозы распространения спорыньи [Щеклеин М.А., Щеклеина Л.М., 2021; Щеклеина Л.М., 2024]. В связи с этим при искусственной инокуляции цветков *S. purpurea* мы изучали морфобиометрические показатели (ширину, длину и массу) склероциев, собранных с более чем 100 сортов и коллекционных образцов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы. Размеры склероциев были условно разделены на три фракции: мелкие (длина до 10,0 мм), средней крупности (до 15,0 мм) и крупные (до 25,0 мм) (рисунок 36).

В результате наших исследований установлено, что среди сортов **озимой ржи** селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока наиболее крупные склероции (20,0–23,3 мм) формировались на сортах: Садко, Рада, Кировская 89, Перепел и Ниоба, а мелкие – Симфония, Фаленская 4, Графит ФП и Лика; наиболее легковесные (0,07–0,10 г) – Симфония, Лика и Графит ФП (таблица 20).

Анализ склероциев, сформированных на районированных сортах озимой ржи из других НИУ РФ, показал следующие биометрические характеристики: 16,9–17,4 мм (длина), 2,8–3,3 мм (ширина), 0,09–0,13 г (масса).



Рисунок 36 – Размеры склероциев (мелкие, средние и крупные) гриба *Claviceps purpurea*, собранные с колосьев разных сортов озимой ржи

Длина склероциев у коллекционных образцов озимой ржи варьировала в пределах от 9,4 мм до 25,0 мм, ширина – от 2,3 мм до 4,0 мм, масса – от 0,03 г до 0,24 г. Наиболее крупные склероции (20,7–25,0 мм) были обнаружены у сортов: Ника 2 НП, Енрушсиб НП 77-8, Вавиловская НП, Красноярская универсальная НП, НВАК 285/15 НП и Шнурик НП; мелкие (в среднем 9,4 мм) – у коллекционного образца Новая Эра НП, длина которых была в 2–2,6 раза меньше, чем у крупных, а масса – в 2–8 раз. Достоверное снижение биометрических показателей склероциев отмечено также и у других низкопентозановых форм: Подарок НП, Янтарная НП, Фаленская универсальная НП и Кировская 89 ТПГ 6 НП. Самые крупные склероции сформировались у коллекционного образца Вавиловская НП. В коллекции ВИР присутствуют образцы, среди которых выделяются сорта с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне. По литературным данным низкопентозановые сорта в меньшей степени поражаются спорыньей [Кобылянский В.Д. и др., 2021].

В результате исследований было установлено, что масса одного склероция на сортах и селекционных линиях **яровой мягкой пшеницы** селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока варьировала в пределах от 0,05 г до 0,15 г. Наиболее крупные (0,13–0,14 г) они образовались на селекционных линиях Н-154, П-57 и У-80;

мелкие (0,05–0,08 г) – Т-123, Маргарита, С-65 и Темп; длинные (11,0–11,6 мм) – Н-154, П-57 и У-80; короткие (7,6–9,8 мм) – Т-123, С-65, Т-79, Т-38, С-84 и Маргарита (таблица 20).

На коллекционных образцах яровой пшеницы формировались склероции с массой от 0,06 г до 0,13 г. Размеры склероциев были в пределах от 7,6 мм (селекционная линия Т-123) до 14,6 мм (Кайыр). Самые длинные (12,2–14,6 мм) выявлены на сортах Amaretto и Кайыр, короткие (8,8–9,6 мм) – у сортов Long Chun 7 и Самгау, легкие по массе (0,06–0,09 г) – у сортов Epos, Long Chun 7 и Ul Alta Blanca.

Таблица 20 – Морфо-биометрические показатели склероциев гриба *S. purpurea*, сформированных на некоторых сортах зерновых культур, 2016–2023 гг.

Сорт	Физические величины склероциев		
	длина, мм	ширина, мм	масса, г
1	2	3	4
Озимая рожь			
<i>Сорта и популяции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока</i>			
Фаленская 4 – ст.	16,4±1,8	3,1±0,3	0,12±0,04
Вятка 2	16,1±0,5	2,6±0,05	0,13±0,01
Кировская 89	20,7±2,7	3,9±0,5	0,16±0,07
Флора	18,7±1,5	3,2±0,2	0,13±0,01
Графиня	17,5±0,9	3,6±0,2	0,13±0,02
Рада	20,4±0,7	3,5±0,3	0,15±0,03
Батист	18,5±1,9	3,6±0,2	0,16±0,02
Лика	17,1±1,6	2,9±0,3	0,10±0,01
Талица	18,1±0,9	3,2±0,2	0,11±0,02
Графит	18,2±2,1	3,4±0,3	0,13±0,04
Графит ФП	16,9±2,5	3,2±0,3	0,10±0,02
Симфония	15,3±0,9	2,9±0,2	0,07±0,02
Гармония	17,7±1,2	3,3±0,2	0,12±0,02
Перепел	20,9±2,1	3,6±0,1	0,15±0,04
Грация	19,9±0,9	4,4±0,4	0,20±0,02
Ниоба	23,3±1,3	4,1±0,4	0,23±0,02
Садко	20,0±1,8	3,8±0,3	0,16±0,02
Роса	19,3±1,4	3,4±0,2	0,14±0,03
Сара	18,7±1,5	3,2±0,2	0,13±0,01

1	2	3	4
<i>Сорта других НИУ РФ</i>			
Саратовская 7	17,2±0,5	2,8±0,2	0,09±0,01
Янтарная	16,9±0,4	3,3±0,4	0,12±0,06
Чусовая	17,4±0,4	3,2±0,1	0,13±0,01
<i>Сорта из коллекции ВИР</i>			
Снежана 2 НП 242	17,7±5,3	2,7±0,7	0,14±0,07
Ника 2 НП	24,7±5,5	3,7±0,9	0,17±0,10
Донская НП	18,3±3,7	4,0±1,2	0,23±0,14
Енрушсиб НП 77-8	20,7±3,5	3,0±0,6	0,17±0,07
Вавиловская НП	25,0±8,4	3,3±0,9	0,21±0,14
Тринодис 4 Минвак 139/09 НП	18,7±5,2	3,0±0,6	0,09±0,04
Красноярская универсальная НП	23,0±7,0	3,3±0,7	0,24±0,11
Подарок НП	11,3±0,5	2,3±0,3	0,05±0,01
Янтарная НП	18,7±7,3	2,3±0,3	0,14±0,06
Новая Эра НП	9,4±1,8	2,3±0,3	0,03±0,01
Фаленская универсальная НП	17,0±6,6	3,3±0,9	0,15±0,09
Амило 2	18,3±0,1	2,8±0,5	0,13±0,02
Рушник 2 НП	19,1±0,5	2,6±0,3	0,12±0,02
Берегиня	22,1±0,5	3,0±0,4	0,16±0,03
НВАК 285/15 НП	23,3±6,8	3,7±0,7	0,19±0,12
Шнурик НП	24,0±6,0	4,0±0,6	0,14±0,07
Кировская 89 ТПГ 6	18,7±6,3	3,0±0,6	0,14±0,09
<i>Яровая мягкая пшеница</i>			
<i>Сорта и линии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока</i>			
Маргарита – ст.	9,0±0,6	3,8±0,4	0,08±0,02
Баженка – ст.	10,6±2,3	4,6±0,7	0,13±0,05
Темп	10,0±0,9	5,0±0,3	0,09±0,02
Награда	11,6±1,2	4,8±0,4	0,15±0,03
П-57	11,4±1,5	4,8±0,6	0,14±0,04
С-65	9,2±1,6	4,0±0,3	0,09±0,03
С-84	9,8±0,7	4,6±0,2	0,11±0,02
Т-38	9,4±0,8	4,6±0,4	0,12±0,02
Т-123	7,6±0,2	3,8±0,2	0,05±0,01
Т-79	9,2±1,2	4,2±0,4	0,09±0,01
У-80	11,0±0,3	5,4±0,2	0,14±0,01
<i>Сорта из коллекции ВИР</i>			
Оренбургская 23	10,6±0,8	4,4±0,4	0,11±0,02
ЛТ-3	10,2±1,7	4,4±0,5	0,10±0,03
Кайыр	14,6±0,8	4,6±0,5	0,13±0,03
Самгау	9,6±1,3	4,6±0,5	0,10±0,03

1	2	3	4
Amaretto	12,2±1,0	4,0±0,3	0,10±0,01
Epos	10,6±1,9	4,0±0,3	0,06±0,02
Ul Alta Blanca	10,4±0,5	4,0±0,6	0,09±0,01
Long Chun 7	8,8±1,1	4,4±0,2	0,08±0,01

Таким образом, сорта озимой ржи и яровой пшеницы по характеру сформировавшихся склероциев были дифференцированы следующим образом: формирующие крупные склероции (Садко, Рада, Кировская 89, Перепел, Ниоба, Енрушсиб НП 77-8, Вавиловская НП, Красноярская универсальная НП, Берегиня, Ника 2 НП, НВАК 285/15 НП, Шнурик НП, Награда, П-57, У-80, Amaretto и Кайыр); мелкие склероции (Симфония, Лика, Графит ФП, Фаленская 4, Флора, Саратовская 7, Новая Эра НП, Подарок НП, Тринодис 4 Минвак 139/09 НП, Т-123, Маргарита, С-65, Темп, Т-79, Т-38, С-84, Long Chun 7, Самгау, Epos и Ul Alta Blanca); легковесные склероции (Симфония, Лика, Графит ФП, Саратовская 7, Новая Эра НП, Подарок НП, Тринодис 4 Минвак 139/09 НП, Т-123, Маргарита, Темп, С-65, Т-79, Epos, Ul Alta Blanca и Long Chun 7).

Установлено, что как у озимой ржи, так и у яровой пшеницы наиболее крупные склероции сформировались у сортов селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Корреляционный анализ выявил отрицательную связь (при $P \geq 0,95$) между суммарной массой склероциев и содержанием эргоалкалоидов, которая у сортов озимой ржи составила $r = -0,46$, у яровой пшеницы – $r = -0,32$, что повышает биологическую опасность мелких и трудноотделяемых склероциев, формирующихся, преимущественно, на подгоне.

Известно, что биометрические параметры склероциев влияют на качество очистки зерна, поскольку они приобретают типичные для него размеры и форму (рисунок 37), часть их попадает в семенные партии [Рукшан Л.В., 2002б; Хазиев А.З., 2008а; Хазиев А.З., Пономарева М.Л., 2008], что помогает им лучше распространяться [Иванов А.П., 1982]. Как правило, склероции, имеющие меньшую массу по сравнению с зерном озимой ржи, отделяются при сортировке

зерна проходят через решета с продолговатыми отверстиями размером $1,8 \times 2,0$ мм [Сысуев В.А. и др., 2017а; Саитов В.Е. и др., 2019]. Учитывая, что мелкие склеротии невозможно полностью отделить от зернового вороха при механической очистке, и часть их попадает в семенные и продовольственные партии зерна, опасность этой фракции представляется наиболее серьезной. Вследствие этого часть склеротиев попадает в семенные и фуражные партии зерна, представляя собой потенциально опасную биологическую примесь. Формирование таких склеротиев чаще всего наблюдается на недоразвитых побегах растений, а также в условиях повышенной влажности зерна во время созревания и при несвоевременной уборке.



а



б

Рисунок 37 – Склеротии спорыньи в зерне: а – озимой ржи; б – яровой пшеницы

Физико-механические свойства семян (длина и ширина) зерновых культур и склеротиев спорыньи предъявляют высокие требования к выбору оптимальных разделяющих факторов при сортировке (размеры отверстий решет, скорость воздушного потока и другое) [Бурков А.И., 2016]. Современные зерноочистительные машины не обеспечивают полного отделения склеротиев спорыньи из зернового материала озимой ржи при проведении очистки

за один технологический цикл из-за схожести их физико-механических свойств (рисунок 38), что резко повышает затратность этого процесса [Саитов В.Е. и др., 2022].



Рисунок 38 – Форма и размеры склеротиев гриба *Claviceps purpurea* и зерна озимой ржи *Secale cereale*

В последние годы широко используют фотосепараторы для очистки семенного материала по цвету [Саитов А.В., 2016]. Однако склеротии спорыньи, имеющие в основном темный цвет, в ряде случаев могут приобретать цвет, схожий с окраской зерновок озимой ржи (рисунок 39). Появление у них белесой окраски отмечают и другие исследователи [Хазиев А.З., Пономарева М.Л., 2008]. Следовательно, современные фотоэлектронные сепараторы также не способны гарантированно отделить склеротии [Рукшан Л.В., 2002а, Иванов А.В. и др., 2008].

В связи с тем, что биометрические показатели склеротиев имеют важное значение для качества очистки зерна, были проведены замеры длины и ширины у десяти разных сортов озимой ржи. Проанализировали по 25 склеротиев и зерен каждого сорта на двух фонах: естественном (контроль без инокуляции) и инфекционном *C. purpurea* (таблицы 21–22). Размеры склеротиев на разных фонах

существенно отличались. В контрольном варианте длина склероциев варьировала от 9,7 мм (Графит) до 22,0 мм (Перепел), ширина – от 2,0 мм (Лика) до 3,7 мм (Фаленская 4, НВАК 285/15, Симфония и Перепел), масса – от 0,03 г (Графит) до 0,18 г (Перепел). Установлено, что наименьшая масса склероциев (0,03–0,05 г) формировалась на четырех сортах озимой ржи Вятка 2, Лика, Графит и Графит ФП.



Рисунок 39 – Склероции гриба *S. purpurea*, схожие по окраске с зерном ржи

На инфекционном фоне биометрические показатели существенно превосходили зерно озимой ржи по размерам: длина (21,7–29,2 мм), ширина (3,0–4,2 мм) и масса (0,16–0,25 г). Наибольшая масса склероциев (0,16–0,18 г) была у сортов: Вятка 2, Лика, Фаленская 4 и Графит ФП. Эти параметры склероциев способствуют более эффективному отделению от зернового вороха в условиях сильного развития спорыньи.

Близкие биометрические показатели склероциев и зерновок предполагают наибольшую трудноотделимость их из зерна при механической очистке и сортировке зернового вороха. Наибольшее сходство выявлено у популяции Графит (средние параметры зерновки – 9,1 мм и 3,2 мм; склероциев – 9,7 мм и 3,0 мм).

Таблица 21 – Биометрические параметры склероциев гриба *S. purpurea*, сформированные на разных по устойчивости к спорынье сортах озимой ржи, 2021–2023 гг.

Сорт, популяция	Физические величины склероциев					
	длина, мм		ширина, мм		масса, г	
	К	ИФ	К	ИФ	К	ИФ
Фаленская 4 – ст.	16,0±3,5	24,3±3,7	3,7±0,9	3,7±0,4	0,09±0,04	0,16±0,03
Вятка 2	12,3±0,7	28,2±4,1	2,7±0,3	3,0±0,5	0,05±0,01	0,17±0,05
Флора	14,3±1,8	29,2±4,7	2,7±0,3	4,2±0,4	0,06±0,01	0,24±0,06
Лика	12,3±1,3	23,8±4,1	2,0±0,1	3,8±0,6	0,04±0,01	0,18±0,05
НВАК 285/15	21,0±6,0	27,5±4,1	3,7±0,7	3,8±0,5	0,12±0,07	0,25±0,06
Гармония	20,3±4,2	28,0±5,1	3,3±0,9	3,8±0,4	0,12±0,08	0,22±0,06
Симфония	12,0±2,5	21,7±3,8	3,7±0,7	4,2±0,6	0,06±0,03	0,21±0,06
Перепел	22,0±6,9	22,8±5,4	3,7±0,9	3,7±0,5	0,18±0,08	0,21±0,07
Графит	9,7±0,3	25,7±6,0	3,0±0,1	3,5±0,7	0,03±0,01	0,20±0,09
Графит ФП	12,0±0,7	21,7±4,2	2,7±0,1	3,3±0,6	0,05±0,01	0,16±0,05
В среднем	15,2	25,3	3,2	3,7	0,08	0,20
НСР ₀₅	4,9	3,8	1,1	0,7	0,04	0,05

К – контроль без инокуляции, ИФ – инфекционный фон *S. purpurea*

Таблица 22 – Морфо-биометрические параметры зерна озимой ржи, 2021–2023 гг.

Сорт, популяция	Физические величины зерна		
	длина, мм	ширина, мм	масса, г
Фаленская 4 – ст.	9,3±0,2	3,1±0,1	0,03±0,003
Вятка 2	8,8±0,2	3,0±0,2	0,03±0,002
Флора	8,6±0,2	2,9±0,1	0,03±0,001
Лика	9,2±0,2	3,2±0,1	0,04±0,004
НВАК 285/15	9,5±0,2	3,5±0,2	0,05±0,004
Гармония	9,5±0,2	3,4±0,2	0,05±0,003
Симфония	9,4±0,3	3,4±0,2	0,04±0,002
Перепел	9,2±0,3	3,3±0,2	0,04±0,003
Графит	9,1±0,3	3,2±0,2	0,04±0,003
Графит ФП	9,4±0,2	3,4±0,2	0,05±0,002
В среднем	9,2	3,2	0,04
НСР ₀₅	0,6	0,8	0,01

Выявлена значительная вариабельность биометрии склероциев у разных видов растений-хозяев. В связи с этим мы изучили биометрию склероциев гриба *S. purpurea* у шести зерновых культур (озимая рожь, озимый ячмень, озимая тритикале, яровая пшеница, яровой ячмень и яровая тритикале) (рисунок 40).



а



б

Рисунок 40 – Склероции гриба *S. purpurea* формирующиеся на колосьях:

а – яровой мягкой пшеницы, б – ярового ячменя

Анализ показал, что средняя длина склероциев варьировала от 21,9 мм (озимая рожь) до 11,9 мм (яровая пшеница). Длинные склероции формируются на растениях озимой ржи – от 9,0 мм до 44,0 мм (в среднем 21,9 мм). Средняя длина склероциев у растений ярового ячменя и яровой тритикале составила 15,1 мм

и 16,6 мм, ширина – от 2,0 мм (озимая рожь и яровая тритикале) до 9,0 мм (озимая тритикале). На озимом ячмене, озимой ржи и яровой тритикале образовывались склероции с шириной от 3,6 мм до 3,9 мм. Наибольшая масса одного склероция (0,79 г) была сформирована на озимой ржи, а наименьшая (0,15 г) – у озимого ячменя (таблица 23, приложения 4–5).

Таблица 23 – Биометрические параметры склероциев гриба *S. purpurea* в зависимости от растения-хозяина, 2017–2019, 2021–2023 гг.

Растение-хозяин	Физические величины					
	длина, мм		ширина, мм		масса, г	
	среднее± откло- нение	пределы варьи- рования	среднее± откло- нение	пределы варьи- рования	среднее± откло- нение	пределы варьи- рования
Рожь озимая (<i>Secale cereale</i> L.)	21,9±1,7	9,0...44,0	3,9±0,2	2,0...7,0	0,22±0,03	0,02...0,79
Ячмень озимый (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	12,3±0,3	10,0...15,0	3,6±0,1	3,0...4,0	0,08±0,01	0,04...0,15
Тритикале озимая (<i>Triticale secale</i> L.)	13,1±0,1	9,0...16,0	4,1±0,1	5,0...9,0	0,12±0,01	0,04...0,19
Пшеница яровая (<i>Triticum vulgare</i> L.)	11,9±0,3	8,0...17,0	5,2±0,2	3,0...7,0	0,16±0,02	0,02...0,28
Ячмень яровой (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	15,1±2,7	5,0...20,0	4,2±0,5	3,0...6,0	0,14±0,04	0,04...0,24
Тритикале яровая (<i>Triticale triticum</i> L.)	16,6±1,3	9,0...26,0	3,9±0,1	2,0...6,0	0,17±0,02	0,02...0,47

Поэтому при механической очистке и сортировке зерна зерновых культур важно учитывать особенности биометрических параметров склероциев гриба *S. purpurea*, присущих каждой культуре.

Глава 6 МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СПОРЫНЬЕ

Безусловно, среди мер борьбы со спорыньей наиболее эффективным является создание и внедрение в производство устойчивых сортов, но до настоящего времени попытки вывести такие сорта озимой ржи не увенчались успехом. Сложность селекции заключается в наличии многих нерешенных проблем и вопросов, среди которых высокие взаимодействия «генотип–среда», «патоген–среда», отсутствие эффективных источников и доноров, неясность в механизмах контроля устойчивости. Кроме того, для поиска и создания источников необходимо изучение исходного материала на инфекционном фоне. Это особенно важно в связи с нестабильностью климатических факторов, которые оказывают существенное влияние на уровень проявления этой болезни. Для создания инфекционного фона в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имеется коллекция штаммов гриба *S. purpurea*. В своих исследованиях мы сосредоточились на изучении следующих важных для селекции в данном направлении вопросов: анализе характера цветения растений и токсичности склероциев у разных сортов; изучении наследования и контроля признака для обоснования подбора родительских форм в комбинациях скрещиваний; разработке методов моделирования искусственного инфекционного фона и скрининга генофондов ржи и пшеницы в этих условиях; выявлении, создании и изучении источников устойчивости по комплексу селекционно-значимых признаков и обосновании использования их при создании новых популяций.

6. 1 Моделирование фитопатогеноза спорыньи и учет болезни

Моделирование искусственного инфекционного фона необходимо для объективной оценки исходного материала, поиска и создания источников

устойчивости. Это особенно актуально в связи с нестабильностью климатических факторов, которые оказывают значительное влияние на патогенез спорыньи.

Для этих исследований необходимо иметь чистую культуру патогена. Накопление и сохранение генетических ресурсов *C. purpurea* является актуальным, потому что биологическая коллекция паразитарных штаммов представляет собой ценный резерв [Шалагина А.И., Баньковская А.Н., 1981; Фонин В.С. и др., 1996; Волнин А.А. и др., 2022; Щеклеина Л.М., Харина А.В., 2023]. Получение культуры *C. purpurea* проводится по общеизвестным методикам, описанным в литературе [Пшедецкая Л.И., 1975; Рукшан Л.В. 2003; Савин П.С. и др., 2005]. Отечественные и зарубежные исследователи проводили оценку питательных сред для выращивания штаммов культуры *C. purpurea* [Lewis R.W., 1948; Kren V. et al., 1994; Савин П.С., 2006]. С учетом влияния на ростовые особенности гриба различных компонентов, в первую очередь, источников углерода, азота [Пшедецкая Л.И., 1973], минерального фосфора и других веществ [Kybal J. et al., 1981; Саркисова М.А., Фишман В.М., 1991]. В настоящее время для культивирования гриба *C. purpurea* лучше использовать среды, богатые углеводами, например, сусло-агар, среду Абе, Штолля, Гофмана, КГА, стерильные зерна ржи [Stoll A. et al., 1954, 1965; Tyler V.E. jr., 1958; Островский Н.И. и др., 1968; Бобылева Р.И., Савин П.С., 2019].

В наших исследованиях для выделения и сохранения культуры *Claviceps* применяли среду КГА, где у колонии наблюдался достаточно хороший рост мицелия и высокая споруляция [Шешегова Т.К., и др., 2019; Щеклеина Л.М., Харина А.В., 2023]. Инфекционным материалом являлись преимущественно склеротии с посевов озимой ржи и яровой пшеницы, реже – медвяная роса. При переносе кусочка склеротия в чашку Петри на поверхность среды КГА на 5–6 сутки наблюдали рост мицелия вокруг фрагмента склеротия. В последующие 10–15 дней мицелий гриба разрастался, занимал всю поверхность среды в чашке и уплотнялся. На 20 день роста гриба *C. purpurea* начинали активно образовываться бесцветные конидии овальной, продолговатой формы с закругленными концами (рисунок 34 на странице 118).

Для создания инфекционного фона на спорынью в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имеется рабочая коллекция микроорганизмов, включающая, в том числе, более 50 штаммов гриба *C. purpurea*, выделенных из различного инфекционного материала в регионе проведения исследований (таблица 24).

Таблица 24 – Рабочая коллекция штаммов гриба *Claviceps purpurea* лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2009–2023 гг.

Штамм	Происхождение
1	2
Спорынья м. р.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2009 г.
Cl. р. м. р.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2010 г.
Cl. р. – 11	Склеротии озимой ржи, 2010 г.
Спорынья м. р.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2011 г.
Cl. р. рожь – 12	Склеротии озимой ржи, 2011 г.
Cl. р. – 12	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2012 г.
<i>Claviceps</i> (кон)	Склеротии озимой ржи, 2012 г.
Cl. р. – 13	Склеротии озимой ржи, 2012 г.
Cl. р. м. р.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2013 г.
спорынья м. р.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2013 г.
Cl. р. – 13	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2013 г.
Cl. р. П/13	Склеротии яровой мягкой пшеницы, 2013 г.
Cl. р. Тр/13	Склеротии яровой тритикале, 2013 г.
Cl. р. Р/13	Склеротии озимой ржи, 2013 г.
Cl. р. – 14	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2014 г.
<i>Claviceps</i> (кон), 14	Склеротии озимой ржи, 2014 г.
Cl. р.Р /14/Снежана	Склеротии озимой ржи с сорта Снежана, 2014 г.
Cl. р. Тр/14	Склеротии яровой тритикале, 2014 г.
<i>Claviceps</i> (кон), 15	Склеротии озимой ржи, 2015 г.
Cl. р. Р/15/НВАК	Склеротии озимой ржи с сорта НВАК 285/15, 2015 г.
Cl. р.Тр /15	Склеротии озимой тритикале, 2015 г.
Cl. р. Р/16	Склеротии озимой ржи, 2016 г.

1	2
Cl. p./М-12	Склерозии озимой ржи с сорта Московская 12, 2016 г.
Cl. p. P/16-1	Склерозии озимой ржи, 2016 г.
Cl. p. P/17	Склерозии озимой ржи, 2017 г.
Cl. p. 17/ПК	Склерозии озимой ржи с сорта Памяти Кунакбаева, 2017 г.
Cl. p. P. с. 17	Склерозии озимой ржи, 2017 г.
Cl. p. Я ск. 17	Склерозии ярового ячменя, 2017 г.
Cl. p. Пш. ск. 17	Склерозии яровой пшеницы, 2017 г.
Cl. p. Пш./17	Склерозии яровой пшеницы, 2017 г.
Cl. p. Я – 17/с	Склерозии ярового ячменя, 2017 г.
Cl. p. – 18/Ф-4	Склерозии озимой ржи с сорта Фаленская 4, 2018 г.
Cl. p. P – 18/с	Склерозии озимой ржи, 2018 г.
Cl. p. P – 18/Слободской ГСУ	Склерозии озимой ржи, Слободской ГСУ, 2018 г.
Cl. p. P – 18/Яранский ГСУ	Склерозии озимой ржи, Яранский ГСУ, 2018 г.
Cl. p. П / 18/с/НВАК	Склерозии яровой пшеницы с сорта НВАК 285/15, 2018 г.
Cl. p. Пп – 18/с	Склерозии пырея ползучего, 2018 г.
Cl. p. Пш-19/с/С	Склерозии яровой пшеницы Самгау, 2019 г.
Cl. p. Я – 19/с	Склерозии ярового ячменя, 2019 г.
Cl. p. P-19/Яранский ГСУ	Склерозии озимой ржи, Яранский ГСУ, 2019 г.
Cl. p. Скл. 19	Склерозии озимой ржи, 2019 г.
Cl. p. Я-19/с	Склерозии ярового ячменя, 2019 г.
Cl. p. P-19/ м. p.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2019 г.
Cl. p. П-20/с	Склерозии яровой пшеницы, 2020 г.
Cl. p. P-20/с/Слободской ГСУ	Склерозии озимой ржи, Слободской ГСУ, 2020 г.
Cl. p. P-21/с/Г	Склерозии озимой ржи Гетера 2, 2021 г.
Cl. p. P-21/ м. p.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2021 г.
Cl. p. P-23/К-89	Склерозии озимой ржи с сорта Кировская 89, 2023 г.
Cl. p. P-23/Б	Склерозии озимой ржи с сорта Батист, 2022 г.
Cl. p. P-23/Эра	Склерозии озимой ржи с сорта Эра, 2023 г.
Cl. p. P-23/Фу	Склерозии озимой ржи с сорта Фаленская универсальная, 2023 г.
Cl. p. P – м. p.	Медвяная роса с колосьев озимой ржи, 2023 г.

Все штаммы *C. purpurea* изучены по культурально-морфологическим признакам и патогенным свойствам. Изоляты *C. purpurea* различались по цвету, структуре воздушного и субстратного мицелия, топографии колоний и форме конидий. Мы условно разделили их на три группы. В первой группе (25% от общего числа) встречались изоляты с однородным белым мицелием, незначительной морщинистостью поверхности среды культивирования и двумя четко очерченными зонами: центральной, образованной белым мицелием на морщинистой поверхности, и периферической – с бежевым мицелием на ровной поверхности (рисунок 41).



Рисунок 41 – Общий вид некоторых изолятов *C. purpurea* 1-й группы

Во второй группе (25% от общего числа) изоляты характеризовались также наличием двух зон: краевой с ровной поверхностью, покрытой тонким слоем бежевого или белого мицелия, приподнятой в центральной части, и центральной с возвышением (рисунок 42).

Доминирующей в коллекции оказалась третья группа (50%), представленная изолятами с хорошо развитыми колониями округлой формы и возвышенным центром. Колонии данной группы характеризуются войлочной поверхностью белого или бежевого цвета с ровным краем. Центральная часть колоний приобретала белый или бежевый оттенок, становилась бархатистой и впоследствии приобретала фиолетовую пигментацию (рисунок 43). По нашим наблюдениям, представители этой группы обладают наибольшей патогенностью, о чем свидетельствует 50% и 100% поражение индикаторных сортов озимой ржи и яровой пшеницы. Изоляты из двух других групп вызывали поражение на уровне 20–40%.

При разработке модели инфекционного фона на спорынью мы использовали три метода инокуляции: опрыскивание растений суспензией конидий в фазу массового цветения; внесение споровой суспензии в завязь цветка при появлении зеленых пыльников; заражение почвы путем осеннего внесения склероциев на глубину 2–4 см. В вариантах с опрыскиванием растений и внесением склероциев в почву учитывали все растения на делянке, при инокуляции цветков – только зараженные растения.

Методы инокуляции апробировали на разных по восприимчивости к спорынье трех тест-сортах озимой ржи: Снежана, Флора и Фаленская 4. Во всех вариантах инокуляции выявлено существенное по отношению к контролю увеличение поражения спорыньей (таблица 25). В контрольном варианте склероции у трех тест-сортов в посеве и зерновой массе не обнаружены. Сорта имели 100% озерненность колоса и высокие для опыта показатели продуктивности.

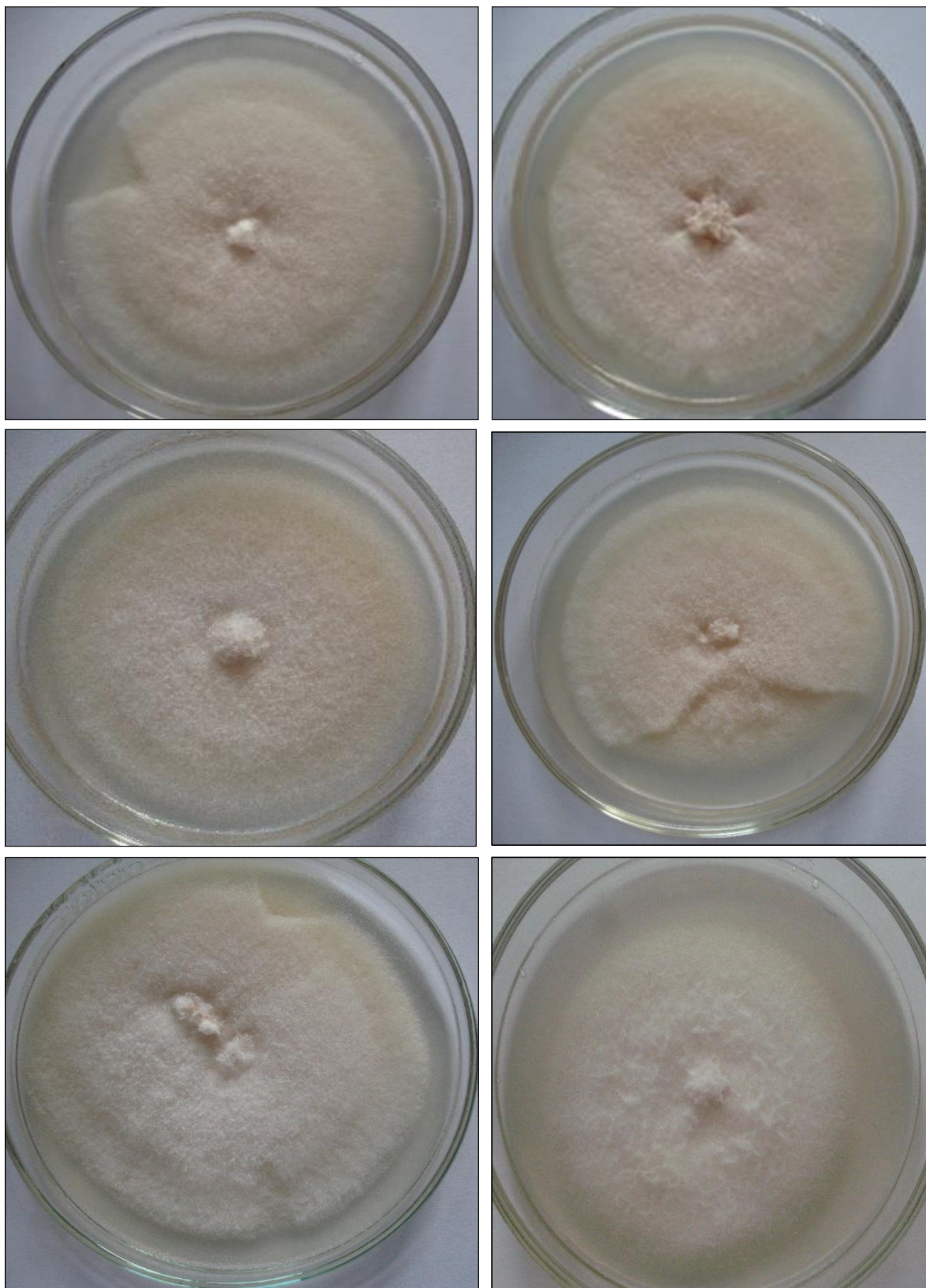


Рисунок 42 – Общий вид некоторых изолятов *S. purpurea* 2-й группы



Рисунок 43 – Общий вид некоторых изолятов *S. purpurea* 3-й группы

Наибольшее распространение болезни отмечено при инокуляции цветков, которое составило в среднем по сортам 33,3% (таблица 25). Это свидетельствует о том, что у каждого третьего инокулированного растения имелись от одного до нескольких склероциев в колосе. В этом же методе выявлены самые низкие показатели озерненности колоса (70,0%), массы 1000 зерен (28,9 г), продуктивности растений (11,8 г) и колоса (1,96 г). Сформировавшиеся при инокуляции цветков склероции были мелкими и многочисленными и по биометрии приближались к зерновке озимой ржи, поэтому их весовая доля в зерновой массе была наименьшей в данном опыте и составила 1,23%.

При опрыскивании растений споровой суспензией количество пораженных растений было достоверно меньше, чем при других методах, и составило в среднем 10,0% при содержании склероциев в зерне на уровне 2,0%. Показатели продуктивности растений и колоса по отношению к контрольному варианту снижались незначительно. Озерненность колоса составила в среднем – 80,0%. Склероции были достаточно крупными: 18,2 мм (длина), 3,3 мм (ширина), 0,12 г (масса).

Таблица 25 – Влияние методов инокуляции озимой ржи *S. purpurea* на проявление спорыньи и элементы продуктивности, 2010–2012 гг.

Метод	Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Масса зерна, г		Масса 1000 зерен, г	Озерненность колоса, %
			с растения	с колоса		
Контроль – без заражения	0	0	16,8±0,2	2,76±0,1	30,5±0,4	100
Инокуляция цветков	33,3*±1,1	1,23±0,47	11,8*±0,1	1,96*±0,1	28,9*±0,4	70,0*±0,2
Опрыскивание растений	10,0*±1,5	2,00*±0,38	14,8±0,2	2,39±0,1	30,4±0,6	80,0*±0,2
Внесение склероциев в почву	15,0*±1,9	2,22*±0,80	15,9±0,3	2,50*±0,2	29,9±0,3	94,0±0,1

* – отличия от контроля значимы при $P \geq 0,95$

Наибольшая засоренность зерна склероциями (в среднем 2,22%) получена при осеннем внесении склероциев в почву, то есть при условиях, близких к естественному заражению. Относительно невысокое поражение (в среднем 15,0%) несущественно влияло на элементы продуктивности: озерненность колоса составила 94,0%, продуктивность растений – 15,9 г, а колоса – 2,5 г. Склероции были значительно крупнее зерна озимой ржи: 19,1 мм (длина), 3,4 мм (ширина) и 0,15 г (масса).

В зависимости от целей исследования каждый из представленных методов может быть использован в селекционной работе для повышения устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы, а также других зерновых культур к спорынье. Оценивая перспективы практического использования данных методов инокуляции, мы рекомендуем следующие особенности их применения.

Для более точной оценки исходного материала лучше применять **инокуляцию цветков** шприцом в начале колошения растений (рисунки 44–45). Метод не зависит от погодных условий в период инокуляции и позволяет получить объективную оценку восприимчивости, но достаточно трудоемкий и малопроизводительный.

Внесение склероциев в почву можно применять на достаточно больших площадях при массовой оценке исходного материала и улучшающем отборе селекционного материала. В этом случае заражение растений аскоспорами, образовавшимися после прорастания плодовых тел, осуществляется естественным путем (рисунок 46). Данный метод характеризуется простотой организации и демонстрирует высокую эффективность при наличии благоприятных климатических факторов в период выхода склероций из физиологического покоя. Недостатком метода является сильная зависимость прорастающих склероциев от климатических факторов, что в условиях центральной зоны Кировской области обычно бывает в конце мае – начале июня. Однако, засушливые условия мая и недостаток влаги в почве могут до минимума снизить жизнеспособность склероциев гриба *S. purpurea* или образуют относительно небольшое количество стром.



Рисунок 44 – Инокуляция цветков колоса озимой ржи шприцом



Рисунок 45 – Инокулированные колосья яровой пшеницы, отмеченные сигнальными флажками; инокулированный колос пшеницы со склероцием



Рисунок 46 – Внесение склероциев в почву фитопатологического участка

Опрыскивание растений споровой суспензией в фазу цветения растений достаточно эффективно как для первичной оценки генофонда зерновых культур, так и для отбора устойчивых форм (рисунки 47–48). Однако при жаркой и сухой погоде прорастание спор проблематично. В этом случае необходимо инокулированные растения помещать под полиэтиленовые изоляторы на 1–2 дня. Метод отличается легкостью выполнения и высокой производительностью.

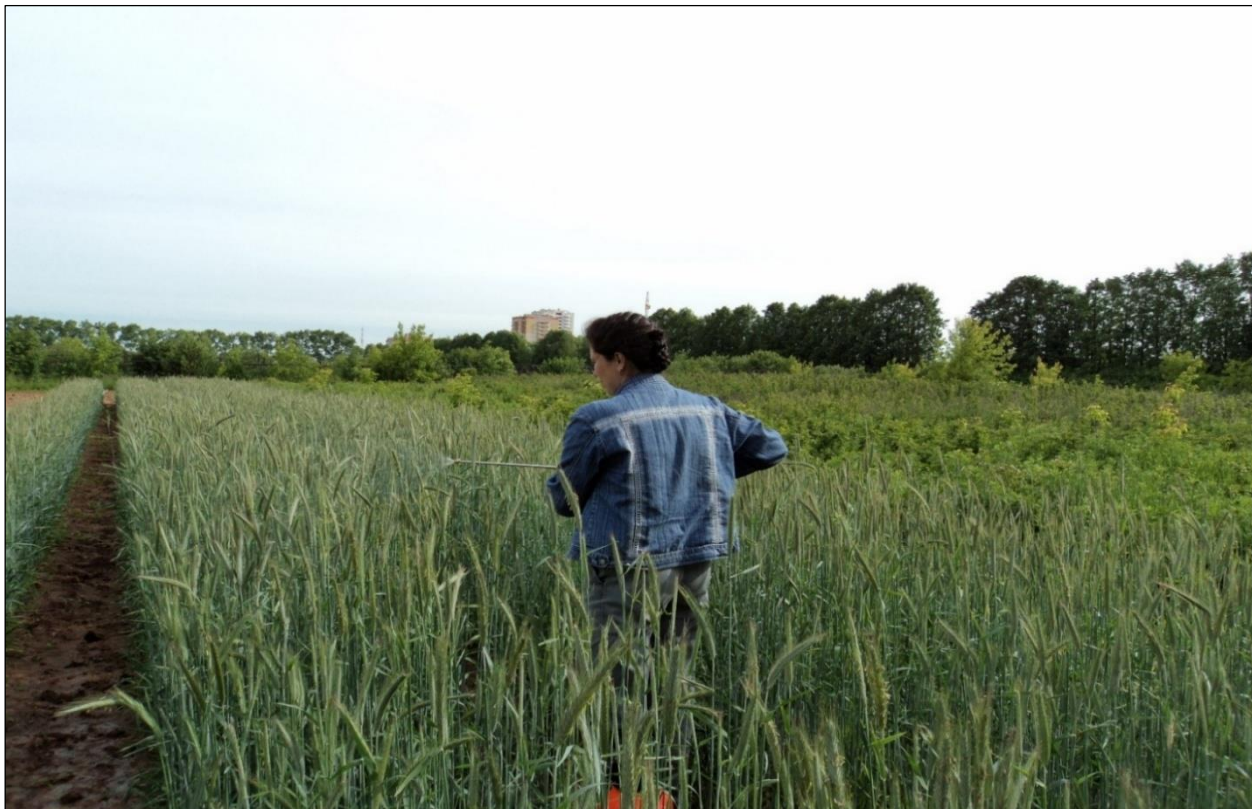


Рисунок 47 – Опрыскивание растений озимой ржи споровой суспензией гриба *S. purpurea*



Рисунок 48 – Полиэтиленовые изоляторы, надетые на инокулированные растения

Таким образом, в зависимости от целей селекции каждый из разработанных и апробированных методов создания искусственного инфекционного фона на спорынью может быть использован для повышения устойчивости озимой ржи и яровой пшеницы, а также других зерновых культур к этой болезни. При этом необходимо учитывать объемы исследований и трудоемкость работ.

6.2 Идентификация местной популяции гриба *C. purpurea*

Одним из путей повышения эффективности селекционного процесса является использование современных методов молекулярной биологии [Pažoutová S. et al., 1998; Schardl C.L. et al., 2013; Gilmore B.S. et al., 2016; Shoukouhi P. et al., 2019; Liu M. et al., 2021], позволяющих расширить спектр генетического разнообразия и сократить сроки создания сортов. Использование молекулярных маркеров позволяет проводить отбор по генотипу, имеющему ряд преимуществ перед отбором по фенотипу, который используется в классической селекции [Хлесткина Е.К., 2013].

Получение принципиально новых генотипов сельскохозяйственных растений возможно на основе маркер-вспомогательной селекции (marker-assisted selection – MAS), позволяющей в короткие сроки определить наличие экономически значимых генов в геноме исследуемых растений (Liu M. et al., 2022). Метод основан на селекции по фенотипическим признакам, контролируемым кластерами генов или отдельными генами, что позволяет идентифицировать их с помощью молекулярно-генетических методов [Ell P.R. et al., 2000; Willits D.A., Sherwood J.E., 2007; Леонова И.Н., 2013; Ali S. et al., 2014].

В результате исследований, проведенных на экспериментальной базе лаборатории молекулярной биологии и селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, были впервые разработаны и подобраны праймеры для молекулярно-генетической идентификации гриба *C. purpurea*. Выявленные штаммы использовались при моделировании искусственного инфекционного фона на спорынью [Щеклеина Л.М., Харина А.В., 2023].

Проведен обзор зарубежных научных публикаций, посвященных использованию различных типов маркеров ДНК для генотипирования штаммов патогенных микроорганизмов и анализа структуры их популяций [Cheng L.J. et al., 1980; Maier W. et al., 1980; Rehacek Z., Sajdi P., 1990; Ülsing U.J., Tudzynski P., 1997; Tudzynski P., Scheffer J., 2004; Hicks C. et al., 2021].

В таблице 2, приведенной в разделе 2.3 (страница 70), представлен список 15 описанных и зарегистрированных нуклеотидных последовательностей изолятов *C. purpurea* из базы данных Grain Genes. Эти последовательности послужили основой для селекции праймеров. В качестве стандартного маркера использовался набор генов рибосомной РНК. Отбор наиболее эффективных праймеров проводили с помощью анализа множественного выравнивания последовательностей нуклеотидов генов изолятов *C. purpurea* с использованием Clustal Omega (Электронный ресурс). На основании проведенного анализа были разработаны две пары праймеров, отмеченные в таблице 27 желтой заливкой, демонстрирующие специфичность к изолятам гриба *C. purpurea* (рисунок 49, таблицы 26–27).

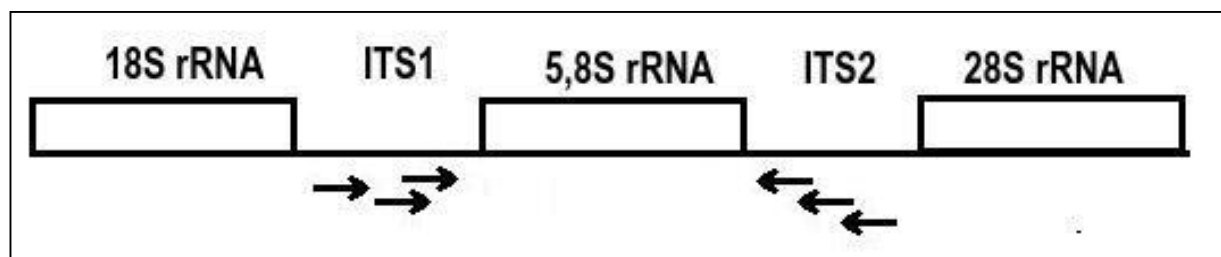


Рисунок 49 – Карта кассеты генов рибосомных РНК
(стрелками обозначены праймеры)

Таблица 26 – Характеристика праймеров для проверки отжига в ДНК вида *C. purpurea*

Название последовательности праймера	Нуклеотидная праймера	Температура отжига, °C	Уникальность по шкале 1–10*
Clav. F	GTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGG	60	8,5
Clav. R	CGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCG	66	8,5

1* – много посторонних последовательностей

10* – только последовательности заявленного гена в заявленном виде

Таблица 27 – Выравнивание последовательностей фрагментов кассеты генов рРНК с отмеченными последовательностями для разработки праймеров

1 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
2 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
3 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
4 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
5 (120)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
6 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
7 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
8 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
9 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
10 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
11 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
12 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
13 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
14 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
15 (119)	ACCAAAACTCTTCTGTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGGATTTAAAAACAAATGAAT
1 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
2 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
3 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
4 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
5 (180)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
6 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
7 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
8 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
9 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
10 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
11 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
12 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
13 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
14 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
15 (179)	CAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG

1	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
2	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
3	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
4	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
5	(240)	ATACGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
6	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
7	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
8	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
9	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
10	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
11	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
12	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
13	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
14	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC
15	(239)	ATACGTAATGTGAATTGCAGACTTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCC

1	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
2	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
3	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
4	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
5	(300)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
6	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
7	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
8	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
9	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
10	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
11	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
12	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
13	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
14	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG
15	(299)	CGCCAGTATTCTGGCGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTG

1 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 2 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 3 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 4 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 5 (360) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGTCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 6 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 7 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 8 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 9 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 10 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 11 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 12 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 13 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 14 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG
 15 (359) GTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATG

1 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 2 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 3 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 4 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 5 (420) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 6 (419) GATCGGCGGTCTNGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 7 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 8 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 9 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 10 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 11 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 12 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 13 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 14 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG
 15 (419) GATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATAACCTCGCAACAGGAGCG

На электрофореграммах скрининга во всех образцах Clav. 2, Clav. 3 и Clav. 4 обнаружены фрагменты ДНК, указывающие на успешное проведение полимеразной цепной реакции (рисунки 50–51).

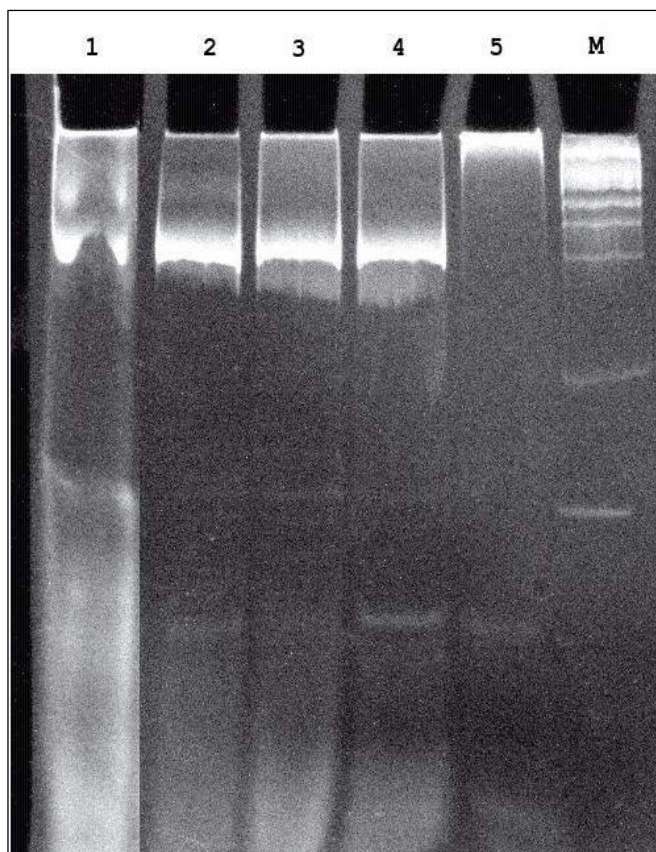


Рисунок 50

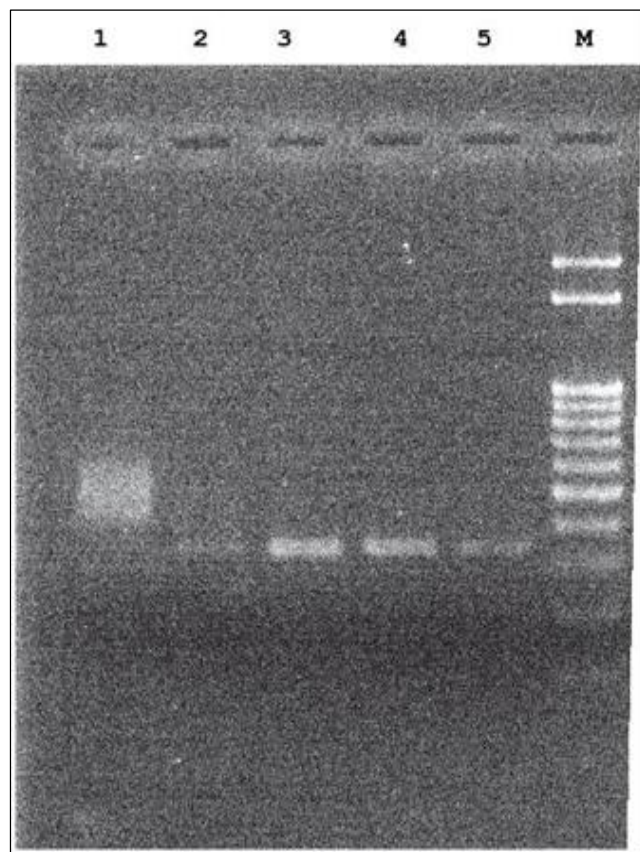


Рисунок 51

Рисунок 50 – Гель-электрофорез в 7% нативном полиакриламидном геле продуктов амплификации с праймерами к образцам Clav. F и Clav. R: дорожка: 1 – образец ДНК Clav. 1, 2 – образец ДНК Clav. 2, 3 – образец ДНК Clav. 3, 4 – образец ДНК Clav. 4, 5 – отрицательный контроль, М – маркер молекулярного веса Сибэнзим 100 b.p.+2Kb+2 Kb

Рисунок 51 – Гель-электрофорез в 1,5% нативном агарозном геле продуктов амплификации с праймерами к образцам Clav. F и Clav. R: дорожка 1 – образец ДНК *Ustilago* spp., 2 – образец ДНК *Tilletia* spp., 3 – образец ДНК *C. purpurea* (Clav. 2), 4 – образец ДНК *C. purpurea* (Clav. 3), 5 – образец ДНК *C. purpurea* (Clav. 4), М – маркер молекулярного веса Сибэнзим 100 b.p.+2Kb+3Kb

Результаты секвенирования ПЦР-продукта из образца Clav. 2, полученного на основе ДНК, выделенной из склероция гриба *C. purpurea*, поражающего посевы озимой ржи в г. Слободском (Слободской государственный сортоиспытательный участок (Слободской ГСУ)) по испытанию и охране селекционных достижений по Кировской области), представлены на рисунках 52 и 53.

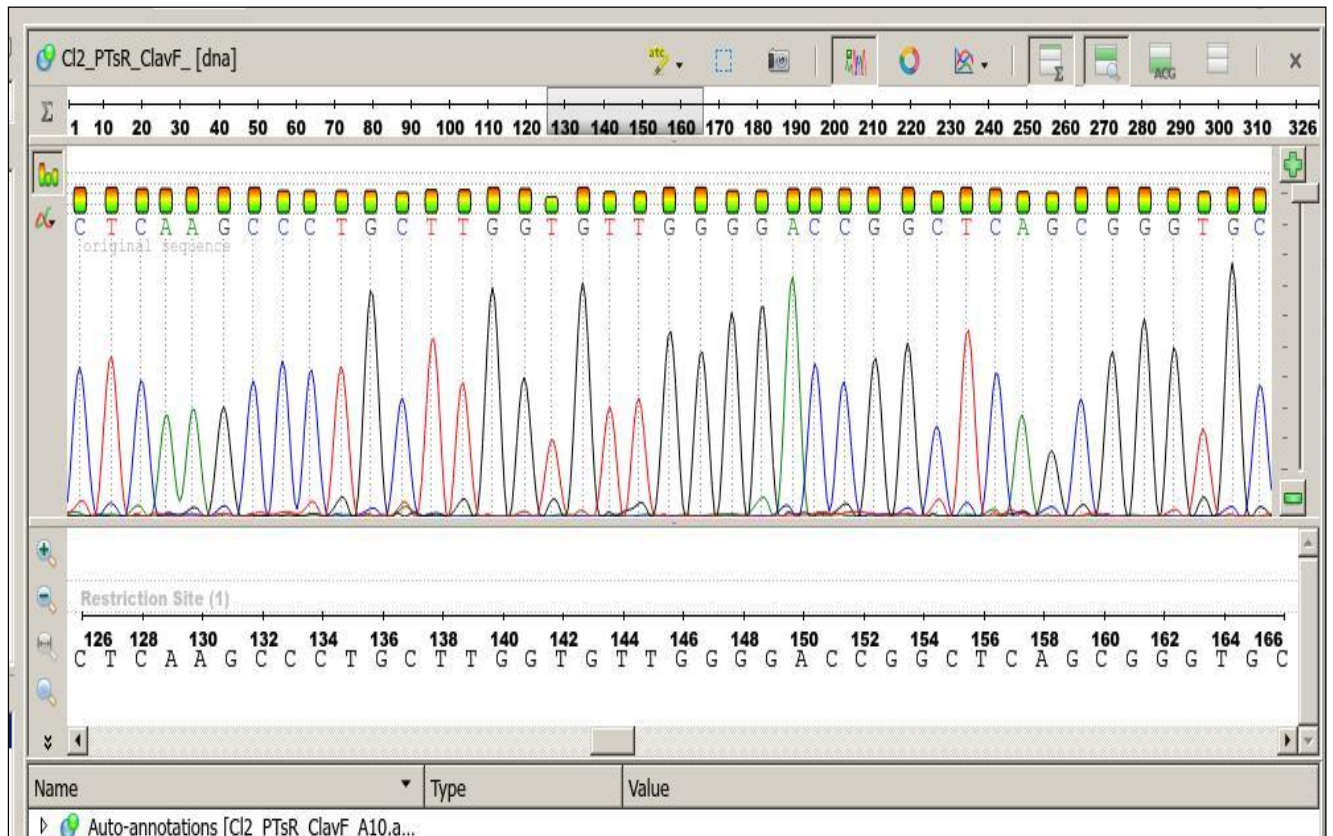


Рисунок 52 – Фрагмент результата капиллярного гель-электрофореза при секвенировании продукта Clav. 2

Результат секвенирования капиллярный электрофорез (расшифрованный текст): AACGTAGACTCCAAATTTTTGGATACGTATGTGATTGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGCAT GCCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTGGTGTGTTGGGGACCG GCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATGGATCG GCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATACCACCTCGCAACAGGA GCGCGGCGCGGCCACTGCCGTAAAACGCCCAACTTTTTAGAGTTGACCTCGA ATCAGGTAGGAATACCA.

Рисунок 53 – Результаты проверки нуклеотидной последовательности в NCBI-Nucleotide blast. Последовательности ПЦР-продукта Clav. 2

Результат секвенирования капиллярный электрофорез (расшифрованный текст: AACGCAGACACTAATTTTTGCGATCGTATGTGATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCGCCAGTATTCTGGCGGGGCATGCCTGTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCCCTGCTTGGTGTTGGGGACCGGCTCAGCGGGTGCGGGCTTCGGCCCGCCCCGTGCCGCCCCCGAAATGGATCGGCGGTCTCGTCGCAGCCTTCTTTGCGTAGTAACATACCACCTCGCAACAGGAGCGCGGCGGGCCACTGCCGTAAACGCCCAACTTTTTAGAGTTGACCTCGAATCAGGTAGGAATACCA.

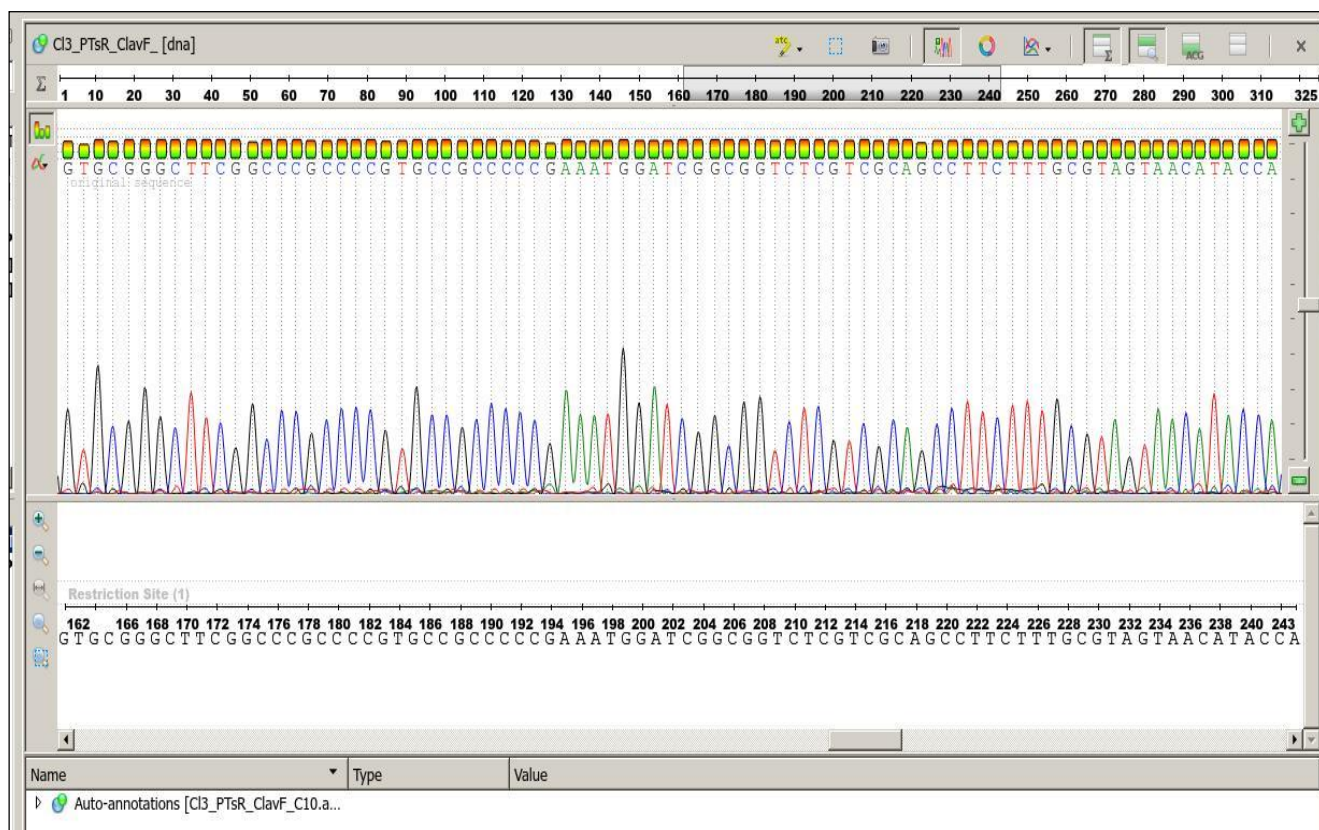


Рисунок 54 – Фрагмент результата капиллярного гель-электрофореза при секвенировании продукта Clav. 3

☒	Claviceps monticola CCC 1483 ITS region; from TYPE material	Claviceps montic...	551	551	94%	2e-152	99.03%	638	NR_164573.1
☒	Claviceps pazoutovae CCC 1485 ITS region; from TYPE material	Claviceps pazout...	551	551	94%	2e-152	99.03%	641	NR_164570.1
☒	Claviceps purpurea isolate 17-275-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	558	MN218724.1
☒	Claviceps purpurea isolate 17-347-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	550	MN218721.1
☒	Claviceps purpurea culture DAOMC:250652 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	588	MH477810.1
☒	Claviceps purpurea culture DAOMC:250680 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	600	MH477807.1
☒	Claviceps ripicola culture DAOMC:250811 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps ripicola	551	551	94%	2e-152	99.03%	592	MH477800.1
☒	Claviceps purpurea culture DAOMC:250822 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	600	MH477798.1
☒	Claviceps purpurea f. secalis culture CBS:149.37 strain CBS 149.37 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	600	MH855861.1
☒	Uncultured eukaryote clone YeastDietStoolITS2OTU78 5.8S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	uncultured eukar...	551	551	94%	2e-152	99.03%	325	KY932007.1
☒	Uncultured eukaryote clone HMPStoolITS2OTU419 5.8S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	uncultured eukar...	551	551	94%	2e-152	99.03%	325	KY934903.1
☒	Claviceps purpurea isolate Clp-2 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps purpurea	551	551	94%	2e-152	99.03%	568	MF663283.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-012 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712554.1
☒	Claviceps cf. purpurea strain Cp-023 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps cf. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712543.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-030 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712539.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-041 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712533.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-048 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712528.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-052 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712525.1
☒	Claviceps aff. purpurea strain Cp-053 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene and internal transcribed spacer 2	Claviceps aff. pur...	551	551	94%	2e-152	99.03%	566	KY712524.1

Рисунок 55 – Результаты проверки нуклеотидной последовательности в NCBI-Nucleotide blast. Последовательности ПЦР-продукта Clav. 3

Анализ BLAST (рисунок 55) показывает, что исследуемый образец принадлежит роду *Claviceps*. Наиболее близкими генетическими родственниками являются виды *C. monticola* и *C. pozoutvae*, за которыми следует *C. purpurea*. Степень сходства последовательностей составляет 99,03%. Максимальное совпадение с последовательностями, использованными для проектирования праймеров, наблюдается с изолятом *C. purpurea*, штамм 695/S.

Результаты секвенирования ПЦР-продукта Clav. 4, полученного на основе ДНК, выделенной из склероциев гриба *C. purpurea*, поражающего посевы озимой ржи в г. Кирове (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока), продемонстрированы на рисунках 56 и 57. Результат секвенирования капиллярный электрофорез (расшифрованный текст: АСТАСТТСТГТГСГАТАСГТААТГТГАТТГСАГААТТ САГТГААТСАТСГААТСТТТГААСГСАСАТТГСГСССГССАГТАТТСТГГСГГ ГСАТГССТГТТГСГАСГТСАТТТСААСССТСААГСССТГСТТГГТГТТГГГГ АССГГСТСАГСГГГТГСГГГСТТГСГСССГТСССГТГСГССССССГАААТГ ГАТГСГГСГГТСТСГТГСГАССТТСТТТГСГТАГТААТААССАСТСГСААС АГГАСГСГГСГСГГГССАСТГССГТААААСГСССААСТТТТТАГАГТТГАС СТСГААТСАГГТАГГААТАСА.

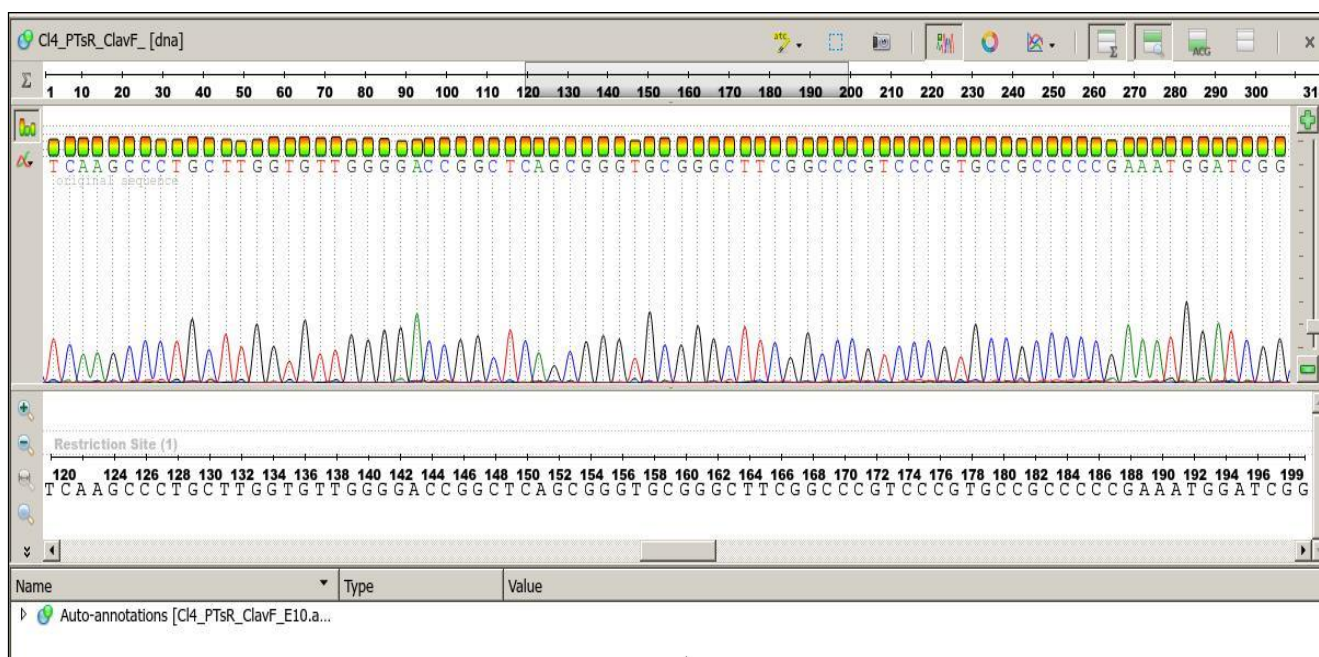


Рисунок 56 – Фрагмент результата капиллярного гель-электрофореза при секвенировании продукта Clav. 4

Последовательности, полученные с помощью BLAST (рисунок 57), демонстрируют принадлежность образца к виду *Claviceps*. Наиболее близким генетическим родственником является вид *C. macrooura*, за которым следует *C. purpurea*. Сходство последовательностей составило 99,68%. Отмечено высокое сходство с изолятом *C. purpurea*, штамма 695/S, используемым в дизайне праймеров.

	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
✓	Claviceps macrooura CCC 1482 ITS region, from TYPE material	Claviceps macro...	562	562	96%	1e-155	99,68%	640	NR_164572.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-284-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	557	MN218723.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-369-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	550	MN218722.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-454-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	551	MN218714.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-453-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	541	MN218713.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-428-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	546	MN218712.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-418-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	539	MN218711.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-416-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	552	MN218710.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-471-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	550	MN218708.1
✓	Claviceps purpurea isolate 17-366-F internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene an...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	546	MN218707.1
✓	Claviceps purpurea culture DAOMC:250641 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcri...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	600	MH477812.1
✓	Claviceps purpurea culture DAOMC:250662 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcri...	Claviceps purpurea	562	562	96%	1e-155	99,68%	599	MH477808.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-002 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712560.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-003 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712559.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-005 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712558.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-006 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712557.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-013 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712553.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-025 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712541.1
✓	Claviceps aff. purpurea strain Cp-027 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5...	Claviceps aff. pur...	562	562	96%	1e-155	99,68%	566	KY712540.1

Рисунок 57 – Результаты проверки нуклеотидной последовательности в NCBI-Nucleotide blast. Последовательности ПЦР-продукта Clav. 4

Таким образом, результаты секвенирования ПЦР-продуктов ДНК образцов Clav. 2, Clav. 3 и Clav. 4, полученных из двух географических точек Кировской области (г. Киров и г. Слободской) с двух зерновых культур (озимая рожь и яровая пшеница), проведенные с использованием BLAST-поиска в базе NCBI-Nucleotide (Электронные ресурсы), позволили идентифицировать их как вид *C. purpurea*.

Анализ последовательностей ДНК, выполненный компанией ЗАО «Евроген Ру» (г. Москва), выявил идентичность ПЦР-продуктов, полученных с инфекционного биоматериала (образцы Clav. 2, Clav. 3 и Clav. 4). Уровень сходства последовательностей составил 99,35%, 99,03% и 99,68% соответственно.

Результаты лабораторных исследований позволяют сделать вывод, что все образцы принадлежат к одному представителю вида *Claviceps purpurea*. Выявлено высокое сходство с изолятом *C. purpurea*, штамм 695/S. Идентифицированные штаммы гриба *C. purpurea* используются для создания инфекционного фона по спорынье.

6.3 Характер цветения растений, как биомаркер устойчивости к спорынье и поиск сортов озимой ржи с коротким и активным цветением

В настоящее время среди известных механизмов устойчивости озимой ржи к спорынье характер и продолжительность цветения растений является одним из простых и информативных биомаркеров. Известно, что восприимчивость к спорынье может быть обусловлена такими свойствами генотипа, как открытость – закрытость цветков, размер рыльца и скорость его усыхания после опыления, характер пыльцеобразования [Parh D.K. et al., 2008; Miedaner T. et al., 2010]. Для озимой ржи, как открытоцветущего растения, сорта с коротким и дружным цветением должны быть менее подвержены заражению завязи, чем с растянутым, вследствие относительно быстрого опыления цветков и их закрытия. В лабораторных и полевых экспериментах по характеру цветения изучено более 250 сортов ржи. В условиях контролируемой среды лабораторного эксперимента продолжительность периода цветения растений составляла от 3 до 8 дней. Это значение оказалось на 4–5 дней меньше по сравнению с аналогичным показателем, зафиксированным в естественных полевых условиях (рисунок 58).

Наиболее коротким периодом цветения (3–4 дня) за 3 года наблюдений характеризовался сорт Саратовская 5. Другие сорта селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская 6, Саратовская 7, Марусенька и Памяти Бамбышева) продемонстрировали недостаточную стабильность изучаемого признака. Несмотря на различие в эколого-географическом происхождении, сорта Волхова, Радонь и Фаленская 4 характеризуются коротким периодом цветения, составляющим 5–6 дней. Длительный период цветения (7–8 дней) наблюдается у сорта Безенчукская 87 (таблица 28, приложения 6–8).



а



б

Рисунок 58 – Изучение характера цветения сортов озимой ржи:

а – лабораторный эксперимент (фрагмент); б – в полевых условиях (фрагмент)

Таблица 28 – Продолжительность и активность цветения районированных сортов озимой ржи (лабораторный опыт, 2012–2013 гг., 2021 г.)

Сорт	Учреждение-оригинатор	Продолжительность цветения, дней			Активность цветения, %		
		пределы варьи-рования	по сорту	по проис-хожде-нию	пределы варьи-рования	по сорту	по проис-хожде-нию
1	2	3	4	5	6	7	8
Вятка 2	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока	3...6	5,0±1,0	4,9±0,2	85,6...100	90,9±4,6	88,9±2,4
Кировская 89		4...6	5,0±0,6		91,7...98,0	94,7±1,8	
Фаленская 4		4...5	4,7±0,3		77,2...93,5	87,8±5,3	
Снежана		4...7	5,7±0,9		59,5...86,6	75,8±8,3	
Рушник		4...6	4,7±0,7		83,6...94,4	89,3±3,1	
Флора		3...6	4,7±0,9		91,3...100	94,5±2,8	

1	2	3	4	5	6	7	8
Флора	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока	3...6	4,7±0,9		91,3...100	94,5±2,8	
Графиня		5...5	5,0±0,3		81,8...97,7	89,0±4,7	
Крона	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»	5...7	5,7±0,7	4,9± 0,3	76,0...88,9	84,6±4,3	88,2± 1,7
Альфа		4...5	4,5±0,4		76,9...95,6	86,3±7,6	
Татьяна		4...5	4,5±0,4		88,5...100	94,3±4,7	
Пурга		5...5	5,0±0,4		86,7...90,0	88,4±1,4	
Чулпан 7	Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН	5...7	5,7±0,7	5,6± 0,1	77,8...93,8	87,6±4,9	85,6± 1,1
Памяти Кунакбаева		4...7	5,7±0,9		70,9...96,2	85,8±7,7	
Популяция БС		3...8	5,5±0,4		66,7...100	83,4±9,9	
Паром	Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН	3...6	5,0±1,0	4,8± 0,1	66,7...100	83,9±9,6	80,0± 3,5
Пышма		4...6	5,0±0,8		56,5...87,5	72,0±9,7	
Исеть		3...6	4,5±1,2		68,4...100	84,2±9,9	
Антарес	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН	3...8	5,3±1,2	5,7± 0,6	73,3...100	83,7±8,3	78,4± 6,4
Роксана		4...6	5,0±0,6		85,5...90,5	88,1±1,4	
Ольга		5...5	5,0±0,4		77,7...86,7	82,2±3,7	
Безенчукская 87		7...8	7,5±0,4		48,0...71,2	59,6±9,5	
Марусенька	ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»	3...8	6,0±1,5	6,7± 0,5	78,2...100	86,1±6,9	81,2± 3,9
Саратовская 5		3...4	3,5±0,4		81,3...100	90,7±7,6	
Саратовская 6		4...8	6,0±1,6		58,0...76,4	67,2±7,5	
Саратовская 7		3...6	5,3±1,2		75,0...100	82,9±8,6	
Памяти Бамбышева		5...7	6,0±0,8		75,0...83,0	79,0±3,3	
Эра	Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха»	4...6	5,0±0,6	5,0± 0,3	84,1...88,8	87,2±1,6	84,1± 2,9
Былина		4...7	5,5±1,2		61,1...93,8	77,5±9,4	
Волхова		4...5	4,5±0,4		86,8...87,5	87,6±0,4	
Татарская 1	ФИЦ Казанский научный центр РАН	5...5	5,0±0,4	5,1± 0,3	81,8...82,4	82,1±0,2	85,9± 2,8
Эстафета Татарстана		5...7	6,0±0,8		71,2...89,5	80,4±7,5	
Радонь		4...5	4,5±0,4		90,9...92,8	91,9±0,8	
Огонек		4...6	5,0±0,8		88,2...90,0	89,1±0,7	
НСР ₀₅			0,8			9,8	

Выявлены сорта с высокой активностью цветения, у которых за 3–4 дня отцветало 80–100% цветков в колосе. Этим свойством характеризовались сорта селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Флора и Графиня), Самарского НИИСХ – филиал СамНЦ РАН (Роксана), ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Татьяна, Альфа и Пурга), ФИЦ КазНЦ РАН (Радонь и Огонек) и ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская 5) (рисунок 59). Установлено наличие тесной отрицательной корреляционной связи между показателями цветения: $r = -0,70$ (2012 г.), $r = -0,69$ (2013 г.), $r = -0,92$ (2021 г.).

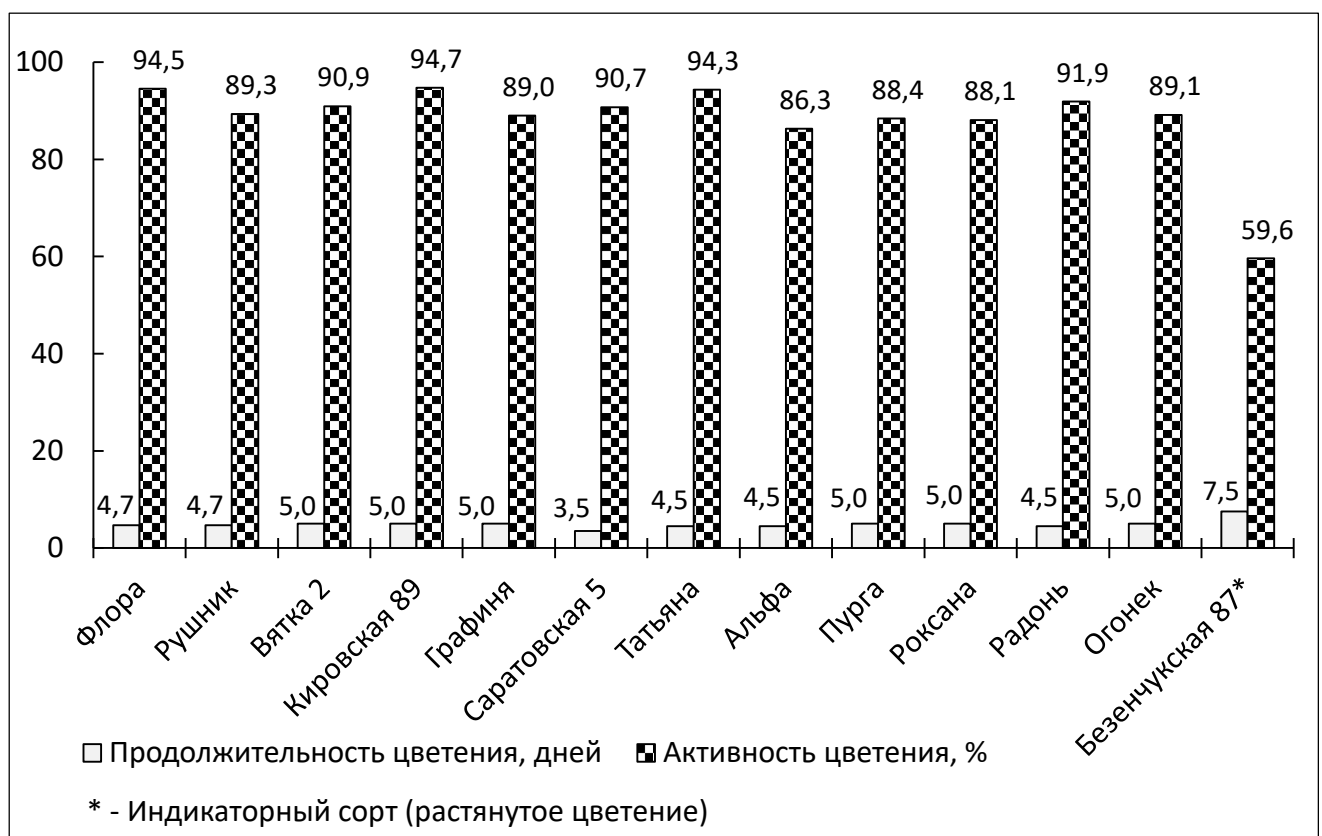


Рисунок 59 – Сорта озимой ржи из различных эколого-географических регионов, отличающиеся коротким и активным цветением в лабораторных условиях

В результате фенологических наблюдений было установлено, что цветение озимой ржи в полевых условиях характеризовалось значительной вариабельностью, обусловленной климатическими факторами, такими как недостаток или избыток влаги: ГТК = 1,64 (2012 г.), ГТК = 0,95 (2013 г.),

ГТК = 2,02 (2014 г.), ГТК = 0,47 (2021 г.). Это значительно сдвигало сроки наступления фазы цветения, но ее максимальная продолжительность (10 дней) была одинаковой во все годы наблюдений: 8–17 июня (2012 г.), 10–19 июня (2013 г.), 3–12 июня (2014 г.), 7–16 июня (2021 г.) (таблица 29).

Таблица 29 – Метеорологические условия периода цветения сортов озимой ржи, 2012–2014 гг., 2021 г.

Параметры	Год исследований			
	2012	2013	2014	2021
Период цветения озимой ржи, июнь	с 8 по 17	с 10 по 19	с 3 по 12	с 7 по 16
Среднесуточная температура воздуха, °С	18,4	17,5	18,1	18,4
Сумма эффективных температур, °С	184,4	174,9	181,1	183,8
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °С	10,7	2,7	9,7	5,8
Максимальная среднесуточная температура воздуха, °С	28,9	30,5	28,5	30,3
Отклонение среднесуточной температура воздуха от нормы, °С	+2,3	+1,1	+2,7	+2,5
Среднесуточная сумма осадков, мм	3,0	1,7	3,7	0,9
Сумма осадков, %	30,3	16,6	36,5	8,6
Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,64	0,95	2,02	0,47

Установлено, что относительно коротким периодом цветения (в среднем 7–7,5 дней) характеризовались сорта селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Графиня и Флора), Уральского НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Пышма и Паром), ФИЦ Казанского научного центра РАН (Огонек), ФГБНУ ФИЦ

«Немчиновка» (Крона и Пурга), Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН (Чулпан 7 и Популяция БС), Самарского НИИСХ – филиал СамНЦ РАН (Безенчукская 87) и ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская 5, Саратовская 6, Саратовская 7 и Марусенька) (таблица 30, приложения 9–10).

Наиболее продолжительным этот период (9–10 дней) был у сорта Снежана селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Активность цветения изменялась от 57,9 до 94,5%. Относительно высокие показатели (в среднем по сортам 81,1–94,5%) признака были у сортов селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Вятка 2, Флора и Графиня), ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Татьяна и Пурга), Уральского НИИСХ – филиал УрФАНИЦ УрО РАН (Исеть), Самарского НИИСХ – филиал СамНЦ РАН (Безенчукская 87 и Ольга), ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Марусенька, Саратовская 5 и Саратовская 7), ФИЦ Казанского научного центра РАН (Родонь и Огонек).

Таблица 30 – Продолжительность и активность цветения сортов озимой ржи в полевых условиях, 2012–2014 гг., 2021 г.

Сорт	Продолжительность цветения, дней			Активность цветения, %		
	пределы варьирования	среднее±отклонение		пределы варьирования	среднее±отклонение	
		по сорту	по происхождению		по сорту	по происхождению
1	2	3	4	5	6	7
Вятка 2	5...10	7,7±1,5	7,9±0,3	82,6...89,6	86,1±1,5	81,1±1,9
Кировская 89	8...9	8,3±0,3		70,6...85,7	78,2±3,6	
Фаленская 4 – ст.	7...10	8,3±0,9		69,3...88,5	78,9±3,6	
Снежана	9...10	9,3±0,3		64,1...82,9	73,5±4,4	
Рушник	7...10	8,3±0,9		72,6...86,5	79,6±3,9	
Флора	6...8	7,0±0,6		84,2...93,0	88,6±1,4	
Графиня	7...7	7,0±0,1		81,7...83,2	82,5±0,8	

Окончание таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7
Крона	7...8	7,5±0,4	7,6±0,2	62,1...82,4	68,1±8,7	79,7±5,6
Альфа	8...8	8,0±0,1		69,3...80,6	75,5±3,3	
Татьяна	7...9	8,0±0,8		71,7...84,5	80,5±1,6	
Пурга	6...8	7,0±0,8		82,3...98,5	94,5±1,4	
Чулпан 7	7...8	7,0±0,4	7,4±0,2	64,2...86,0	87,0±2,3	77,5±1,9
Памяти Кунакбаева	6...9	7,7±0,9		62,3...78,3	70,3±3,0	
Популяция БС	6...8	7,5±0,8		67,1...81,3	75,3±2,2	
Пышма	7...8	7,5±0,4	7,5±0,1	62,7...70,5	59,5±4,7	74,6±6,7
Паром	6...9	7,3±0,9		78,2...79,6	78,9±0,7	
Исеть	7...9	7,7±0,7		84,9...85,7	85,3±0,4	
Безенчукская 87	6...10	7,3±1,3	7,9±0,3	81,9...88,0	84,9±3,1	81,9±1,0
Антарес	6...10	8,7±1,3		78,3...83,6	80,9±2,7	
Роксана	5...10	7,7±1,5		69,0...91,5	80,3±3,3	
Ольга	6...10	8,0±1,2		71,1...92,5	81,8±2,7	
Саратовская 5	7...8	7,0±0,1	7,1±0,1	80,1...85,6	81,6±2,2	75,9±6,0
Саратовская 6	7...8	7,5±0,4		61,2...68,9	57,9±2,4	
Саратовская 7	6...8	7,0±0,8		81,8...90,3	83,3±3,7	
Марусенька	6...8	7,0±0,8		82,9...85,1	81,1±3,6	
Эра	7...10	8,3±0,9	8,5±0,2	68,3...86,7	77,5±4,2	73,0±4,6
Волхова	7...9	8,7±0,7		63,8...72,9	68,4±4,6	
Татарская 1	7...9	8,3±0,7	7,8±0,1	63,4...66,0	64,7±1,3	77,9±2,8
Эстафета Татарстана	7...9	8,0±0,6		66,0...79,5	72,8±3,8	
Радонь	7...8	7,7±0,3		74,0...91,6	87,8±3,8	
Огонек	7...10	7,3±0,9		72,5...89,0	86,3±2,8	
НСР ₀₅		0,7			7,6	

В полевых условиях выделено 9 сортов озимой ржи (Флора, Графиня, Татьяна, Пурга, Безенчукская 87, Марусенька, Саратовская 5, Саратовская 7 и Огонек) с коротким и дружным цветением (рисунок 60).

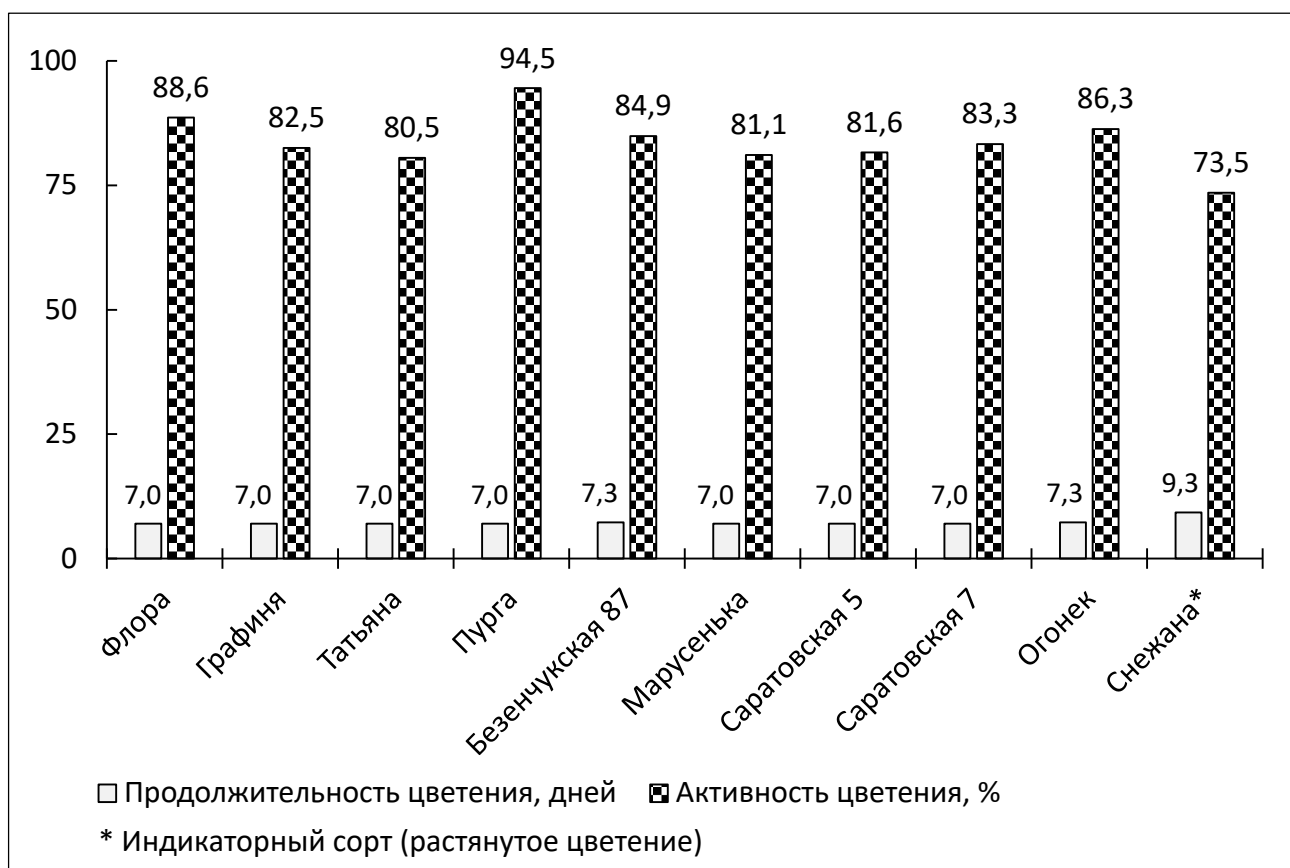


Рисунок 60 – Сорта ржи с коротким и активным цветением в полевых условиях

В лабораторных и полевых условиях по характеру цветения выявлено 11 сортов озимой ржи (Флора, Графиня, Пурга, Татьяна, Чулпан 7, Роксана, Саратовская 5, Саратовская 7, Марусенька, Радонь и Огонек), которые отличались коротким и активным цветением. У этих сортов за 3–4 дня отцветало от 80,3% до 94,5% цветков в колосе, при этом период этой фазы был непродолжительным (таблица 31). Активность цветения индикаторного сорта была существенно ниже и в лабораторном эксперименте составила в среднем 56,5%, а в поле – 57,9%.

Выявленные сорта озимой ржи можно рекомендовать в качестве источников для селекции на устойчивость к спорынье, а характер цветения использовать в качестве биомаркера при поиске иммунологически ценных форм.

Таблица 31 – Сорта озимой ржи с коротким и дружным цветением в лабораторных и полевых условиях, 2012–2014 гг., 2021 г.

Сорт	Учреждение-оригинатор	Продолжительность цветения, дней		Активность цветения, %	
		в лаборатории	в поле	в лаборатории	в поле
Флора	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока	4,7	7,0	94,5	88,6
Графиня		5,0	7,0	89,0	82,5
Татьяна	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»	4,5	7,0	94,3	80,5
Пурга		5,0	7,0	88,4	94,5
Чулпан 7	Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН	5,5	7,5	87,6	87,0
Роксана	Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН	5,0	7,7	88,1	80,3
Саратовская 5	ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»	3,5	7,0	90,7	81,6
Саратовская 7		5,3	7,0	82,9	83,3
Марусенька		6,0	7,0	86,1	81,1
Радонь	ФИЦ Казанский научный центр РАН	4,5	7,7	91,9	87,8
Огонек		5,0	7,3	89,1	86,3
Индикаторный сорт		8,0	10,0	56,5	57,9

Коэффициент корреляции (при $P \geq 0,95$) между продолжительностью и активностью цветения в полевом опыте составил: $r = -0,45$ (2012 г.), $r = -0,60$ (2013 г.), $r = -0,55$ (2014 г.), $r = -0,63$ (2021 г.), а между двумя экспериментами – $r = 0,75$ (продолжительность цветения) и $r = 0,69$ (активность цветения). Достоверность связей между этими признаками предполагает использование обоих при отборе сортов для селекции. Поскольку оба эксперимента демонстрируют высокую сопоставимость, то для получения информации об особенностях цветения конкретных сортов достаточно данных, полученных в любом из них.

В 2016–2018 гг. часть сортов озимой ржи, различающихся по характеру цветения, была инокулирована *S. purpurea* методом заражения цветка. Засоренность зерна склероциями после инокуляции варьировала от 2,2% (Флора) до 13,2% (Крона). Исследования показали, что сорта озимой ржи Флора, Графиня,

Татьяна, Чулпан 7 и Саратовская 5, характеризующиеся коротким и активным периодом цветения, обладают повышенной устойчивостью к поражению спорыньей. Засоренность зерна склероциями у этих сортов составила от 2,2% до 3,7% (таблица 32).

Таблица 32 – Характер цветения сортов озимой ржи и степень поражения их спорыньей при искусственной инокуляции

Сорт	Продолжительность цветения, дней	Активность цветения, %	Засоренность зерна склероциями, %
	среднее за 2012–2014 гг.		среднее за 2016–2018 гг.
Фаленская 4 – ст.	8,3	78,9	5,5
Флора	7,0	88,6	2,2
Чулпан 7	7,5	78,0	2,9
Саратовская 5	7,0	83,3	3,0
Графиня	7,0	82,5	3,5
Татьяна	8,0	80,5	3,7
Кировская 89	8,3	78,2	4,8
Памяти Кунакбаева	7,7	70,3	4,8
Паром	7,3	78,9	6,2
Марусенька	7,0	81,1	7,8
Безенчукская 87	7,3	84,9	8,1
Антарес	8,7	80,9	9,6
Популяция БС	7,0	75,3	10,2
Снежана	9,3	73,5	10,9
Крона	7,5	68,1	13,2

В ходе корреляционного анализа выявлена тесная (при $P \geq 0,95$) связь между: активностью цветения сортов и поражением их спорыньей ($r = -0,76$), продолжительностью цветения и поражением ($r = 0,82$), активностью цветения и засоренностью зерна склероциями ($r = -0,95$), продолжительностью цветения и засоренностью зерна склероциями ($r = 0,76$).

Таким образом, высокая сопоставимость результатов обоих экспериментов позволяет сделать вывод о достаточности данных, полученных в любом из них, для получения информации о характеристиках цветения конкретных сортов.

С учетом тесной связи между характером цветения и поражением спорыньей, можно рекомендовать выделенные сорта озимой ржи (Флора, Графиня, Татьяна, Чулпан 7 и Саратовская 5) в качестве источников устойчивости к спорынье для селекции, а характер цветения растений использовать в качестве биомаркера при поиске иммунологически ценных форм.

6.4 Анализ наследования устойчивости озимой ржи к спорынье

Изучению генетики устойчивости озимой ржи к грибным болезням посвящено незначительное количество работ, а по отношению к спорынье информация практически отсутствует. Подобные исследования сдерживаются гетерогенностью озимой ржи и сложной биологией гриба *S. purpurea*. Генофонд популяционной озимой ржи характеризуется в основном восприимчивостью к спорынье. Однако уровень признака и частота встречаемости непоражаемых биотипов в популяциях сортов значительно различаются, что свидетельствует о наследственной обусловленности и генетическом полиморфизме этих признаков [Miedaner T. et al., 2010a]. При этом комплексность и многофакторность условий среды в момент инокуляции и на последующих этапах патогенеза являются значимыми негенетическими факторами, влияющими на реакцию генотипа к возбудителю болезни.

В связи с отсутствием информации о механизмах передачи устойчивости к спорынье и необходимостью этих знаний для подбора родительских форм при гибридизации, было проведено изучение закономерностей наследования данного признака. Исследование выполнялось в условиях искусственной инокуляции завязи суспензией конидий *S. purpurea*. Для гибридизации были подобраны относительно контрастные по восприимчивости сорта, выделенные при искусственной инокуляции. Среди них наименее поражаемые – Флора, Графиня и

Популяция 41/08, восприимчивые – Снежана 2, Кипрез и Фаленская 4. Полученные реципрокные гибриды (F_1 и F_2) вместе с родительскими формами инокулировали в цветок суспензией конидий *S. purpurea*. Поражение спорыньей у гибридов изменялось от 0% до 23,3%; у родительских форм – от 0,8% до 9,5%. Отмечено отсутствие склеротий спорыньи у двух гибридов: Графиня х Снежана 2 и Флора х Фаленская 4. Однако обратные гибриды проявили восприимчивость к болезни. Невысокое поражение спорыньей (1,7%) отмечено у гибрида Фаленская 4 х Снежана 2. У обратного гибрида Снежана 2 х Фаленская 4 проявление болезни было наибольшим для опыта (23,3%).

При статистической обработке экспериментальных данных установлено, что значение показателя наследования (D) изменялось в пределах от -12,50 до +5,50, что свидетельствует о различных типах наследования устойчивости озимой ржи к спорынье в зависимости от состояния признака у родительских форм. У гибридов, полученных от скрещивания контрастных по устойчивости сортов, обнаружены все типы наследования: от сверхдоминирования (при показателе наследования 5,10; 5,50; 1,29) до депрессии признака (D : -12,5; -3,70; -11,0) (таблица 33). У трех гибридов (Графиня х Снежана 2, Фаленская 4 х Снежана 2 и Флора х Фаленская 4) отмечено сверхдоминирование при значениях D (показатель наследования): 5,10; 5,50; 1,29. Три гибрида (Снежана 2 х Фаленская 4, Популяция 41/08 х Кипрез, Кипрез х Популяция 41/08) проявили депрессию признака (D : -12,5; -3,70; -11,0); два (Снежана 2 х Графиня, Фаленская 4 х Флора) – промежуточное наследование при значениях D : 0,32 и 0,74. Выявлен также реципрокный эффект. Если в качестве материнской формы использованы более устойчивые сорта (Флора, Графиня и Популяция 41/08), то гибриды в меньшей степени поражались спорыньей, чем при скрещивании в обратном направлении.

Выявлено также наличие реципрокного эффекта. Если в качестве материнской формы использованы более устойчивые сорта (Флора, Графиня и Популяция 41/08), то и гибриды в меньшей степени поражались спорыньей,

чем при скрещивании в обратном направлении. Так, у гибрида Графиня х Снежана 2 отсутствовали склеротии при искусственной инокуляции *S. purpurea*, а степень доминирования устойчивости составила 5,10. У обратного гибрида Снежана 2 х Графиня поражение было на уровне 7,9%, а показатель доминирования – 0,32. Поражение спорыньей гибрида Фаленская 4 х Снежана 2 составило 1,7%, а обратного гибрида – 23,3%, то есть тип наследования устойчивости сменился со сверхдоминирования до депрессии признака.

Таблица 33 – Поражение спорыньей и характер наследования устойчивости при искусственной инокуляции, 2014 г.

Гибрид, родительская форма	Комбинация скрещиваний	Поражение, %	Показатель наследования, <i>D</i>
F ₁	Графиня х Снежана 2	0	5,10
	Снежана 2 х Графиня	7,9	0,32
P	Графиня	6,4	-
	Снежана 2	9,5	-
F ₁	Популяция 41/08 х Кипрез	2,2	-3,70
	Кипрез х Популяция 41/08	4,4	-11,0
P	Популяция 41/08	0,8	-
	Кипрез	1,4	-
F ₁	Фаленская 4 х Снежана 2	1,7	5,50
	Снежана 2 х Фаленская 4	23,3	-12,50
P	Фаленская 4	7,1	-
F ₁	Фаленская 4 х Флора	1,7	0,74
	Флора х Фаленская 4	0	1,29
P	Флора	0,9	-

Выявленное преобладание цитоплазмы в контроле устойчивости озимой ржи к спорынье очень важно для поиска родительских форм при скрещивании. Влияние отцовских компонентов на устойчивость гибридов значительно слабее

влияния материнских растений. При анализе двух гибридов второго поколения и их родительских форм выявлено, что фенотипическое расщепление устойчивых и восприимчивых форм приближалось в основном к менделеевским типам 15:1 и 63:1 (таблица 34). В первом случае признак контролируется двумя доминантными генами (Фаленская 4, Снежана 2, Снежана 2 х Флора), во втором – тремя (Флора, Фаленская 4 х Флора). У всех сортов отмечается дубликатное действие генов, которые не взаимодействуют друг с другом и контролируют устойчивость независимо.

Таблица 34 – Генетический контроль устойчивости озимой ржи к спорынье при искусственной инокуляции, 2015 г.

Сорт, гибрид (F ₂)	Пора- жение, %	Расщепление				χ^2	P	Характер взаимодействия генов
		факти- ческое		теорети- ческое				
		R	S	R	S			
Фаленская 4 х Флора	3,0	61	6	63	1	0,72	0,500– 0,250	Три дубликатных доминантных гена
Снежана 2 х Флора	5,1	56	3	15	1	0,13	0,750– 0,500	Два дубликатных доминантных гена
Флора	0,9	100	5	63	1	0,34	0,750– 0,500	Три дубликатных доминантных гена
Фаленская 4	7,1	128	12	15	1	1,27	0,250	Два дубликатных доминантных гена
Снежана 2	9,5	95	10	15	1	0,91	0,200– 0,100	Два дубликатных доминантных гена

Таким образом, исследования показали, что устойчивость озимой ржи к спорынье в основном определяется доминантными генами. Установлена цитоплазматическая детерминация и достоверный материнский эффект в наследовании устойчивости озимой ржи к спорынье. Устойчивость контролируется двумя или тремя доминантными генами. Выявленные особенности

генетического контроля устойчивости к спорынье могут быть положены в основу разработки концептуальной модели сорта озимой ржи с повышенной устойчивостью к данному заболеванию. Сорта, продемонстрировавшие наименьшую пораженность, представляют собой ценные источники устойчивости для селекционной работы.

Глава 7 СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

Оценивая перспективы селекции на устойчивость к спорынье, большинство авторов [Хазиев А.З., 2008с; Гончаренко А.А., 2009; Miedaner T., Geiger H.H., 2015; Пономарева М.Л. и др., 2019; Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021] справедливо отмечают крайнюю сложность этого направления селекции. Она обусловлена отсутствием доноров и эффективных источников устойчивости, сложной генетической природой признака и малой частотой генов устойчивости в генофонде озимой ржи и яровой пшеницы, недостаточной изученностью механизмов резистентности и высокой долей случайных (неконтролируемых) факторов в патогенезе. Кроме того, в патосистеме «рожь-спорынья» велика роль погодных условий в изменчивости признаков «поражение» (36,6%) и «засоренность зерна склероциями» (29,1%), а также случайных факторов (42,9% и 37,9% соответственно). Значительное влияние на патогенез неконтролируемых факторов ограничивает возможности классической селекции в данном направлении. Поэтому, как и в отношении других болезней, возбудителями которых являются неспециализированные патогены, селекция должна быть ориентирована на поиск непоражаемых генотипов, или с учетом уровня инфекционного фона, – форм с наименьшим количеством склероциев гриба *S. purpurea* и последующим включением их в селекционный процесс.

7.1 Основные методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье

На основании проведенных исследований разработаны методические положения по селекции на устойчивость к спорынье, которые содержат следующую последовательность селекционно-иммунологических работ (рисунки 61–62):

- создание искусственного инфекционного фона различными методами в зависимости от поставленных задач;

- скрининг исходного материала, выявление и рекуррентный отбор непоражаемых биотипов на инфекционном фоне *C. purpurea*;
- тестирование устойчивости и продуктивности полученных источников в условиях естественных эпифитотий или искусственного заражения;
- изучение наследования и генетического контроля для правильного подбора родительских форм;
- использование источников в селекции путем создания популяций на их основе;
- включение источников устойчивости в программу скрещиваний с лучшими сортами или их направленное переопыление.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНФЕКЦИОННОГО ФОНА

Состав и форма инокулюма

- патогенные штаммы гриба *S. purpurea*
- водная суспензия конидий и/или твердый инокулюм (склероции)

Способы инокуляции и дозы инокулюма

- опрыскивание растений в фазу массового цветения растений
- заsporение цветков при появлении зеленых пыльников
(концентрация – 5×10^5 конидий/мл; доза споровой суспензии – 50 мл/м²)
- заражение почвы путем осеннего внесения склероциев на глубину 2-4 см
(доза инокулюма 60 склероциев/м²)

Благоприятные абиотические условия для патогенеза

- выход склероциев из физиологического покоя – избыточное увлажнение
- заражение завязи аскоспорами и конидиями *S. purpurea* – температура, близкая к +20 °C

Рисунок 61 – Этап I: Моделирование провокационно-инфекционных условий для развития спорыньи

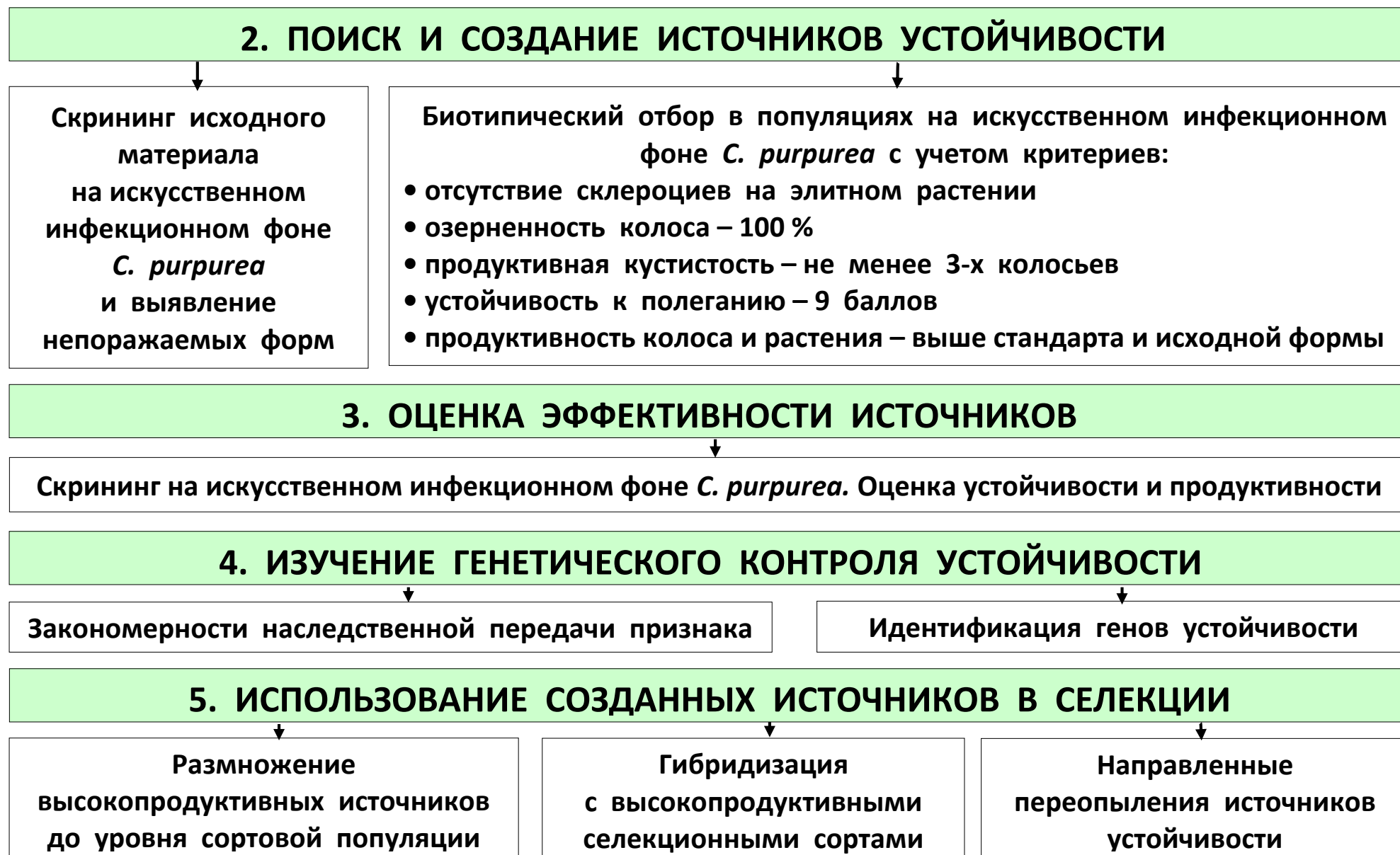


Рисунок 62 – Этап II: Основные селекционно-иммунологические работы по повышению устойчивости ржи к спорынье

7.2 Скрининг генофондов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea*

Уровень устойчивости к стрессу является генетически контролируемым и наследуемым фактором. Однако проявляется он только под влиянием экстремальных условий. Поэтому для диагностики устойчивости сорта необходимо наличие стрессовой биотической нагрузки [Гончарова Э.А., 2011]. Как отмечают многие исследователи [Miedaner T., Geiger Н.Н., 2015; Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., 2021; Урбан Э.П. и др., 2022], сорта включают отдельные непоражаемые спорыньей биотипы, которые могут быть использованы как доноры. Известно также (Miedaner T., 2010a), что генотипические различия у озимой ржи наиболее выражены по степени поражения спорыньей (засоренность зерна склероциями), чем по признаку «поражение» (распространение). Поэтому скрининг генофондов культур на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea* с целью выявления непоражаемых или слабопоражаемых форм озимой ржи и яровой пшеницы – важная задача в создании генисточников для селекции на устойчивость к спорынье.

За период с 2012 по 2023 гг. при искусственной инокуляции *S. purpurea* изучено более 700 сортов озимой ржи и около 200 – яровой мягкой пшеницы. Исходным материалом послужили новые сорта, популяции и линии селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, отечественные сорта, созданные в других НИУ РФ, а также коллекционные образцы ВИР (приложения 11–22).

Следует отметить, что подавляющее большинство исходного материала сильно восприимчиво к спорынье. Доля относительно устойчивых мала, а иммунные сорта у озимой ржи отсутствуют, у яровой пшеницы – единичны. К источникам устойчивости можно отнести сорта и новые популяции **озимой ржи** селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: Флора, Графиня, Рушник, Лика, Талица, Сармат, Симфония, Гармония, Перепел, Рада, Графит и Графит ФП. В естественных условиях развития *S. purpurea* растения поражались спорыньей на уровне 0,02–0,04%, а стандарт Фаленская 4 в среднем – 1,7%. На инфекционном

фоне *S. purpurea* можно говорить лишь об относительно меньшей восприимчивости к болезни. Среди них сорт Сармат, который в течение 3 лет изучения (2013–2015 гг.) на инфекционном фоне *S. purpurea* не поражался спорыньей. Однако при благоприятном для патогена сочетании погодных условий устойчивость сорта была снижена. Как мы уже отмечали в главе 4, усиление болезни возможно при избыточном увлажнении в период прорастания склероциев и среднесуточной температуре, близкой к +20°C в период заражения завязи. При искусственной инокуляции поражение спорыньей составило в среднем от 31,9% (Симфония) до 54,8% (Графит), что значительно меньше, чем у стандарта Фаленская 4 (56,7%). Степень поражения была существенно меньше других сортов и стандарта, о чем свидетельствует невысокая засоренность зерна склероциями – в среднем от 0,7% (Рушник) до 3,8% (Талица), у стандарта – 5,7%, у индикаторного сорта – 30,4% (таблица 35, приложение 23). Популяция Симфония создана с участием источников устойчивости, выделенных на инфекционном фоне *S. purpurea* и *Fusarium* spp. Показатели признаков у индикаторного сорта были в среднем 86,7% и 11,3% соответственно.

Таблица 35 – Наименее поражаемые спорыньей сорта озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока при искусственной инокуляции *S. purpurea*, 2016–2023 гг.

Сорт, популяция	Поражение, %		Засоренность зерна склероциями, %	
	пределы варьирования	среднее ± отклонение	пределы варьирования	среднее ± отклонение
1	2	3	4	5
Фаленская 4 – ст.	16,7...90,0	56,7±9,0	0,5...18,7	5,7±2,1
Симфония	19,5...44,7	31,9±4,8	0,5...2,1	1,3±0,3
Гармония	17,7...46,7	36,7±5,3	0,6...2,7	1,5±0,4
Сармат	31,8...42,9	38,5±3,4	0,4...1,9	1,3±0,5
Лика	14,1...72,9	38,7±5,2	0,5...3,1	1,7±0,6
Флора	21,1...56,3	40,9±5,8	0,4...2,4	1,5±0,3

1	2	3	4	5
Перепел	12,0...77,8	43,2±6,2	0,6...7,1	3,4±0,9
Рушник	15,0...50,0	43,8±5,6	0,3...1,1	0,7±0,2
Графиня	14,3...56,5	45,7±5,2	0,2...5,7	1,9±1,3
Графит ФП	20,8...76,9	47,5±7,1	0,6...3,8	1,4±0,8
Рада	14,2...80,0	47,8±5,2	0,3...8,9	3,0±1,9
Талица	19,6...88,0	48,5±8,9	0,5...9,4	3,8±1,7
Графит	25,7...80,8	54,8±7,9	0,8...7,9	3,6±1,0
Индикаторный сорт	67,2...100	86,7±3,8	5,7...30,4	11,3±2,1

Изучение популяций и сортов по урожайности и элементам структуры позволило выявить наиболее перспективные для селекционной работы. Наибольшая урожайность на инфекционном фоне *S. purpurea* получена у новой популяции Перепел (970,0 г/м²). Однако в среднем за годы исследований она составила 577,0 г/м², что свидетельствует о значительной нестабильности генотипа по этому признаку. Выделенные сорта характеризовались также высокой продуктивностью на инфекционном фоне *S. purpurea*, которая составила у сортов: Лика в среднем 669,0 г/м², Графиня – 639,0 г/м², Графит ФП – 628,0 г/м², Симфония – 605,0 г/м², Перепел и Флора – по 577,0 г/м², что достоверно выше стандарта Фаленская 4 (434,0 г/м², НСР₀₅=201,9) (таблица 36, приложения 24–25).

Таблица 36 – Характеристика наименее поражаемых сортов и популяций озимой ржи по урожайности на инфекционном фоне *S. purpurea*

Сорт, популяция	Урожайность, г/м ²		Масса зерна с растения, г		Масса 1000 зерен, г	
	пределы варьирования	среднее ± отклонение	пределы варьирования	среднее ± отклонение	пределы варьирования	среднее ± отклонение
1	2	3	4	5	6	7
Фаленская 4 – ст.	268,3...700,4	434,0±51,0	11,0...15,7	13,5±0,8	30,7...38,0	35,6±0,9
Симфония	424,1...890,3	605,0±91,0	12,6...14,4	13,5±0,4	34,9...40,2	37,6±1,7

Окончание таблицы 36

1	2	3	4	5	6	7
Гармония	406,0...792,4	572,0±77,0	11,0...15,6	13,3±1,5	33,2...39,9	36,6±2,1
Сармат	356,2...685,4	527,0±95,0	10,8...16,3	13,6±2,3	32,9...36,4	34,7±1,4
Лика	509,2...900,0	669,0±68,0	14,5...16,7	15,6±0,7	34,2...41,8	39,6±2,1
Флора	410,4...840,1	577,0±63,0	10,2...11,6	10,9±0,4	34,2...38,3	36,2±0,8
Перепел	321,4...970,0	577,0±99,0	9,6...12,3	11,0±0,7	31,2...41,7	34,9±1,8
Рушник	465,2...680,1	558,0±64,0	9,4...12,8	11,1±1,4	31,2...37,1	34,2±2,4
Графиня	469,4...899,1	639,0±95,0	12,4...15,5	13,9±1,1	36,6...36,8	36,7±0,1
Графит ФП	420,4...870,1	628,0±91,0	11,6...16,4	14,0±1,7	32,6...40,1	36,4±2,7
Рада	400,1...790,2	533,0±89,0	6,7...14,9	13,3±1,2	32,4...36,9	35,6±1,1
Талица	400,3...740,2	533,0±73,0	12,6...14,8	13,7±0,7	33,9...39,2	35,8±1,1
Графит	315,4...733,3	523,0±59,0	13,1...15,8	14,5±0,7	34,2...40,6	36,5±1,1
НСР ₀₅	-	201,9	-	1,5	-	2,6

Высокая продуктивность зерна с растения отмечена у сортов: Лика (15,6 г), Графит (14,5 г) и Графит ФП (14,0 г), Графиня (13,9 г) и Талица (13,7 г), что достоверно выше стандарта (13,5 г, НСР₀₅ = 1,5); по массе 1000 зерен выделяются Лика (39,6 г), Симфония (37,6 г), Графиня (36,7 г), Гармония (36,6 г), Графит ФП (36,4 г) и Флора (36,2 г), которые также превысили стандарт Фаленская 4 по крупности зерна (35,6 г, НСР₀₅ = 2,6) на инфекционном фоне.

У многих отечественных сортов озимой ржи из других НИУ РФ поражение спорыньей на инфекционном фоне *S. purpurea* достигало 100%. Наименьшее проявление болезни (засоренность зерна склеротциями – 3,2–11,9%) обнаружено у 7 сортов: Саратовская 7, Чусовая, Марусенька, Татьяна, Антарес, Московская 12 и Славия. Из них сорта селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская 7 и Марусенька) и ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Татьяна) характеризуются также коротким и дружным цветением растений.

Поражение спорыньей наиболее восприимчивого сорта в годы исследований составило от 67,2% до 100%, засоренность зерна склероциями – от 17,8% до 47,7% (таблица 37, приложение 26).

Таблица 37 – Наименее поражаемые спорыньей сорта озимой ржи из других НИУ РФ при искусственной инокуляции, 2016–2018, 2022–2023 гг.

Сорт	Учреждение-оригинатор	Поражение, %		Засоренность зерна склероциями, %	
		пределы варьирования	среднее±отклонение	пределы варьирования	среднее±отклонение
Фаленская 4 – ст.	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока	16,7...90,0	56,7±9,1	0,5...18,7	5,7±2,1
Саратовская 7	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока	16,7...60,0	33,2±6,6	0,3...18,2	8,6±1,6
Марусенька		13,1...71,7	42,8±4,7	0,5...13,2	9,6±1,6
Чусовая	Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН	16,7...40,0	33,4±8,8	0,2...2,7	3,2±0,6
Славия	Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха	40,0...74,1	57,1±7,1	1,5...8,1	4,8±1,3
Татьяна	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»	40,6...60,0	48,3±7,3	1,0...17,4	5,6±2,8
Московская 12		30,0...70,0	53,3±6,0	5,4...19,2	10,0±4,6
Антарес	Самарский НИИСХ – филиал ФГБНУ СамНЦ РАН	30,0...70,0	53,3±8,8	8,4...16,4	11,9±0,4
Индикаторный сорт		67,2...100	-	17,8...47,7	-

Урожайность их на инфекционном фоне *S. purpurea* варьировала в среднем от 310,0 г/м² до 539,0 г/м² (НСР₀₅ = 160,2), продуктивность растений – от 11,7 г до 14,7 г (НСР₀₅ = 1,5), крупность зерна – от 35,9 г до 42,4 г (НСР₀₅ = 4,5) (таблица 38, приложение 27). По урожайности они в большинстве своем были

на уровне или выше стандарта Фаленская 4. Из них сорта селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (Саратовская 7 и Марусенька) и ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Татьяна) характеризуются также коротким и дружным цветением растений, и урожайностью достоверно выше стандарта Фаленская 4. Сорта отличаются вместе с тем крупнозерностью и по массе 1000 зерен достоверно превышали стандарт.

Таблица 38 – Характеристика наименее поражаемых сортов ржи из других НИУ РФ по урожайности при искусственной инокуляции, 2015–2018, 2022–2023 гг.

Сорт	Масса зерна, г/м ²		Масса зерна с растения, г		Масса 1000 зерен, г	
	пределы варьирования	среднее ± отклонение	пределы варьирования	среднее ± отклонение	пределы варьирования	среднее ± отклонение
Фаленская 4 – ст.	268,0...700,0	434,0±50,0	11,0...15,7	13,5±0,8	30,7...38,0	35,6±0,9
Саратовская 7	191,4...900,0	510,0±58,0	11,2...16,3	14,7±1,7	41,8...42,7	42,4±0,3
Марусенька	177,3...900,0	539,0±62,0	10,4...13,9	12,2±1,1	38,2...41,8	41,2±0,7
Антарес	139,0...570,4	316,0±90,0	9,1...13,2	11,7±1,4	34,6...40,6	38,0±2,2
Татьяна	310,4...733,1	459,0±69,0	9,7...13,8	12,6±1,4	36,1...40,7	38,1±2,2
Московская 12	120,0...456,4	352,0±97,0	12,0...14,8	13,4±1,1	30,9...42,8	39,2±3,9
Чусовая	160,4...840,1	420,0±91,0	9,5...12,8	11,7±1,4	37,1...38,4	37,3±1,4
Славия	220,3...400,1	310,0±90,0	9,8...13,5	11,9±1,9	33,5...37,1	35,9±1,5
НСР ₀₅	-	160,2	-	1,5	-	4,5

В изученной коллекции озимой ржи генетических ресурсов растений ВИР, которая используется в качестве основы для селекции различных сельскохозяйственных культур [Сафонова И.В. и др., 2019], также не обнаружено образцов с высокой устойчивостью к спорынье. Поражение спорыньей на инфекционном фоне *S. purpurea* варьировало в значительных пределах – от 5,8% (Подарок НП) до 100% (Беняконская 2). Наименее восприимчивыми к болезни

(поражение – 5,8–25,0%; засоренность зерна склероциями – 0,3–2,4%) являются 8 образцов: Подарок НП, Чулпан 2, Тринодис 4 Минвак-139/09 НП, Красноярская универсальная НП, Россиянка 2, Вавиловская НП, Таловская 2 и Новая Эра НП (таблица 39). В коллекционном питомнике поражение спорыньей стандарта Фаленская 4 составило 40,7%, засоренность зерна склероциями – 3,5%.

Продуктивность коллекционных образцов варьировала от 33,0 г/м² до 645,0 г/м² при значении этого показателя у стандарта – 396,0 г/м². Среди них только низкопентозановой образец Подарок НП характеризовался наилучшими показателями: поражение – 5,8%, засоренность зерна склероциями – 0,3% при наиболее высокой для генофонда урожайности – 538,0 г/м². Пять образцов (Новая Эра НП, Тринодис 4 Минвак-139/09 НП, Красноярская универсальная НП, Россиянка 2 и Вавиловская НП) также превышали стандарт Фаленская 4 по урожайности на инфекционном фоне *S. purpurea*.

Таблица 39 – Наименее поражаемые спорыньей коллекционные образцы озимой ржи при искусственной инокуляции, 2019–2021 гг.

№ каталога ВИР	Сорт	Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Урожайность, г/м ²
14857	Фаленская 4 – ст.	40,7	3,5	396,0
11816	Подарок НП	5,8	0,3	538,0
11677	Чулпан 2	14,2	0,6	285,0
11856	Тринодис 4 Минвак-139/09 НП	16,6	0,6	469,0
11818	Красноярская универсальная НП	18,7	0,8	453,0
11671	Россиянка 2	17,6	0,9	425,0
11819	Вавиловская НП	15,3	1,0	405,0
11674	Таловская 2	25,0	1,9	327,0
11814	Новая Эра НП	25,0	2,4	494,0
	Индикаторный сорт	100	37,0	23,0
	НСР ₀₅	-		87,2

Исследования показали, что среди сортов озимой ржи, обладающих меньшей восприимчивостью к спорынье, значительное количество представлено низкопентозановыми формами (НП). С 2016 года в Российской Федерации допущены к использованию и включены в Государственный реестр селекционных достижений шесть сортов: Вавиловская НП, Берегиня НП, Подарок НП, Янтарная НП, Красноярская универсальная НП и Новая Эра НП с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне.

В исследованиях В.Д. Кобылянского и О.В. Солодухиной [2021] установлено, что при одинаковом уровне инфекционной нагрузки гриба *S. purpurea*, растения с высоким содержанием пентозанов поражаются спорыньей сильнее, чем растения с низким содержанием. На колосьях высокопентозановой ржи формировались полноценные склероции размером от 15,9 мм до 23,6 мм в длину и от 2,7 мм до 3,8 мм в ширину, а на колосьях низкопентозановой ржи встречались мелкие и слаборазвитые склероции с длиной от 10,4 мм до 11,4 мм и шириной от 1,8 мм до 1,9 мм. Низкопентозановые сорта характеризуются высокой урожайностью зерна, которая в исследованиях авторов составила от 713,0 г/м² до 856,0 г/м², повышенной массой 1000 зерен и увеличенным содержанием белка в зерне – от 8,6% до 13,9%. Авторы полагают, что выведение сортов озимой ржи, характеризующихся низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне, тесно связано с селекцией на устойчивость к *S. purpurea*.

В наших исследованиях обнаружена меньшая восприимчивость к спорынье у низкопентозановых форм озимой ржи по сравнению с высокопентозановыми. Поражение низкопентозановой группы образцов составила в среднем – 27,1%, засоренность зерна склероциями – 1,6%, у высокопентозановой – 53,5% и 6,4% соответственно (рисунок 63, таблица 40). Наши данные согласуются с исследованиями В.Д. Кобылянского и О.В. Солодухиной [2021], которые отмечали, что при одинаковом уровне инфекционной нагрузки гриба *S. purpurea* средняя пораженность спорыньей растений высокопентозанового сорта Новая Эра составила 48,5%, а низкопентозанового сорта Новая Эра НП – 18,1%.

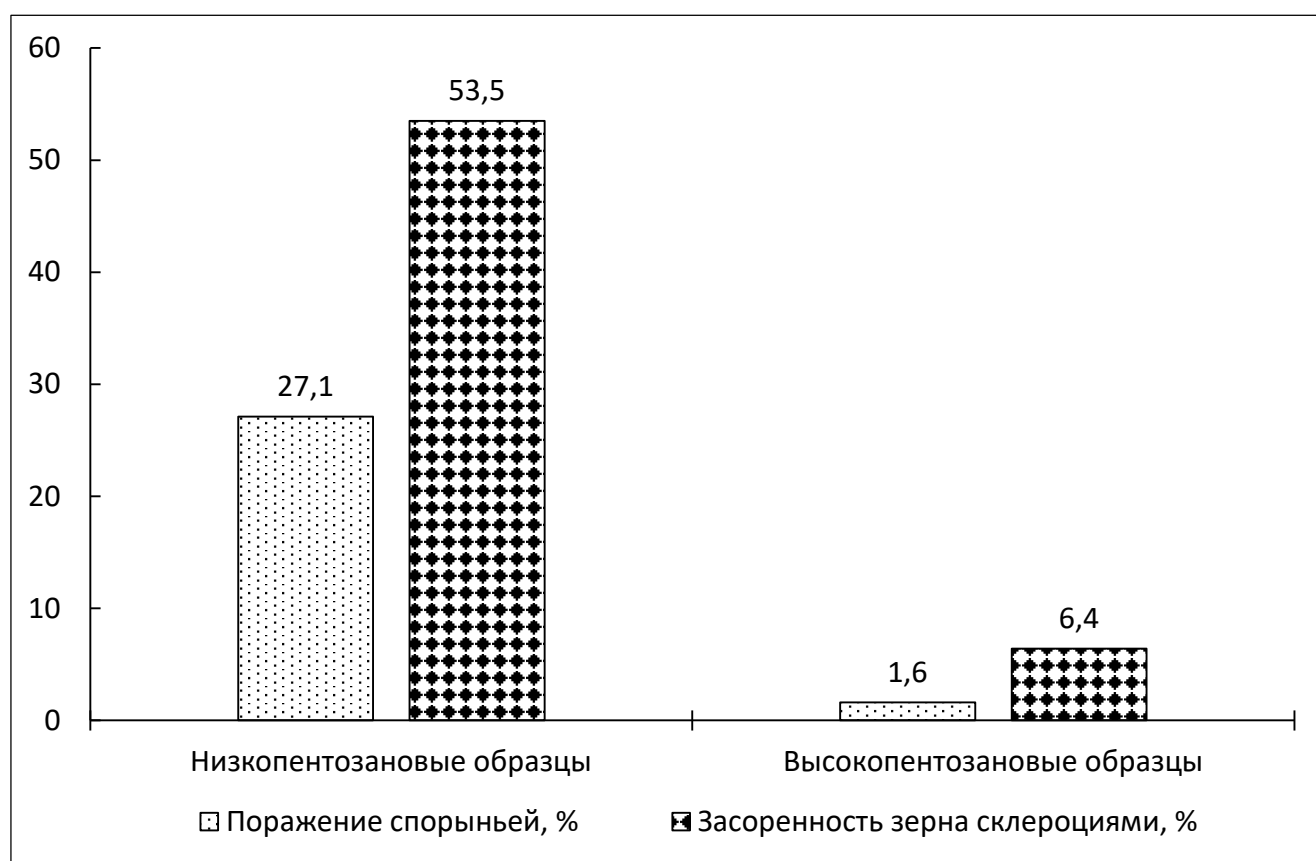


Рисунок 63 – Проявление спорыньи у образцов озимой ржи с разным содержанием пентозанов (в среднем по группам, %)

Таблица 40 – Характер проявления спорыньи у низкопентозановых и высокопентозановых форм озимой ржи

Признак	Низкопентозановые формы	Высокопентозановые формы
	пределы варьирования	
Поражение, %	5,8...41,1	14,2...100
Засоренность зерна склероциями, %	0,3...3,0	0,6...37,0

С учетом высокой урожайности низкопентозановых форм, данное обстоятельство может быть использовано в селекции сортов озимой ржи для кормового использования. Выявленные наименее поражаемые коллекционные образцы могут быть использованы в качестве источников в программах по повышению устойчивости озимой ржи к спорынье.

Среди сортов **яровой мягкой пшеницы** только новый сорт Традиция селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока не поражен спорыньей в течение 3 лет изучения (2019–2021 гг.) на инфекционном фоне *S. purpurea*. В 2022 г. сорт яровой мягкой пшеницы Традиция передан и проходит государственное испытание. Поражение спорыньей других сортов изменялось от 0,2% до 21,7%, коллекционных образцов – от 0,2% до 13,9%. В таблице 41 представлены наименее поражаемые коллекционные образцы. Следует отметить перспективность селекционной линии С-65, поражение которой на инфекционном фоне было в диапазоне от 0,3% до 1,9%, при значении этого показателя у стандарта Маргарита – 3,2% и Баженка – 7,4%, индикаторного сорта – 21,7%. Среди коллекционного материала наименее поражаемыми являются: Тулайковская Надежда (0,2–1,3%), Кайыр (0,2–1,3%), Ul Alta Blanca (1,5–1,6%), Новосибирская 18 (0–2,0%) и Epos (0,2–2,1%). Значение этого показателя у индикаторного сорта – 13,9%.

Таблица 41 – Наименее поражаемые спорыньей образцы яровой пшеницы при искусственной инокуляции, 2019–2021 гг.

№ каталога ВИР	Сорт, линия	Происхождение	Поражение, %
1	2	3	4
<i>Сорта и линии селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока</i>			
64851	Маргарита – ст.	РФ, Ульяновская обл.	0,2...3,2
64780	Баженка – ст.	РФ, Кировская обл.	0,4...7,4
-	Традиция	РФ, Кировская обл.	0
-	С-65	РФ, Кировская обл.	0,3...1,9
-	С-84	РФ, Кировская обл.	0,8...5,1
-	Т-38	РФ, Кировская обл.	0,9...7,8
-	У-28	РФ, Кировская обл.	0,6...4,7
-	Т-123	РФ, Кировская обл.	0,4...5,6
-	У-112	РФ, Кировская обл.	0,6...5,6
-	У-163	РФ, Кировская обл.	0,9...7,3
Индикаторный сорт			2,9...21,7

Окончание таблицы 41

1	2	3	4
<i>Сорта коллекции ВИР</i>			
65820	Новосибирская 18	РФ, Новосибирская обл.	0
65826	Оренбургская 23	РФ, Оренбургская обл.	1,4...3,7
65827	Тулайковская Надежда	РФ, Самарская обл.	0,2...1,3
65825	Кайыр	Казахстан	0,2...1,3
65800	Amaretto	Германия	0,2...3,8
65801	Epos	Германия	0,2...2,1
65807	Ul Alta Blanca	США	1,5...1,6
65811	Long Chun 7	Китай	1,3...6,1
Индикаторный сорт			5,0...13,9

Таким образом, при скрининге коллекционных и селекционных генофондов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea* обнаружена крайне слабая частота встречаемости (не более 5–6%) устойчивого к спорынье исходного материала. Тем не менее, в качестве источников устойчивости могут быть использованы два иммунных сорта яровой мягкой пшеницы (Традиция и Новосибирская 18) и 11 (С-65, У-80, У-28, С-84, Т-123, Темп, Тулайковская Надежда, Epos, Самгау, Кайыр и Ul Alta Blanca) – относительно устойчивых с поражением не более 5,2% и засоренностью зерна склероциями не более 0,3%; у озимой ржи иммунные формы отсутствовали, а относительно устойчивыми являются сорта: Флора, Графиня, Рушник, Рада, Лика, Батист, Талица, Перепел, Симфония, Гармония, Графит, Графит ФП, Сармат, Саратовская 7, Чусовая, Марусенька, Татьяна, Антарес, Московская 12, Славия, Подарок НП, Чулпан 2, Россиянка 2, Тринодис 4 Минвак-139/09 НП, Вавиловская НП, Красноярская универсальная НП и некоторые другие. Степень поражения (засоренность зерна склероциями) большинства из них на инфекционном фоне *S. purpurea* варьировала от 0,3% до 1,4%.

В связи с этим, на текущем этапе селекционная стратегия в отношении данной болезни должна быть направлена на выявление устойчивых форм и внутривидовой рекуррентный отбор непоражаемых биотипов на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea* с целью их использования в селекционной работе в качестве источников устойчивости.

7.3 Эффективность отборов на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea*

В исследуемом генофонде озимой ржи выявлено генетическое разнообразие по признаку «поражение». Это позволило проводить биотические отборы на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea*, что способствовало накоплению генов устойчивости в селектируемых популяциях.

Неодинаковая степень улучшающего отбора, вероятно, связана со структурной неоднородностью исходного материала по количеству устойчивых генотипов. Поэтому количество циклов отборов зависит от степени устойчивости исходного материала к спорынье и уровня генетической однородности по компонентам восприимчивости: поражение и засоренность зерна склеротиями.

Критериями отбора являлись следующие признаки и их уровень: отсутствие склеротиев на элитном растении; продуктивная кустистость – не менее 3 колосьев; озерненность колоса – 100%; устойчивость к полеганию – 9 баллов; продуктивность колоса и растения – выше стандарта и исходной формы. Кроме того, обращали внимание и на другие грибные болезни (снежная плесень, фузариоз колоса, бурая и стеблевая ржавчина), которые не менее вредоносны в Северо-Восточном регионе Нечерноземья России. У отобранных биотипов отсутствовали симптомы этих болезней, либо их развитие было очень слабым.

За период с 2009 по 2023 гг. на моновидовых или смешанных искусственных инфекционных фонах *S. purpurea*, *M. nivale*, *F. culmorum* отобрано более 10 000 элитных растений озимой ржи. Индивидуальный отбор на инфекционных фонах

в этих условиях прошли 8 сортов: Графиня, Рада, Графит, Флора, Кипрез, Триумф, Московская 12 и Татьяна. Новый исходный материал включен в селекционный процесс лаборатории селекции озимой ржи ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Проведено изучение его по комплексу селекционно-ценных признаков (зимостойкость, продуктивность, устойчивость к полеганию и болезням и другие) и жесткая браковка форм с низкими показателями.

На основе разработанных нами методических положений и совместно с лабораторией селекции озимой ржи создано 10 новых популяций озимой ржи (таблица 42), которые в настоящее время находятся на различных этапах селекционного процесса. Они получены с участием источников устойчивости, отобранных на отдельных изолированных или комбинированных инфекционных фонах по спорынье, снежной плесени и фузариозу колоса. Большинство новых популяций озимой ржи характеризуются меньшей восприимчивостью к спорынье, чем у исходных форм, поскольку на всех инфекционных фонах отбирали биотипы, не имеющие склеротий.

В результате многолетнего изучения выявлено, что лишь в нескольких популяциях отбор по устойчивости к спорынье и другим болезням был достаточно успешным. Ряд из них, по разным причинам (низкая зимостойкость и урожайность, полегание), был выбракован в начале селекционного изучения. К конкурсному сортоиспытанию были допущены пять перспективных популяций озимой ржи: ФК 7/10-12, Перепел, Графит ФП, Гармония и Симфония.

За 3 года изучения (2013–2015 гг.) наиболее успешным стало создание популяции **ФК 7/10-12** с использованием комплексно устойчивых биотипов сорта Графиня. Поражение спорыньей на инфекционном фоне было от 1,6% до 4,4% (в среднем 2,2%); засоренность зерна склеротиями – от 0,02% до 0,06% (в среднем 0,04%). У исходной формы поражение было от 1,9% до 6,4% (в среднем 4,2%); засоренность зерна склеротиями – от 0,04 до 0,21% (в среднем 0,14%) (таблица 43).

В питомнике конкурсного испытания урожайность популяции ФК 7/10-12 составила от 5,22 т/га до 5,67 т/га (в среднем 5,39 т/га), что достоверно превысило стандарт Фаленская 4 на 0,40–1,08 т/га. Урожайность стандарта Фаленская 4 –

от 5,22 т/га до 5,67 т/га (в среднем 5,39 т/га) (таблицы 44–45). Однако повторный отбор по схеме Графиня → ФК 7/10-12 → Графит продемонстрировал меньшую эффективность, предположительно из-за генетического ухудшения в результате внутрисортного отбора. Степень поражения популяции Графит увеличилась от 0,8% до 7,9% (в среднем до 3,6%).

Таблица 42 – Популяции озимой ржи, созданные с использованием источников устойчивости к грибным болезням, 2012–2018 гг.

Популяция	Год создания	Отборы на инфекционном фоне	Исходная форма
ФК 7/10-12	2012	Снежная плесень, фузариоз колоса, спорынья	Графиня
Графит	2014	Фузариоз колоса, спорынья	Графиня
Грация 8/13-15	2015	Фузариоз колоса, спорынья	Графиня
Триумф ФП	2015	Фузариоз колоса, спорынья	Триумф
Перепел	2015	Фузариоз колоса, спорынья	Рада, Московская 12, Графиня (свободно-ограниченное переопыление)
Графиня ФП	2016	Фузариоз колоса, спорынья	Графиня
Кипрез ФП	2017	Фузариоз колоса, спорынья	Кипрез
Графит ФП	2017	Фузариоз колоса, спорынья	Графит
Гармония	2018	Фузариоз колоса, спорынья	Графиня, Рада, Московская 12 (свободно-ограниченное переопыление)
Симфония	2018	Спорынья	Рада, Татьяна, Флора (свободно-ограниченное переопыление)

Популяция **Графит ФП** (2021–2023 гг.) создана в результате отбора непоражаемых спорыньей и высокопродуктивных элитных растений из популяции Графит. Поражение изменялось от 20,8% до 76,9% (в среднем 47,5%), засоренность зерна склероциями – от 0,6% до 3,8% при среднем значении 1,4%, что значительно ниже, чем у исходной формы (3,6%).

В питомнике конкурсного испытания урожайность популяции Графит ФП составила от 4,61 т/га до 4,74 т/га (в среднем 4,68 т/га), что на уровне стандарта Фаленская 4 (4,74 т/га).

Популяция **Перепел** (2017–2023 гг.) сформирована в результате отбора непоражаемых спорыньей и высокопродуктивных элитных растений в питомнике направленного переопыления трех сортов: Рада, Московская 12 и Графиня. Популяция характеризуется меньшей, чем у исходных форм, поражением спорыньей от 12,0% до 77,8% при среднем значении 43,2%, в то время как у исходных форм этот показатель составил в среднем 48,9%. Засоренность зерна склероциями варьировала от 0,6% до 7,1% при среднем значении 3,4%, что ниже, чем у исходных форм.

В питомнике конкурсного испытания за годы исследований урожайность популяции Перепел была от 4,23 т/га до 6,55 т/га (в среднем 5,18 т/га), что на уровне стандарта Фаленская 4 (5,33 т/га).

Популяция **Гармония** (2019–2023 гг.) получена с использованием источников устойчивости к спорынье и фузариозу колоса, выделенных на фоне смешанной инфекции *S. purpurea* и *Fusarium* spp. при свободно-ограниченном опылении сортов Рада, Московская 12 и Графиня. Поражение спорыньей изменялось от 17,7% до 46,7%, засоренность зерна склероциями – от 0,6% до 2,7% при среднем значении 36,7% и 1,5% соответственно, что существенно ниже исходных форм (в среднем 48,9% и 5,0% соответственно).

В питомнике конкурсного испытания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока урожайность популяции Гармония была в среднем 4,38 т/га, что существенно ниже стандарта – 5,15 т/га. На Фаленской селекционной станции в 2021 г. урожайность ее составила 3,03 т/га, что существенно выше стандарта на 0,43 т/га ($НСР_{05} = 0,24$).

Таблица 43 – Характеристика новых популяций озимой ржи по восприимчивости к спорынье (инфекционный фон *S. purpurea*)

Популяция	Пределы варьирова- ния	Среднее	Годы изучен ия	Исходная форма	Пределы варьирова- ния	Среднее	Годы изучен ия
Поражение спорыньей, %							
ФК 7/10-12	1,6...4,4	2,2	2013– 2015	Графиня	1,9...6,4	4,2	2013– 2015
Графит ФП	20,8...76,9	47,5	2021– 2023	Графит	25,7...80,8	54,8	2017– 2022
Перепел	12,0...77,8	43,2	2017– 2023	Рада	14,2...80,0	47,8	2017– 2022
				Московская 12	30,0...70,0	53,3	
				Графиня	14,3...56,5	45,7	
				в среднем по сортам		48,9	
Гармония	17,7...46,7	36,7	2019– 2023	Рада	14,2...80,0	47,8	2017– 2022
				Московская 12	30,0...70,0	53,3	
				Графиня	14,3...56,5	45,7	
				в среднем по сортам		48,9	
Симфония	19,5...44,7	31,9	2019– 2023	Рада	14,2...80,0	47,8	2017– 2022
				Татьяна	40,6...60,0	48,3	
				Флора	21,1...56,3	40,9	
				в среднем по сортам		45,7	
Засоренность зерна склероциями, %							
ФК 7/10-12	0,02...0,06	0,04	2013– 2015	Графиня	0,04...0,21	0,14	2013– 2015
Графит ФП	0,6...3,8	1,4	2021– 2023	Графит	0,8...7,9	3,6	2017– 2022
Перепел	0,6...7,1	3,4	2017– 2023	Рада	0,3...8,9	3,0	2017– 2022
				Московская 12	5,4...19,2	10,0	
				Графиня	0,2...5,7	2,0	
				в среднем по сортам		5,0	
Гармония	0,6...2,7	1,5	2019– 2023	Рада	0,3...8,9	3,0	2017– 2022
				Московская 12	5,4...19,2	10,0	
				Графиня	0,2...5,7	2,0	
				в среднем по сортам		5,0	
Симфония	0,5...2,1	1,3	2019– 2023	Рада	0,3...8,9	3,0	2017– 2022
				Татьяна	1,0...17,4	5,6	
				Флора	0,4...2,4	1,5	
				в среднем по сортам		3,4	

Таблица 44 – Урожайность новых сортов и перспективных популяций озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в питомнике конкурсного испытания, 2019–2023 гг.

Год исследований									
2019		2020		2021		2022		2023	
Сорт, популяция	Урожайность, т/га	Сорт, популяция	Урожайность, т/га	Сорт, популяция	Урожайность, т/га	Сорт, популяция	Урожайность, т/га	Сорт, популяция	Урожайность, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Батист	5,73	Графиня	4,00	Снежана	4,22	Снежана	4,08	Батист	5,53
Симфония	6,49	Симфония	3,83			Симфония	4,78		
Гармония	5,43			Гармония	4,08	Гармония	3,62	Рушник КЗ	4,82
Перепел	6,55			Перепел	4,23			Перепел	4,77
		Графит	3,65			Румба КЗ	5,04		
		Рушник	3,02			Графит ФП	4,61	Графит ФП	4,74
						Рада	4,87	Рушник	5,09
		Садко	3,54			Садко	4,69	Садко	5,43

Окончание таблицы 44

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Фаленская 4 КЗ	4,89	Фаленская 4 КЗ	-
						Кипрез	4,27	Кипрез	5,03
								Сармат	4,64
Графиня	6,55	Графиня	4,00	Графиня	4,67	Графиня	5,47	Графиня	5,49
Флора	6,69	Флора	2,98	Флора	4,19	Флора	4,40	Флора	4,94
Лика	7,15	Лика	3,73	Лика	4,61	Лика	5,16	Лика	5,44
Талица	6,53	Талица	3,86	Талица	4,61	Талица	5,18	Талица	4,11
Фаленская 4 – ст.	6,50	Фаленская 4 – ст.	3,13	Фаленская 4 – ст.	4,49	Фаленская 4 – ст.	4,47	Фаленская 4 – ст.	5,01
НСР ₀₅	0,41	-	0,27	-	0,34	-	0,45	-	0,41

Таблица. 45 – Урожайность (т/га) новых популяций озимой ржи в питомнике конкурсного испытания

Популяция, год изучения	По годам и средняя							
	у популяции				у стандарта Фаленская 4			
ФК 7/10-12 (2013–2015 гг.)	5,22	5,29	5,67	5,39±0,14	4,82	4,35	4,59	4,58±0,14
НСР ₀₅	0,25	0,64	0,38	-				
Графит ФП (2022–2023 гг.)	4,61	4,74	-	4,68±0,06	4,47	5,01	-	4,74±0,27
НСР ₀₅	0,45	0,41	-	-				
Перепел (2019, 2021, 2023 гг.)	6,55	4,23	4,77	5,18±0,18	6,50	4,49	5,01	5,33±0,45
НСР ₀₅	0,41	0,34	0,41	-				
Гармония (2019 г., 2021–2022 гг.)	5,43	4,08	3,62	4,38±0,54	6,50	4,49	4,47	5,15±0,67
НСР ₀₅	0,41	0,34	0,45	-				
Симфония (2019–2020 гг., 2022 гг.)	6,49	3,83	4,78	5,03±0,39	6,50	3,13	4,47	4,70±0,98
НСР ₀₅	0,41	0,27	0,45	-				

Популяция **Симфония** (2019–2023 гг.) создана на основе источников, отобранных на инфекционном фоне *S. purpurea* в питомнике переопыления сортов Рада, Татьяна и Флора. Характеризуется меньшей восприимчивостью к болезни, чем исходные формы. Поражение спорыньей варьировало в пределах от 19,5% до 44,7% (в среднем 31,9%); засоренность зерна склероциями – от 0,5% до 2,1% (в среднем 1,3%), что ниже, чем у исходных форм – от 40,9% до 48,3% (в среднем 45,7%); засоренность зерна склероциями – от 0,3% до 17,4% (в среднем 3,4%).

Урожайность популяции Симфония составила от 3,83 т/га до 6,49 т/га (в среднем 5,03 т/га). В засушливых условиях 2020 года урожайность популяции Симфония составила 3,83 т/га, что достоверно выше стандарта Фаленская 4 на 0,70 т/га (НСР₀₅ = 0,27); в другие годы – на его уровне.

Глава 8 ХАРАКТЕРИСКА НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

8.1 Характеристика новых популяций озимой ржи по устойчивости к другим болезням и элементам структуры урожайности

На территории Северо-Восточного региона Нечерноземья России на посевах озимой ржи практически ежегодно диагностируются и другие не менее вредоносные болезни: снежная плесень, корневые гнили, фузариоз колоса, бурая и стеблевая ржавчина, мучнистая роса (рисунок 64). Периодически та или иная болезнь достигает эпифитотийного уровня развития [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2020, 2022, 2025; Shchekleina L.M., Sheshegova T.K., 2024; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., Уткина Е.И., 2024]. Так, экономически значимое проявление снежной плесени отмечается с частотой 9–10 раз за 10 лет, корневых гнилей – 3–5 раз, фузариоза колоса – 3–4 раза, мучнистой росы – 4–5 раз, бурой – 5–7 раз и стеблевой ржавчины – 3–4 раза [Кедрова Л.И., 2000; Щеклеина Л.М., 2002]. Болезни, поражающие вегетативные органы растений, вызывают нарушение физиологических процессов на клеточном уровне. Это приводит к ослаблению роста и развития как надземной, так и корневой части растений, что в конечном итоге снижает урожайность. Кроме того, такие заболевания обуславливают косвенные потери, негативно сказываясь на зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию, всхожести семян, содержании белка в зерне и его качестве.

В целях выявления исходного материала с различными типами неспецифической устойчивости к грибным болезням, включая те, которые характеризуются длительным инкубационным периодом и постепенным развитием инфекции, новые популяции озимой ржи были оценены в динамике развития основных грибных болезней (мучнистая роса, бурая ржавчина и стеблевая ржавчина) в регионе. Оценка проводилась с момента появления первых признаков поражения той или иной болезнью с интервалом в 10–12 дней.

БОЛЕЗНИ ОЗИМОЙ РЖИ

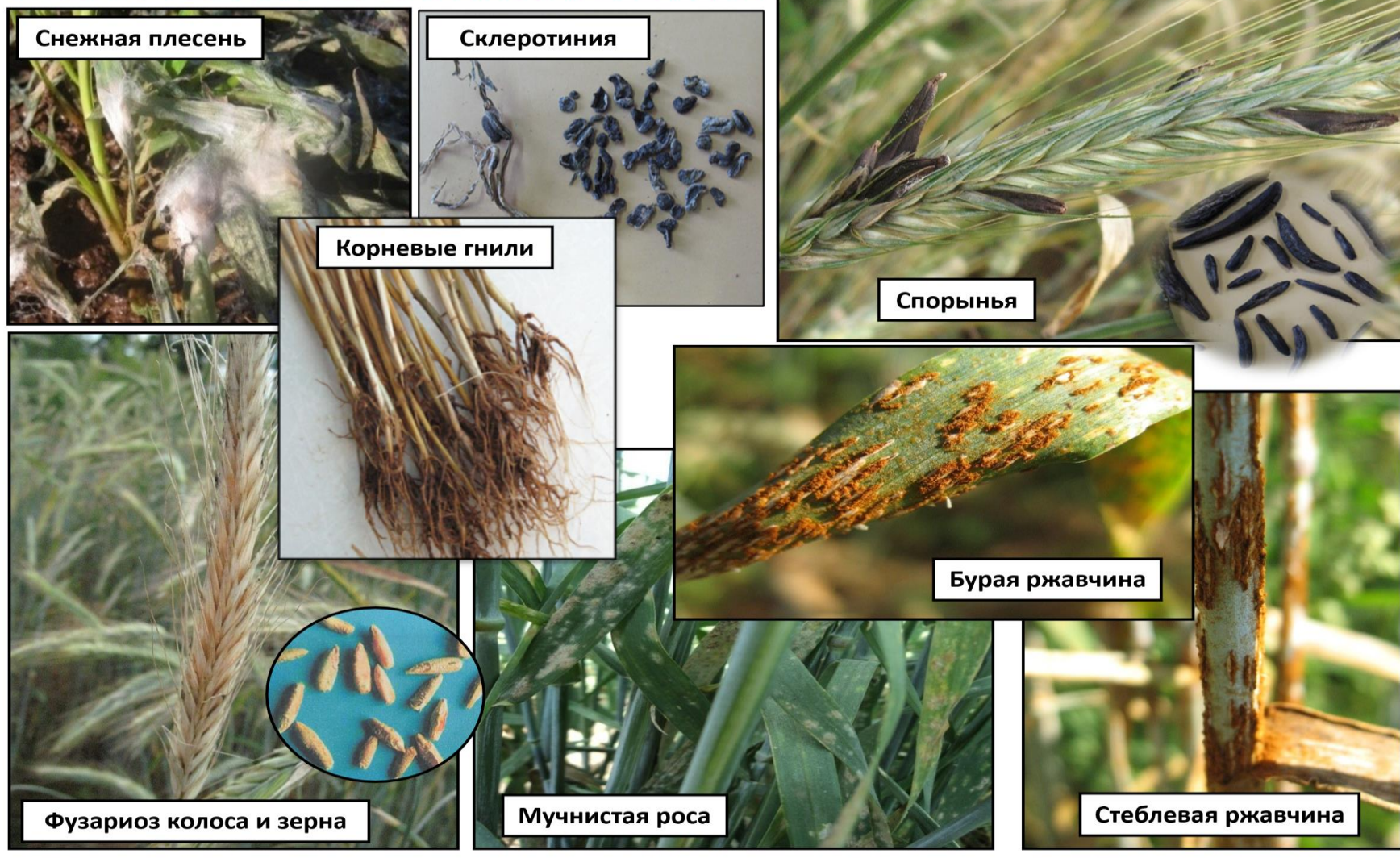


Рисунок 64 – Основные грибные болезни озимой ржи на Северо-Востоке Нечерноземья России

Такой мониторинг позволяет прогнозировать раннее развитие эпифитотий и идентифицировать образцы, восприимчивые на начальных стадиях развития, а также формы с медленным нарастанием грибной инфекции [Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., Уткина Е.И., 2021; Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2023б]. По мнению академика А.А. Жученко [2009], такие исследования особенно важны для культур с длительным периодом сортообновления, к которым относится рожь.

В годы проведения исследований в результате фитопатологического мониторинга были диагностированы пять болезней грибной этиологии. Это: снежная плесень, корневые гнили, мучнистая роса, бурая и стеблевая ржавчина (Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., 2019, 2020, 2024; Щеклеина Л.М., 2025а, 2025б]. Исследования выявили значительное разнообразие генетического материала озимой ржи по восприимчивости к этим болезням.

Установлено, что новые популяции проявляют сильную выносливость к снежной плесени – основной болезни озимой ржи в Северо-Восточном регионе Нечерноземья России. В провокационно-инфекционных условиях отрастание растений после поражения снежной плесенью составило в среднем от 66,7% до 81,3%, у стандарта Фаленская 4 – 75,0% (таблица 46). Наибольшая степень отрастания была у новой популяции Перепел (81,3%).

Высокая зимостойкость является одним из основных условий, характеризующих уровень адаптации сорта и возможность возделывания в условиях Волго-Вятского региона и Кировской области. Под зимостойкостью понимается способность противостоять комплексу неблагоприятных факторов (выпревание, поражение фитопатогенным грибом – *Microdochium nivale*, вымерзание, вымокание, выпирание узла кущения, воздействие ледяной корки и другие). В условиях Кировской области зимостойкость определяется в первую очередь степенью поражения растений озимой ржи снежной плесенью (практически ежегодное поражение которой составляет 80–100%) и способностью к отрастанию весной после схода снега. Зимостойкость была очень высокой и составила от 8,1 балла до 8,7 балла (таблица 46). Оценка новых популяций по зимостойкости как комплексному показателю устойчивости к неблагоприятным

факторам перезимовки позволила выделить популяцию Симфония с зимостойкостью на уровне стандарта Фаленская 4 (8,6 балла). У индикаторного (восприимчивого) сорта поражение снежной плесенью составило 60,0%, отрастание – 45,0% и зимостойкость – 6,3 балла.

Таблица 46 – Развитие снежной плесени и зимостойкость на новых популяциях озимой ржи на провокационно-инфекционных фонах, 2021–2023 гг.

Сорт, популяция	Снежная плесень		Зимостойкость, балл
	поражение, %	отрастание, %	
Фаленская 4 – ст.	94,7±2,9	75,0±8,4	8,6±0,1
Графит ФП	95,0±2,1	76,7±4,4	8,1±0,1
Перепел	94,3±4,9	81,3±6,3	8,4±0,2
Гармония	99,3±0,5	66,7±3,3	8,3±0,1
Симфония	87,5±6,0	76,7±4,4	8,7±0,2
Индикаторный сорт	60,0±4,2	45,0±3,9	6,3±0,1

К фузариозным корневым гнилям новые популяции характеризуются средней и умеренной устойчивостью. Степень поражения варьировала от 14,3% (Гармония) до 18,2% (Перепел). В 2023 году относительно слабое развитие болезни (10,7% и 10,8%) отмечено у популяций Гармония и Графит ФП соответственно. Следует отметить, что они созданы с использованием источников устойчивости, отобранных на инфекционном фоне *Fusarium* spp. и *Claviceps purpurea*. Популяция Графит ФП отличается к тому же ювенильной устойчивостью к фузариозным корневым гнилям (рисунок 65).

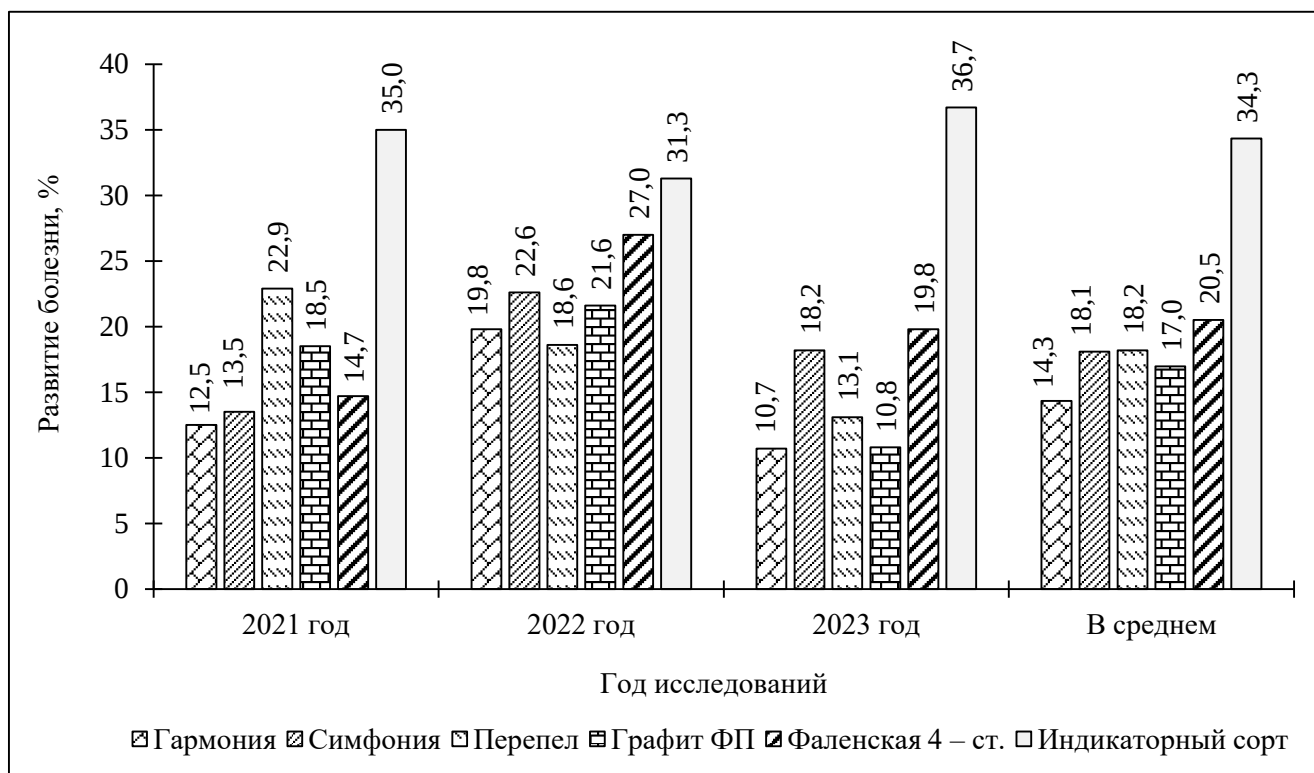


Рисунок 65 – Развитие фузариозных корневых гнилей (%) на новых популяциях озимой ржи (провокационно-инфекционные фоны, 2021–2023 гг.)

В провокационных условиях для развития *Blumeria graminis*, обеспеченных весенним посевом озимой ржи на фитопатологическом участке (степень поражения у индикаторного сорта 24,9–36,7%). Высокую устойчивость к мучнистой росе проявляют Гармония, Симфония и Перепел при степени поражения в среднем 13,4%; 13,5% и 13,9% соответственно (таблица 47).

В результате многочисленных наблюдений за развитием мучнисто-росяной и ржавчинной инфекции были исследованы взаимодействия растений с возбудителями этих болезней: *Blumeria graminis*, *Puccinia recondita* и *Puccinia dispersa*. Для оценки степени развития грибной инфекции и ее негативного воздействия на растения используется показатель ПКРБ (площадь под кривой развития болезни). Этот показатель представляет собой графическое изображение площади под кривой, отражающей динамику развития болезни. Чем выше значение показателя ПКРБ, тем интенсивнее протекает развитие инфекции на конкретном сорте.

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Blumeria graminis*. Раннее возобновление вегетации растений в 2023 году ускорило развитие фитопатогенного гриба. Первые симптомы мучнистой росы среди популяций отмечены в начале фазы колошения. Отсутствовал налет *B. graminis* у популяции Графит ФП, Перепел и Гармония, а также у стандарта Фаленская 4, что подтверждает о более длительном инкубационном периоде в этих генотипах. Интенсивное нарастание болезни происходило к III и IV учетам (фаза 69–75 по шкале Zadoks). Наименьшее развитие болезни (степень поражения до 15,0%) отмечали у новой популяции Гармония.

Анализ показателей площади под кривой развития (показатель ПКРБ) и индекса устойчивости (показатель ИУ) демонстрирует, что новая популяция Гармония характеризуется относительно медленной динамикой развития мучнисторосяной инфекции (ПКРБ = 224 и ИУ = 0,30) (таблица 47). Данный факт свидетельствует о потенциальной ценности данного генотипа как источника неспецифической устойчивости к данному заболеванию.

Таблица 47 – Проявление мучнистой росы на новых популяциях озимой ржи (провокационно-инфекционные фоны, 2021–2023 гг.)

Сорт, популяция	Степень поражения, %				Показатель	
	2021 год	2022 год	2023 год	среднее± отклонение	ПКРБ	ИУ
Фаленская 4 – ст.	30,0	18,4	21,0	23,1±6,5	285	0,38
Графит ФП	13,3	13,4	23,0	16,6±2,2	369	0,49
Перепел	11,3	12,5	17,8	13,9±1,0	312	0,42
Гармония	14,5	11,9	13,7	13,4±0,8	224	0,30
Симфония	12,5	9,6	18,5	13,5±1,6	405	0,60
Индикаторный сорт	31,6	24,9	36,7	-	748	1,00

К ржавчинной инфекции новые популяции среднеустойчивые: степень поражения бурой ржавчиной – от 17,2% до 19,6%; стеблевой – от 14,0% до 19,8% (таблица 48). В 2021 году развитие видов ржавчины было слабым. В 2022 и 2023 гг. в условиях избыточного увлажнения в период вегетации происходило усиление болезней.

Таблица 48 – Проявление ржавчинной инфекции на новых популяциях озимой ржи (провокационно-инфекционные фоны, 2021–2023 гг.)

Сорт, популяция	Степень поражения, %							
	бурой ржавчиной				стеблевой ржавчиной			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	в среднем	2021 г.	2022 г.	2023 г.	в среднем
Фаленская 4 – ст.	28,3	31,8	23,5	27,9±1,4	15,0	60,0	21,0	32,0±14,1
Графит ФП	10,0	26,2	16,3	17,5±2,7	3,0	35,5	21,0	19,8±9,4
Перепел	9,5	30,4	18,8	19,6±2,3	1,0	25,0	16,0	14,0±7,0
Гармония	8,7	24,3	18,5	17,2±2,6	2,0	30,0	17,5	16,5±8,1
Симфония	8,8	21,5	21,3	17,2±2,2	2,0	22,0	18,8	14,3±6,2
Индикатор- ный сорт	28,3	47,2	33,0	36,2±3,7	17,5	60,0	39,5	39,0±12,3

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Puccinia recondita*. Первые пустулы *P. recondita* обнаружены на листьях в фазу цветения. Симптомы болезни отсутствовали на новых популяциях: Симфония, Перепел и Гармония. Интенсивное нарастание ржавчинной инфекции (степень поражения 33,0%) у индикаторного сорта происходило с фазы молочной спелости. В этих условиях наиболее высокой устойчивостью (степень поражения 15,0–17,0%) характеризовались популяции Гармония и Графит ФП; показатель ПКРБ = 273 и 277, показатель ИУ = 0,45 и 0,46 соответственно (рисунок 66).

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Puccinia dispersa*. Первые симптомы стеблевой ржавчины появились в начале фазы налива зерна. Пустулы патогена не выявлены на всех популяциях. При позднем учете в начале восковой спелости развитие болезни у индикатора составило 39,5%. Наименьшей степенью поражения (до 17,5%) характеризовались все популяции, что подтверждается относительным показателем ИУ, который у популяций находился в диапазоне от 0,39 до 0,48. Медленное нарастание ржавчинной инфекции наблюдалось у популяций Симфония, Перепел и Гармония (показатель ПКРБ = 261–279 и ИУ = 0,39–0,42).

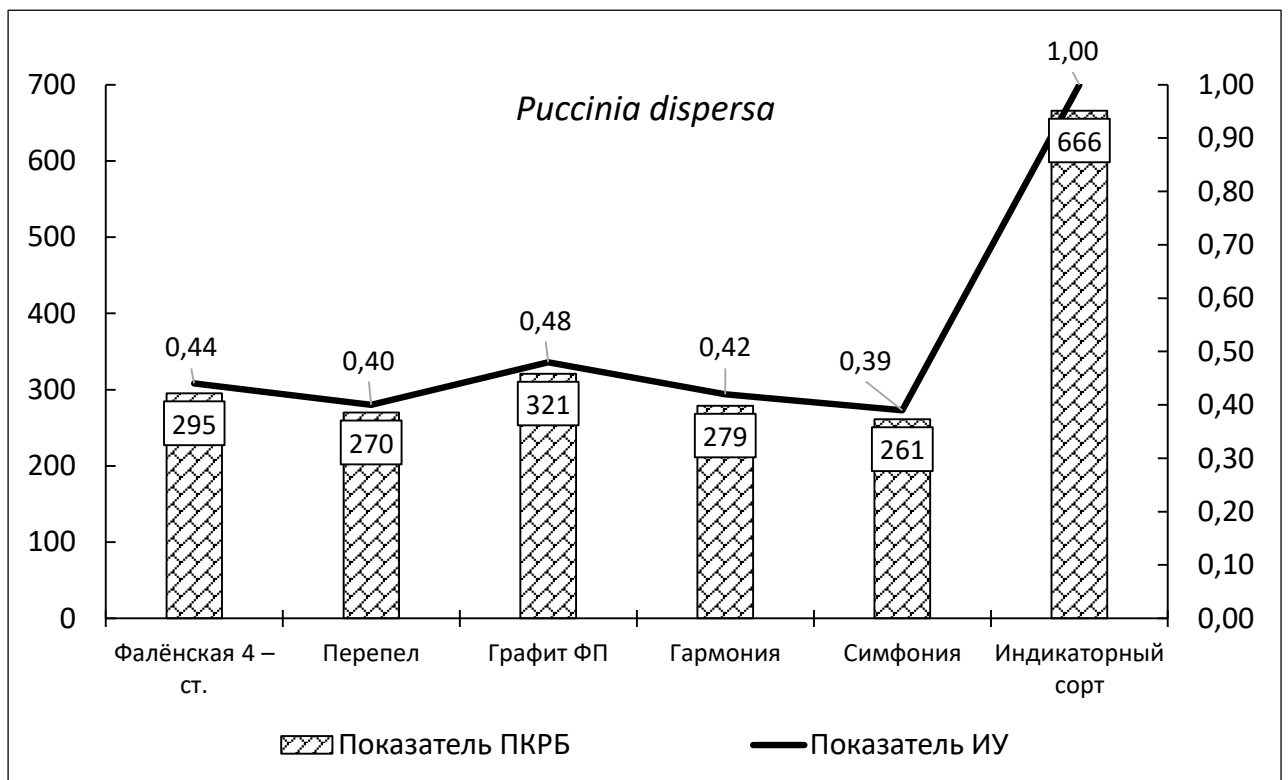
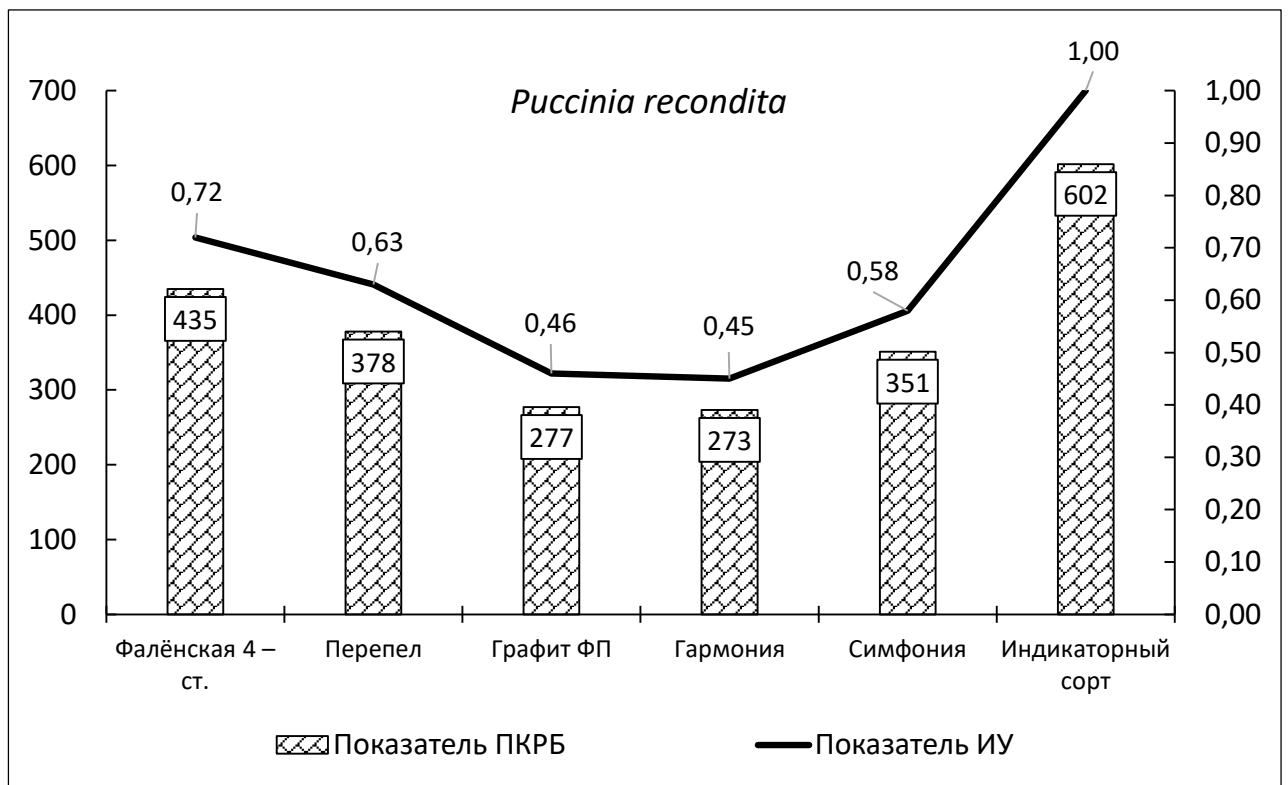


Рисунок 66 – Медленное нарастание ржавчинной инфекции в биоценозах
новых популяций озимой ржи,
отличающихся уровнем горизонтальной устойчивости

Следует отметить новые популяции Перепел и Симфония, у которых комплексная биотическая устойчивость к грибным болезням сочетается с высокой урожайностью. Урожайность новых популяций в провокационно-инфекционных условиях варьировала в пределах от 477,6 г/м² (Гармония) до 697,5 г/м² (Перепел). Стандарт Фаленская 4 сформировал урожайность 608,8 г/м². Достоверная прибавка (+88,7 г/м²) урожайности к стандарту отмечена у одной популяции Перепел. Урожайность ее составила от 553,0 г/м² до 970,0 г/м² (в среднем 697,5 г/м²). В условиях недостаточной влажности 2021 года урожайность ее была достоверно выше стандарта Фаленская 4, что свидетельствует о засухоустойчивости новой популяции. На уровне стандарта сформирована урожайность и у новой популяции Симфония (от 344,0 г/м² до 890,0 г/м², в среднем 604,5 г/м²). Другие популяции существенно уступали стандарту по величине урожая. У популяции Гармония отмечена достоверно низкая урожайность (таблица 49).

Таблица 49 – Урожайность новых популяций озимой ржи на провокационно-инфекционных фонах развития грибных болезней

Сорт, популяция	Масса зерна, г/м ²				
	2021 год	2022 год	2023 год	среднее± отклонение	± к стандарту
Фаленская 4 – ст.	396,0	700,0	730,0	608,8±106,6	-
Графит ФП	138,0	870,0*	780,0	596,0±230,4	-12,8
Перепел	553,0*	970,0*	570,0*	697,5±136,3	+88,7
Гармония	218,0	695,0	520,0*	477,6±139,4	-131,2
Симфония	344,0	890,0*	580,0*	604,5±158,2	-4,3
Индикаторный сорт	51,0	250,0	140,0	146,9±57,7	-
НСР ₀₅	-			146,8	

* – отличия от стандарта Фаленская 4 статистически значимы при $P \geq 0,95$

В естественных условиях в питомнике конкурсного испытания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в период с 2019 по 2023 гг. при изучении агробиологических показателей новых популяций озимой ржи степень поражения снежной плесенью варьировала от 83,3% до 100%. Реакция новых популяций после схода снега проходила дружно и активно, опережая развитие фузариозной инфекции. Отрастание растений после поражения снежной плесенью составило 73,3–100% (таблица 50; приложения 28–36).

Оценка популяций по зимостойкости как комплексному показателю устойчивости к неблагоприятным факторам перезимовки позволила выделить новые популяции с зимостойкостью на уровне стандарта Фаленская 4 (8,6 балла).

Одним из требований, предъявляемых к сортам зерновых культур, является устойчивость к полеганию. Создание короткостебельных, неполегаемых сортов озимой ржи обеспечивает сохранность урожая и его технологических показателей. Все популяции отличаются высокой устойчивостью к полеганию (в среднем 8,2–8,6 балла) при состоянии признака у стандарта – 8,0 балла (рисунок 67).

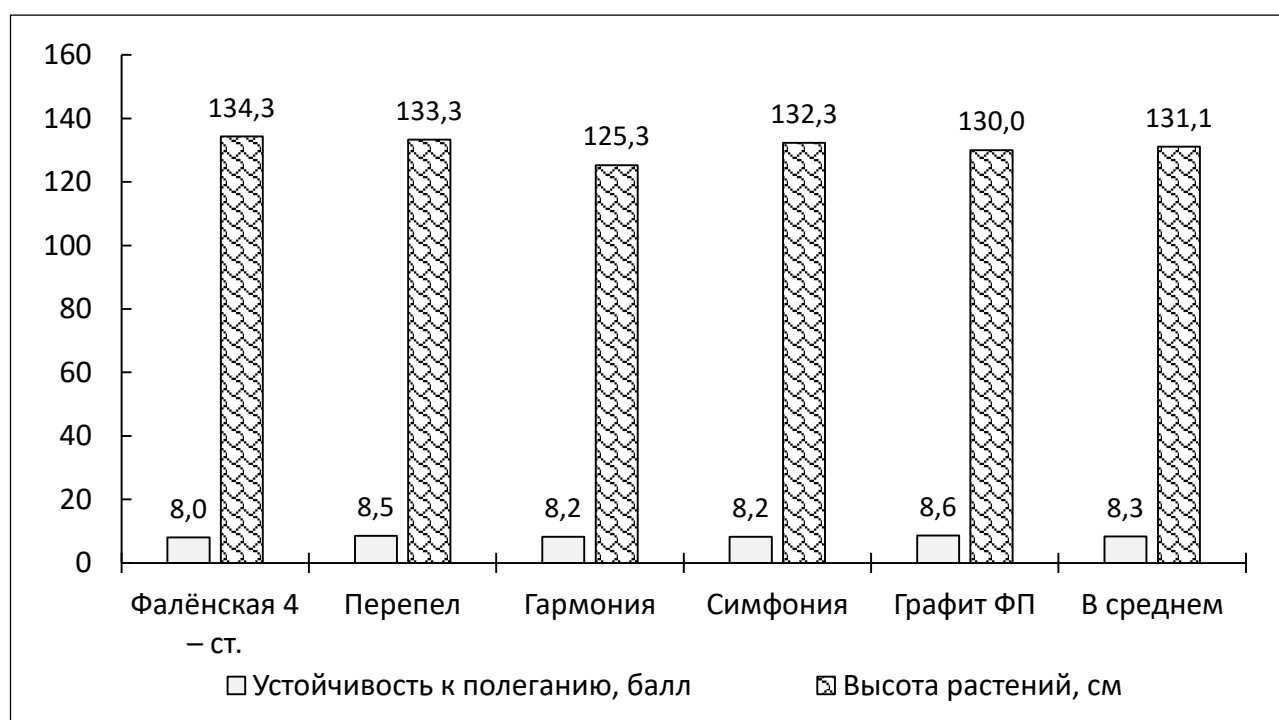


Рисунок 67 – Хозяйственно-ценные признаки новых популяций озимой ржи в питомнике конкурсного испытания, 2019–2023 гг.

Высота растений стандарта Фаленская 4 варьировала в пределах от 119,0 см до 151,2 см. У новых популяций по высоте растений отмечено достоверно более низкое значение (115,9–147,0 см) (таблица 50).

Установлено, что полегание растений находится в тесной отрицательной зависимости от их высоты ($r = -0,86$) и слабой связи с восприимчивостью к спорынье ($r = 0,28$), так как раннее полегание посевов ухудшает пылевой режим.

Таблица 50 – Амплитуда агробиологических показателей новых популяций озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в питомнике конкурсного испытания, 2019–2023 гг.

Сорт, популяция	Снежная плесень		Зимостойкость, балл	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см
	поражение, %	отрастание, %			
Фаленская 4 – ст.	78,3...100	85,0...96,0	8,6...9,4	7,2...8,5	119,0...151,2
Графит ФП	92,0...98,3	79,2...87,0	8,0...8,3	8,0...8,7	122,6...136,7
Перепел	83,3...100	73,3...95,0	8,2...9,0	7,3...9,0	115,9...142,0
Гармония	90,0...100	76,7...100	8,3...9,0	7,2...9,0	117,2...135,7
Симфония	70,0...100	85,0...99,0	8,3...9,0	8,0...8,7	122,3...147,0

Анализ структуры элементов урожайности новых популяций озимой ржи выявил, что по большинству хозяйственно ценных признаков популяции превосходят стандарт Фаленская 4. Высокой продуктивной кустистостью характеризуется популяция Гармония – в среднем 4,4 шт. (у стандарта Фаленская 4 – 3,6 шт.) (таблица 51; приложения 28–36).

Признаки «длина колоса» и «количество колосков в колосе» являются наиболее фенотипически стабильными элементами продуктивности. Популяции имели колос средней длины от 10,5 см до 11,5 см с количеством колосков в колосе от 30,9 шт. до 35,3 шт.; у стандарта Фаленская 4 – 10,9 см и 33,3 шт. соответственно.

Количество зерен в колосе является важным хозяйственно-ценным признаком и одним из основных элементов структуры. Количество зерен в колосе от 52,6 шт. до 58,1 шт. (таблица 51). Высокая озерненность колоса отмечена у популяции Гармония – 58,1 шт., у других – на уровне стандарта Фаленская 4 (52,7 шт.).

Масса зерна с колоса и растения относится к сильно варьирующим признакам. Наибольшая продуктивность колоса (1,9 г) и растения (5,5 г) выявлена у популяции Гармония. Следует отметить, что новые популяции характеризуются достаточно высокой продуктивностью растений – от 4,7 г до 5,5 г, что существенно выше стандарта (3,1 г).

Таблица 51 – Элементы структуры урожая новых популяций озимой ржи в питомнике конкурсного испытания, 2019–2023 гг.

Сорт, популяция	Продук- тивная кустис- тость, шт.	Длина колоса, см	Количество в колосе, шт.		Масса зерна, г		Маса 1000 зерен, г
			колосков	зерен	с колоса	с растения	
Фаленская 4 – ст.	3,6±0,2	10,9±0,2	33,3±0,3	52,7±0,1	1,6±0,1	3,1±0,4	28,4±1,2
Графит ФП	3,7±0,1	11,1±0,3	35,3±0,7	52,9±1,7	1,8±0,1	4,7±0,7	28,8±2,2
Перепел	3,5±0,1	11,3±0,3	33,7±1,2	53,7±1,5	1,7±0,2	5,1±0,1	30,0±1,5
Гармония	4,4±0,2	11,5±0,3	33,1±1,1	58,1±0,1	1,9±0,1	5,5±0,2	29,3±1,6
Симфония	3,4±0,1	10,5±0,1	30,9±0,1	52,6±2,4	1,6±0,1	5,3±0,1	28,3±2,2
В среднем	3,7±0,2	11,0±0,2	33,2±0,7	54,2±0,9	1,7±0,1	4,7±0,4	29,0±0,3

Масса 1000 зерен (крупность зерна) – генетически обусловленный признак, но во многом зависит от погодных условий в период формирования, налива и созревания [Щеклеина Л.М., 2022б]. Масса 1000 зерен варьировала от 25,8 г до 30,0 г, у стандарта Фаленская 4 – 28,4 г. Крупным зерном характеризовалась популяция Перепел (30,0 г).

Таким образом, популяция Графит ФП характеризуется короткостебельностью и устойчивостью к полеганию, Перепел – устойчивостью к полеганию, Гармония – короткостебельностью, Симфония – зимостойкостью и короткостебельностью.

Урожайность новых популяций озимой ржи обеспечивается за счет комплексного действия отдельных элементов структуры. Выделены популяции с высоким показателем продуктивной кустистости (4,4 шт. – Гармония); количества колосков в колосе (35,3 шт. – Графит ФП); количества зерен в колосе (58,1 шт. и 53,7 шт. – Гармония и Перепел); массы зерна с колоса (1,9 г и 1,8 г – Гармония и Графит ФП); массы зерна с растения (5,5 г; 5,3 г и 5,1 г – Гармония, Симфония и Перепел соответственно); массы 1000 зерен (30,0 г – Перепел).

Урожайность озимой ржи в условиях Кировской области в значительной степени определяют условия перезимовки и выносливостью сортов к снежной плесени [Кедрова Л.И., 2000]. В наших исследованиях установлена тесная и статистически значимая (при $P \geq 0,95$) взаимосвязь между урожайностью и отращиванием растений после поражения снежной плесенью. Коэффициенты корреляции (r) между этими признаками варьируют от 0,87 (2021 год) до 0,97 (2023 год), что подтверждает наличие достоверной связи между этими показателями. Как правило, разреженные после перезимовки посевы сильнее поражаются спорыньей из-за дополнительно весеннего кущения растений; между этими показателями установлена тесная связь ($r = -0,76...-0,89$) [Щеклеина Л.М., 2020б; 2022б].

Нами получены результаты, отражающие зависимость проявления грибных болезней на посевах озимой ржи от метеорологических условий года (таблица 52). Суточное нарастание болезней по тренду составляет: от 3,41% до 7,05% (отращивание растений после поражения снежной плесенью); от 0,78% до 1,84% (степень поражения корневыми гнилями); от 0,88% до 1,63% (степень поражения мучнистой росой); от 1,24% до 1,38% (степень поражения бурой ржавчиной); от 1,15% до 2,25% (степень поражения стеблевой ржавчиной); от 0,76% до 1,66% (поражение спорыньей); от 0,18% до 1,59% (засоренность зерна склероциями).

Таблица 52 – Уравнения регрессии, количественно связывающие зависимость проявления грибных болезней озимой ржи от условий года

Показатель	Уравнение регрессии			Коэффициент детерминации, R^2		
	2021 год	2022 год	2023 год	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Отрастание после поражения снежной плесенью	$y = -3,3929x + 77,321$	$y = -7,0536x + 64,732$	$y = -3,4107x + 65,375$	0,637	0,961	0,426
Степень поражения корневыми гнилями	$y = 0,7804x + 13,359$	$y = 0,8054x + 20,098$	$y = 1,8464x + 13,061$	0,557	0,884	0,785
Степень поражения мучнистой росой	$y = 1,631x + 12,624$	$y = 0,9357x + 10,707$	$y = 0,8804x + 14,716$	0,866	0,983	0,827
Степень поражения бурой ржавчиной	$y = 1,2482x + 7,298$	$y = 1,3893x + 23,389$	$y = 1,2464x + 19,432$	0,846	0,854	0,813
Степень поражения стеблевой ржавчиной	$y = 1,1518x + 5,652$	$y = 2,2513x + 24,393$	$y = 1,7357x + 17,664$	0,907	0,867	0,865
Поражение спорыньей	$y = 1,6643x + 65,979$	$y = 0,9179x + 22,832$	$y = 0,7643x + 68,579$	0,629	0,854	0,755
Засоренность зерна склероциями	$y = 0,9126x + 2,563$	$y = 0,1813x + 0,779$	$y = 1,5979x + 8,611$	0,801	0,666	0,725

Коэффициент детерминации R^2 характеризует связь от средней до тесной: 0,426–0,961 (отрастание растений после поражения снежной плесенью); 0,557–0,884 (степень поражения корневые гнили); 0,827–0,983 (степень поражения мучнистая роса); 0,813–0,854 (степень поражения бурая ржавчина); 0,865–0,907 (степень поражения стеблевая ржавчина); 0,629–0,854 (поражение спорыньей) и 0,666–0,801 (засоренность зерна склероциями).

Таким образом, новые популяции озимой ржи характеризуются групповой устойчивостью к 3–5 грибным болезням: Графит ФП – к корневым гнилям, бурой и стеблевой ржавчине, спорынье; Перепел – к снежной плесени, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, спорынье; Гармония – к корневым гнилям, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине; Симфония – к бурой и стеблевой ржавчине,

спорынье. У популяции Перепел и Симфония комплексная биотическая устойчивость сочетается с высокой урожайностью. Популяции Графит ФП, Перепел и Гармония отличаются также одним из ключевых механизмов неспецифической устойчивости – медленным нарастанием мучнисторосяной и ржавчинной инфекции в биоценозе.

8.2 Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы

С учетом устойчивости селекционного и коллекционного генофондов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы к спорынье, выявленной в процессе многолетнего изучения исходного материала на инфекционных фонах *Fusarium* spp. и *S. purpurea*, и использования в селекционном процессе источников устойчивости. Соискатель является соавтором 3 сортов озимой ржи (Флора, Графиня и Лика) с долей участия автора 5–10%, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ и допущенные к использованию по Северному, Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам РФ. Переданы и проходят государственное испытание перспективные сорта селекции ФГБНУФАНЦ Северо-Востока яровой мягкой пшеницы Традиция и озимой ржи Талица (таблица 53).

Таблица 53 – Сорта озимой ржи и яровой мягкой пшеницы, созданные с участием автора

Культура, сорт	Учреждение-оригинатор	Год передачи на Государственное испытание	Год внесения в Государственный реестр	№№ патента или заявки
1	2	3	4	5
Рожь озимая Флора	НИИСХ Северо-Востока и Фаленская селекционная станция	2005	2012	№ 5590
Рожь озимая Графиня	НИИСХ Северо-Востока и Фаленская селекционная станция	2012	2016	№ 8221

1	2	3	4	5
Рожь озимая Лика	ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»	2021	2025	№ 14240
Пшеница яровая мягкая Традиция	ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»	2022	Проходит Государственное испытание	№ 86191/7754277
Рожь озимая Талица	ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»	2023	Проходит Государственное испытание	№ 89030/7652942

Характеристика сорта озимой ржи ФЛОРА

Сорт Флора создан в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» методом многократного индивидуально-семейного и биотипического отбора из сорта Фаленская 4 на провокационно-инфекционных фонах по снежной плесени и спорынье с учетом регенерационной способности растений и активности весеннего отрастания, общей биотической устойчивости и урожайности, сохраняя при этом высокие хлебопекарные качества зерна. Применение инфекционных и провокационных фонов позволило объединить в новой популяции биотипы с максимальной устойчивостью к грибным болезням.

Начало селекционной работы по созданию сорта Флора положено на Фаленской селекционной станции (п. Фаленки) с отбора элитных растений на сорте Фаленская 4 в течение двух лет (1997–1998 гг.). За период с 1999 по 2002 гг. новый исходный материал проходил изучение в селекционных питомниках НИИСХ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (г. Киров) с использованием метода половинок, позволяющего ежегодно использовать для посева чистые (не переопыленные) семена лучшего по комплексу селекционно-иммунологических признаков селекционного материала. За период с 2003 по 2005 гг. по результатам изучения половинки 33 лучших семей объединены в

новую популяцию под номером 33/02. Дальнейшее изучение популяция 33/02 проходила в конкурсном сортоиспытании в сравнении со стандартом, другими перспективными и ранее районированными сортами и одновременно с исходной формой – сортом Фаленская 4, сочетающим адаптивность к агроэкологическим условиям Волго-Вятского региона и высокий потенциал урожайности (более 9,0 т/га) с хорошими хлебопекарными качествами зерна [Уткина Е.И., 2017].

Авторами сорта является творческий коллектив в лице: Кедровой Лидии Ивановны, Савельева Юрия Павловича, Уткиной Елены Игоревны, Шешеговой Татьяны Кузьмовны, Щеклеиной Люции Муллаахметовны.

По морфологическому и физиологическому описанию сорт Флора имеет доминантно-моногенный тип короткостебельности (Н1) (рисунок 68). Форма куста промежуточная. Лист темно-зеленый, в период кущения – среднее опушение и восковой налет. Стебель средней толщины, прочный – устойчивость к полеганию высокая – 9,0 баллов. Высота растений средняя 97,0–142,0 см. Колос призматический, серовато-желтый, длина 10,8–11,6 см, средней плотности. Ости полуприжатые, зазубренные, серовато-желтые. Зерно среднее, полуудлиненное, серовато-зеленой окраски. Масса 1000 зерен 28,1–31,9 г [Уткина Е.И., 2017; Сорт Флора (Электронный ресурс); Каталог селекционных достижений (Электронный ресурс)]. Новый сорт по некоторым биологическим характеристикам повторяет исходный сорт Фаленская 4. Оба имеют равный вегетационный период 308–346 дней и относятся к среднепоздней группе созревания, высокую зимостойкость (88,0–89,0%) и не имеют отличий по содержанию белка в зерне (в среднем 9,1%). Однако растения сорта Флора имеют более короткую соломину, что положительно сказалось на устойчивости к полеганию. Особенно заметно это проявляется в годы с частыми обильными осадками в период вегетации [Уткина Е.И., 2017; Флора (Электронный ресурс); Каталог селекционных достижений (Электронный ресурс)].

По результатам иммунологической оценки сорт характеризуется высокой выносливостью к снежной плесени, активно формирует зеленую массу после схода снега. Среднеустойчив к фузариозу колоса и бурой ржавчине (таблица 54).

Отличается меньшим поражением спорыньей за счет более короткой продолжительности и высокой активности цветения, что уменьшает возможность контакта с возбудителем *S. purpurea*. В 2017 году в связи с аномальными по теплоты и влагообеспеченности условиями вегетации, спровоцировавшими усиление развития гриба *S. purpurea* на отдельных производственных полях, поражение восприимчивого сорта Кировская 89 составило 16,0%, а сорта Флора – 1,0%.



Рисунок 68 – Сорт озимой ржи Флора

Сорт Флора имеет хорошие хлебопекарные качества. По числу падения зерно отвечает требованиям I товарного класса, превышая показатели качества зерна сортов Вятка 2, Фаленская 4 и лучшего в регионе по качеству зерна сорта Рушник. Вследствие активного наращивания зеленой массы в ранневесенний период, сорт рекомендован для использования в том числе и на зеленый корм сельскохозяйственным животным и птице [Уткина Е.И., 2017].

За годы конкурсного испытания (2019–2023 гг.) средняя урожайность сорта Флора составила – 4,64 т/га, что на уровне стандарта Фаленская 4 – 4,72 т/га (таблица 45).

С 2012 года сорт Флора включен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию по Волго-Вятскому и Северо-Западному регионам РФ. Рекомендован для возделывания в северной зоне Кировской области, Республике Мари–Эл и Тверской области [Каталог селекционных достижений (Электронный ресурс)].

Авторские права сорта защищены патентом на селекционное достижение № 5590 сорт озимой ржи Флора и зарегистрированы в Государственном реестре РФ охраняемых селекционных достижений с датой регистрации 19.10.2010 г. (приложение 37).

Характеристика сорта озимой ржи ГРАФИНЯ

Сорт озимой ржи Графиня с доминантным типом короткостебельности создан в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» методом свободно-ограниченного переопыления устойчивых к снежной плесени биотипов, многократно отобранных на искусственном инфекционном фоне по снежной плесени и провокационных – по спорынье из сортов Альфа, Валдай, популяции 27/01 и гибридов с ними с последующим индивидуальным отбором по комплексу селекционно-иммунологических признаков. Сорт среднепоздний. Обладает способностью формировать урожаи на уровне или выше адаптивных сортов при возделывании на низкоплодородных и кислых почвах с повышенным содержанием ионов алюминия [Сорт Графиня (Электронный ресурс)].

Авторами сорта является творческий коллектив: Кедрова Лидия Ивановна, Шешегова Татьяна Кузьмовна, Уткина Елена Игоревна, Щеклеина Люция Муллаахметовна, Шляхтина Елена Анатольевна, Парфенова Елена Сергеевна, Шамова Марина Геннадьевна.

Сорт относится к разновидности *vulgare*. Имеет доминантно-моногенный тип короткостебельности, по продолжительности вегетационного периода относится к группе среднепоздних (рисунок 69). Куст прямостоячий – промежуточный. Лист темно-зеленый со средним опушением и восковым налетом. Соломина средней толщины, прочная. Положительно выделяется среди других сортов по устойчивости к полеганию (8,5–9,0 баллов). Колос полупоникший – поникший, призматический, средней плотности и длины (10,0–11,0 см). Ости средние, полуприжатые, зазубренные, серовато-желтые. Зерно средней крупности, полуудлиненное, серовато-зеленой окраски, масса 1000 зерен 27,4–30,8 г. Вегетационный период – 320–331 день. Созревает в сроки, близкие к стандарту Фаленская 4. Растение среднерослое, высота растений – 118,0–126,0 см. Устойчив к полеганию. Засухоустойчивость и зимостойкость на уровне стандарта Фаленская 4. [Уткина Е.И., 2017; Сорт Графиня (Электронный ресурс); Каталог селекционных достижений (Электронный ресурс)].



Рисунок 69 – Сорт озимой ржи Графиня в конкурсном испытании

Сорт характеризуется высокой выносливостью к снежной плесени (97–100%), средней устойчивостью к мучнистой росе и корневым гнилям, бурой и стеблевой ржавчине (таблица 54). Поражение спорыньей на естественном фоне не превышало 0,04%. Сорт отличается относительно короткой продолжительностью цветения и хорошим пыльцевым режимом благодаря высокой прочности соломины и устойчивости к полеганию.

Сорт Графиня характеризуется хорошими технологическими качествами. Содержание белка в зерне на уровне стандарта Фаленская 4. Отличается высокой натурой зерна (705–723 г/л). По числу падения отвечает требованиям II и I класса качества (144–278 с) [Уткина Е.И., 2017].

Средняя урожайность сорта Графиня за годы конкурсного испытания (2019–2023 гг.) составила 5,24 т/га, что выше стандарта Фаленская 4 на 0,52 т/га (таблица 45); максимальная урожайность – 8,69 т/га.

С 2016 года сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию по Северному, Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам РФ. Рекомендован для возделывания в Пермском крае, Вологодской и Свердловской областях [Каталог селекционных достижений (Электронный ресурс)].

Авторские права сорта защищены патентом на селекционное достижение № 8221 сорт озимой ржи Графиня и зарегистрированы в Государственном реестре РФ охраняемых селекционных достижений с датой регистрации 26.01.2016 г. (приложение 38).

Характеристика сорта озимой ржи ЛИКА

Сорт Лика создан в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» методом индивидуально-семейного отбора по комплексу селекционных и иммунологических признаков из гибридной популяции от переопыления сортов Рада, Рушник, Кипрез, Ниоба и Леда.

Авторами сорта является творческий коллектив: Уткина Елена Игоревна, Шляхтина Елена Анатольевна, Парфенова Елена Сергеевна, Щеклеина Люция Муллаахметовна, Шешегова Татьяна Кузьмовна, Шамова Марина Геннадьевна, Набатова Наталья Александровна, Новикова Елена Яковлевна, Рылова Ольга Николаевна.

Ботанические признаки сорта: разновидность *vulgare*; форма куста промежуточная; стебель средней толщины, прочный; высота растения 115,0–123,0 см (рисунок 70); колос призматический, серовато-желтый, средней длины (11,0 см) и низкой плотности; ости грубые, зазубренные, серовато-желтые; зерно полуудлиненное, масса 1000 зерен – 29,9–32,2 г. Вегетационный период 320–333 дня. Сорт с доминантным типом короткостебельности. Растение среднерослое, высота 115,0–123,0 см. Куст полупрямостоящий – промежуточный. Восковой налет на листьях и колосе средний. Опушение стебля под колосом среднее. Колос полупоникший, призматической формы, плотность ниже средней. Длина колоса – 10,5–11,5 см. Ости параллельные. Зерно полуудлиненное, серовато-зеленое, средней крупности, масса 1000 зерен 29,9–32,2 г [Лика (Электронный ресурс)].

Сорт характеризуется высокой зимостойкостью (8,7 балла) и выносливостью к снежной плесени (85–100%), устойчивостью к полеганию (8,0–9,0 баллов). Листостебельными болезнями поражается в средней степени (таблица 54). Поражение спорыньей на естественном фоне не превышало 0,02%.

Средняя урожайность сорта Лика за годы конкурсного испытания (2019–2023 гг.) составила 5,22 т/га, что выше стандарта Фаленская 4 на 0,50 т/га (таблица 45). Сорт толерантен к низкоплодородным кислым почвам с повышенным содержанием ионов Al^{3+} [Кедрова Л.И. и др., 2019]. Урожайность сорта на провокационном фоне по кислотности почвы (pH 3,7–3,9; P_2O_5 – 72–108 мг/кг почвы; Al – 25,5–26,7 мг/100 г почвы) – на 0,60 т/га выше стандарта [Кедрова Л.И., Уткина Е.И., 2018].



Рисунок 70 – Сорт озимой ржи Лика в питомнике конкурсного испытания

Зерно имеет хорошую натуру и число падения, соответствующее I и II классам качества. Сорт отличается стабильностью формирования зерна высокого качества при неблагоприятных погодных условиях. Так, в 2021 году обильные осадки перед уборкой урожая резко снизили уровень числа падения по всем сортам, но сорт Лика сформировал зерно II класса качества (ЧП – 169 с).

С 2025 года сорт включен в Госреестр селекционных достижений и допущен к использованию по Северному и Волго-Вятскому регионам РФ.

Авторские права сорта защищены патентом на селекционное достижение № 14240 сорт озимой ржи Лика и зарегистрированы в Государственном реестре РФ охраняемых селекционных достижений с датой регистрации 16.07.2025 г. (приложение 39).

Характеристика сорта озимой ржи ТАЛИЦА

Сорт Талица создан в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» методом индивидуально-семейного отбора по комплексу селекционных и иммунологических признаков из гибридной популяции от переопыления сортов с высокой общей комбинационной способностью – Фаленская 4, Снежана и Факел (*R F.c*).

Авторами данного селекционного достижения являются: Уткина Елена Игоревна, Шляхтина Елена Анатольевна, Парфенова Елена Сергеевна, Щеклеина Люция Муллаахметовна, Шамова Марина Геннадьевна, Набатова Наталья Александровна, Рылова Ольга Николаевна, Екатерина Александровна Псарева, Новикова Елена Яковлевна.

Сорт характеризуется высокой зимостойкостью (в среднем 8,8 балла). По высоте растений Талица находится на уровне стандарта (в среднем 138,0 см), по устойчивости к полеганию – на уровне высокоустойчивого сорта Графиня (в среднем 8,7 балла). Зерно средней крупности (масса 1000 зерен 27,9–31,4 г), полуудлиненное, серовато-зеленой окраски (рисунок 71).

Сорт среднепоздний, средняя урожайность за 2019–2023 гг. конкурсного сортоиспытания составила от 3,86 т/га до 6,53 т/га (в среднем 4,86 т/га, что выше стандарта Фаленская 4 на 0,14 т/га (таблица 45).

Хлебопекарные качества высокие (ЧП – 171–241 с), способен формировать зерно с высоким числом падения в неблагоприятные по гидротермическому режиму годы.

Сорт характеризуется высокой устойчивостью к снежной плесени и короткой продолжительностью цветения. Поражение спорыньей в годы исследований на естественном фоне не превышало 0,04%. Сорт среднеустойчив к мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине (таблица 54).



Рисунок 71 – Сорт озимой ржи Талица

Таблица 54 – Селекционно-иммунологическая характеристика новых сортов озимой ржи в конкурсном испытании, в среднем за 2019–2023 гг.

Сорт	Отрастание после поражения снежной плесенью, %	Поражение спорышной, %	Степень поражения, %				Урожайность, т/га
			мучнистой росой	бурым ржавчиной	стеблевой ржавчиной	корневыми гнилями	
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаленская 4 – ст.	65,0±8,4	1,70±0,02	25,7±4,1	33,7±4,5	25,7±4,6	16,2±3,9	4,72±0,50
Флора	84,0±6,2	0,02±0,01	18,9±2,3	28,4±3,5	20,1±3,5	14,6±3,5	4,64±0,61
Графиня	66,0±5,1	0,04±0,01	21,6±4,0	30,3±3,4	23,1±3,7	22,5±4,1	5,24±0,42

Окончание таблицы 54

1	2	3	4	5	6	7	8
Лика	85,0±3,2	0,02±0,01	19,6±3,7	22,0±2,9	14,4±2,2	18,3±2,5	5,22±0,61
Талица	69,9±7,1	0,04±0,01	25,6±2,4	32,3±4,1	22,1±5,8	18,5±3,8	4,86±0,54
Индикатор- ный сорт	33,3±2,8	16,0±1,90	36,0±4,6	36,9±3,4	37,2±4,8	26,0±3,7	-

В 2023 году сорт озимой ржи Талица передан и проходит государственное испытание. Рекомендован для возделывания в условиях Северного и Волго-Вятского регионов Российской Федерации (приложения 40–41).

Характеристика сорта яровой мягкой пшеницы ТРАДИЦИЯ

Сорт Традиция – сорт яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), среднеспелый, высоко устойчив к полеганию, осыпанию, прорастанию зерна в колосе и спорынье. Характеризуется высокими показателями полевой всхожести и числом продуктивных колосьев на единицу площади.

Сорт Традиция (селекционный номер Т-66) создан в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» методом однократного индивидуального отбора по комплексу селекционно-иммунологических признаков из гибридной популяции Ростань х Экада 43.

Авторами сорта является творческий коллектив: Волкова Людмила Владиславовна, Амунова Оксана Сергеевна, Шешегова Татьяна Кузьмовна, Щеклеина Люция Муллаахметовна, Харина Анастасия Владимировна.

Ботаническая разновидность яровой мягкой пшеницы *lutescens*. Куст полупрямостоящий, растение среднерослое, высотой 70,0–90,0 см, колос веретеновидный, средней длины 8,0–10,0 см, рыхлый, остевидные отростки в верхней части колоса от 5,0 мм до 15,0 мм (рисунок 72). Плечо в средней части колоса прямое, средней ширины, зубец короткий, отогнутый назад.

Зерно окрашенное, крупное, овальной формы. Среднее число зерен в колосе 29,4 шт., масса зерна с главного колоса – 1,20 г, с растения – 1,42 г. Масса 1000 зерен 39,0–42,0 г, натуральная масса 740,0–770,0 г/л, содержание белка 10,0–12,0%, содержание клейковины в зерне 24,0–27,0%, показатель глютена-индекса 92,0%.

Вегетационный период в зависимости от условий года составляет от 75 до 105 дней, что соответствует среднеспелой группе. Сорт устойчив к полеганию (9,0 баллов), осыпанию (9,0 баллов), прорастанию зерна в колосе (9,0 баллов). По показателям полевой всхожести и по числу продуктивных колосьев на единицу площади превышает стандарт Маргарита на 9,0–10,0% и не уступает ранее переданному сорту Награда.



Рисунок 72 – Сорт яровой мягкой пшеницы Традиция

В конкурсном испытании (2019–2023 гг.) урожайность нового сорта Традиция составила в среднем 3,35 т/га, что на 0,23 т/га выше стандарта Баженка (таблица 55). В засушливых условиях 2020 года отмечена максимальная для опыта

урожайность – 3,88 т/га, у стандарта Баженка – 3,79 т/га ($НСР_{05} = 0,34$). В 2020 и 2021 гг. в Чувашском НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока урожайность составила 2,91 т/га и 4,49 т/га соответственно; в 2023 году в Нижегородской области максимальная урожайность сорта достигала 6,60 т/га. Масса 1000 зерен 39,0–42,0 г, натурная масса 740,0–770,0 г/л, содержание белка 10,0–12,0%, клейковины в зерне 24,0–27,0%.

Таблица 55 – Урожайность (т/га) нового сорта яровой мягкой пшеницы Традиция в конкурсном испытании (г. Киров)

Сорт	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Среднее $\pm$ отклонение
Традиция	3,82	3,88	2,70	3,12	3,25	3,35 $\pm$ 0,22
Баженка – ст.	3,71	3,79	2,62	2,92	2,58	3,12 $\pm$ 0,26
НСР ₀₅	0,77	0,34	0,39	0,29	0,68	-

Сорт Традиция на инфекционных фонах не поражался спорыньей, отличался слабой восприимчивостью к пыльной головне и практической устойчивостью к твердой головне, умеренной возрастной устойчивостью к корневым гнилям и ювенильной – к септориозу; в провокационных условиях слабо поражался бурой ржавчиной и фузариозом колоса (рисунок 73, таблица 56).

Таблица 56 – Селекционно-иммунологическая характеристика нового сорта яровой мягкой пшеницы Традиция в конкурсном испытании, в среднем за 2019–2021 гг.

Сорт	Степень поражения, %				Поражение, %		Урожайность, т/га
	корневыми гнилями	септориозом	бурой ржавчиной	фузариозом колоса	спорыньей	пыльной головней	
Баженка – ст.	13,1 $\pm$ 0,9	19,2 $\pm$ 0,8	17,6 $\pm$ 0,2	6,2 $\pm$ 0,9	4,1 $\pm$ 0,2	34,6 $\pm$ 1,7	3,37 $\pm$ 0,23
Маргарита – ст.	11,8 $\pm$ 0,3	13,3 $\pm$ 0,7	13,3 $\pm$ 0,4	5,7 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,6	1,9 $\pm$ 0,9	3,12 $\pm$ 0,30
Традиция	9,4 $\pm$ 0,2	10,3 $\pm$ 0,2	12,3 $\pm$ 0,1	9,9 $\pm$ 0,2	0	9,4 $\pm$ 1,2	3,47 $\pm$ 0,28
Индикаторный сорт	31,0 $\pm$ 1,3	32,0 $\pm$ 1,1	31,0 $\pm$ 1,5	36,0 $\pm$ 1,7	15,0 $\pm$ 0,7	69,1 $\pm$ 4,5	-

БОЛЕЗНИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ



Рисунок 73 – Основные грибные болезни яровой мягкой пшеницы на Северо-Востоке Нечерноземья России

Ценность сорта Традиция – стабильность формирования относительно высокой урожайности в различных агроэкологических условиях, высокая устойчивость к полеганию, высокая кустистость и густота продуктивного стеблестоя, комплексная устойчивость к грибным болезням.

В 2022 году сорт яровой мягкой пшеницы Традиция передан и проходит государственное испытание (приложения 42–44).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что за 25-летний период (2009 по 2024 гг.) на посевах озимой ржи в Кировской области наблюдается ежегодное проявление спорыньи при среднем поражении возделываемых сортов от 0,02% до 1,7%; на отдельных полях поражение достигало 8,0%, 5,0% и 13,3% (2001, 2017 и 2024 гг. соответственно).

2. Вредоносность спорыньи обусловлена в большей степени уровнем поражения колоса (засоренность зерна склероциями), чем распространением болезни в посевах (поражение). Установлена достоверная связь (при $P \geq 0,95$) между засоренностью зерна склероциями и количеством зерен в колосе ($r = -0,79$), продуктивностью колоса ($r = -0,86$) и массой 1000 зерен ($r = -0,43$). Выявлено существенное снижение элементов продуктивности колоса при формировании в нем даже одного–двух склероций, а при 11 склероциях они снижались на 44,6–56,8% по отношению к непораженным колосьям. Регрессионным анализом установлено, что с каждым новым склероцием в колосе, количество зерен в нем снижается в среднем на 5,2 шт., масса зерна – на 0,26 г, масса 1000 зерен – на 2,19 г.

3. Выявлено преобладание фактора «год» (вклад 36,6% – по признаку «поражение» и 29,1% – «засоренность зерна склероциями») над фактором «сорт» (17,1% и 27,5% соответственно). Роль сорта усиливается при повышении степени поражения растений. В патогенезе спорыньи велика роль случайных (неучтенных) факторов – 42,9% и 37,9%, что ограничивает возможности классической селекции в данном направлении.

4. Выявлено усиление распространения спорыньи и инфекционного потенциала гриба *S. purpurea* при сочетании следующих факторов: избыточное количество осадков в период выхода склероциев из физиологического покоя ($r = 0,96$) и температура, близкая к $+20^{\circ}\text{C}$, – в фазу цветения и заражения растений ($r = 0,30$). При количестве осадков в мае, близкой к норме, на одном склероции формировалось в среднем от 11,6 до 18,6 стром с плодовыми телами, в остро засушливых условиях – от 6,3 до 8,2, в избыточно увлажненных – от 23,8 до 42,7.

5. Доказано, что склероции гриба *C. purpurea* сохраняют высокие показатели жизнеспособности и инфекционного потенциала при следующих условиях:

- на глубине от 0 до 20 см (всхожесть 75–100%); склероции на глубине до 6 см формировали в среднем 17,2 стром с плодовыми телами, от 8 до 20 см – 5,8 шт.; стромы, заделанные на глубину более 10 см, не достигали поверхности почвы;

- в торфяной почве (всхожесть в слое 4–20 см в среднем 96,7%, количество стром – в среднем 11,8 шт.), дерново-подзолистой среднесуглинистой (87,5% и 10,3 шт.) и тяжелосуглинистой (90,0% и 9,4 шт.);

- в злаковом травостое и на поверхности пашни (всхожесть – 100% и 85,0%, количество стром в среднем 9,0 и 6,8 шт.);

- при кислотности почвы в диапазоне рН солевой вытяжки: 3,9; 4,6; 5,3 и 6,9 – всхожесть склероциев 100%;

- у целых, не поврежденных склероциев всхожесть (в среднем 93,3%, стром в среднем 18,6 шт.) и их фрагменты – 72,2% и 16,0 шт.;

- на колосьях главного и боковых побегов (всхожесть 100%, количество стром в среднем 46,6 и 40,1 шт.).

6. Изучена токсичность кировской популяции гриба *C. purpurea*. У пяти зерновых культур, собранных в трех экологических точках Кировской области, идентифицирован одинаковый состав эргоалкалоидов (эргокристин и эргокристинин), но разное их суммарное количество – от 0,3% (яровая пшеница) до 0,9% (озимая рожь и яровая тритикале). У 11 сортов озимой ржи и 7 яровой пшеницы видовой состав эргоалкалоидов несколько расширился и был представлен эргокристином, эрготамином и его стереоизомером эрготаминином. Только у сорта яровой пшеницы Самгау из Казахстана идентифицирован один эргоалкалоид – эрготамин.

7. Не установлено значимой (при $P \geq 0,95$) связи между токсичностью и патогенностью гриба *C. purpurea*: коэффициент корреляции между поражением спорыньей и суммарным содержанием эргоалкалоидов составил $r = 0,30$.

Относительно невысокая связь между этими признаками обуславливает необходимость использования в иммунологических исследованиях любых штаммов *C. purpurea*.

8. Выявлены 9 сортов озимой ржи (Лика, Симфония, Гармония, Графит, Перепел, Ниоба, Садко, Роса и Сара) и 3 сорта яровой пшеницы (Т-38, Оренбургская 23 и Eros), в склероциях которых не обнаружены эргоалкалоиды. Среди них Лика, Симфония, Гармония и Eros отличались также слабой восприимчивостью к спорынье.

Обнаружена слабая отрицательная зависимость между массой склероциев и накоплением в них эргоалкалоидов, которая у сортов озимой ржи составила $r = 0,46$, у яровой пшеницы – $r = -0,32$, что повышает биологическую опасность мелких и трудноотделяемых склероциев, формирующихся преимущественно, на подгоне.

9. Разработаны и обоснованы для использования в практической селекции три метода создания искусственного инфекционного фона на спорынью: инокуляция цветков споровой суспензией в начале колошения – рекомендуется для более точной оценки исходного материала; опрыскивание растений в фазу цветения – для первичной оценки генофонда зерновых культур и отбора устойчивых форм; осеннее внесение склероциев в почву – для массовой оценки и улучшающего отбора селекционного материала.

10. Выявлены 11 сортов озимой ржи (Флора, Графиня, Пурга, Татьяна, Чулпан 7, Роксана, Саратовская 5, Саратовская 7, Марусенька, Радонь и Огонек), отличающиеся коротким и активным цветением, которые можно рекомендовать в качестве источников устойчивости к спорынье для селекции, а характер цветения растений использовать в качестве биомаркера при поиске иммунологически-ценных форм.

Установлена значимая (при $P \geq 0,95$) связь между: активностью цветения растений и поражением их спорыньей ($r = -0,76$), продолжительностью цветения и поражением ($r = 0,82$), активностью цветения и засоренностью зерна склероциями

($r = -0,95$), продолжительностью цветения и засоренностью зерна склероциями ($r = 0,76$).

11. Установлена цитоплазматическая детерминация и достоверный материнский эффект в наследовании устойчивости озимой ржи к спорынье при контроле признака двумя или тремя доминантными генами.

12. Разработаны методические положения по селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье, которые основаны на моделировании инфекционных фонов, применительно к поставленным задачам, скрининге генофонда зерновых культур, выявлении источников устойчивости, рекуррентных индивидуальных отборах в этих условиях, изучении наследования и контроля устойчивости к болезни и гибридизации с учетом цитоплазматической детерминации признака, создании сортов с использованием источников.

13. При скрининге коллекционных и селекционных генофондов озимой ржи и яровой мягкой пшеницы на искусственном инфекционном фоне *S. purpurea* обнаружена крайне слабая частота встречаемости (не более 5–6%) устойчивого к спорынье исходного материала. Тем не менее, в качестве источников устойчивости могут быть использованы 2 иммунных сорта яровой мягкой пшеницы (Традиция и Новосибирская 18) и 11 (С-65, У-80, У-28, С-84, Т-123, Темп, Тулайковская Надежда, Ерос, Самгау, Кайыр и Ul Alta Blanca) – относительно устойчивых с поражением не более 5,2% и засоренностью зерна склероциями не более 0,3%; у озимой ржи иммунные формы отсутствовали, а относительно устойчивыми являются сорта: Флора, Графиня, Рушник, Рада, Лика, Батист, Талица, Перепел, Симфония, Гармония, Графит, Графит ФП, Сармат, Саратовская 7, Чусовая, Марусенька, Татьяна, Антарес, Московская 12, Славия, Подарок НП, Чулпан 2, Россиянка 2, Тринодис 4 Минвак-139/09 НП, Вавиловская НП, Красноярская универсальная НП и некоторые другие. Степень поражения (засоренность зерна склероциями) большинства из них на инфекционном фоне *S. purpurea* варьировала от 0,3% до 1,4%.

14. На основе разработанных методических положений выявлены и созданы источники устойчивости, включенные в селекционный процесс. Создано 10 новых популяций озимой ржи со слабой восприимчивостью к спорынье на инфекционном фоне *S. purpurea* и высокой – на естественном. Среди них четыре новые популяции (Симфония, Гармония, Перепел и Графит ФП) проходят изучение в конкурсном испытании. Популяция Симфония, достоверно превышающая стандарт Фаленская 4 по урожайности в конкурсном испытании (5,03 т/га и 4,70 т/га – стандарт) и на инфекционном фоне (605,0 г/м² и 434,0 г/м²), является перспективной для передачи на Государственное испытание.

15. Селекционно-иммунологические исследования послужили теоретической основой для селекции озимой ржи и яровой мягкой пшеницы в данном направлении. В соавторстве созданы три сорта озимой ржи: Флора (включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2012 г.), Графиня (2016 г.) и Лика (2025 г.). Переданы и проходят государственное испытание сорта яровой мягкой пшеницы Традиция (2022 г.) и озимой ржи Талица (2023 г.).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВУ

1. Выявленные факторы (климатические, почвенные), влияющие на жизнеспособность склероциев гриба *S. purpurea*, могут быть использованы при прогнозе сезонного распространения спорыньи, корректировке семеноводческих и агротехнологических мероприятий при возделывании зерновых культур.

2. Методы создания искусственного инфекционного фона по спорынье рекомендуется использовать в селекционных программах НИУ и ФГБНУ Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений для скрининга генофондов озимой ржи и яровой пшеницы, а также других зерновых культур, выявления и создания источников устойчивости и объективной иммунологической оценки сортов.

3. При поиске устойчивых к спорынье форм следует обращать внимание на характер цветения растений и вовлекать в селекцию генотипы с наиболее коротким и активным цветением.

4. В создании источников и урожайных сортов рекомендуется использовать разработанные нами методические положения по селекции на устойчивость к спорынье.

5. В регионах Российской Федерации, где актуальна проблема спорыньи, и в целях снижения ее развития и вредоносности, следует расширить использование новых сортов озимой ржи Флора, Графиня и Лика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абергин – новое отечественное дофаминэргическое средство природного происхождения / Т.Е. Трумпе, О.К. Колхир, П.П. Омельницкий [и др.] // Труды ВИЛАР: Химия, технология, медицина. – М., 2000. – С. 200–209.
2. Агроклиматические ресурсы Кировской области. – Л.: Гидрометеиздат. – 1974. – 111 с.
3. Алкалоиды гриба *Claviceps* sp. ИБФМ F-401 / А.Г. Козловский, М.У. Аринбасаров, Т.Ф. Соловьева [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1980. – Т. 16. – № 4. – С. 569–572.
4. Анализ погружения зерна по наклонной плоскости в жидкости / В.Е. Сайтов, В.Г. Фарафонов, И.И. Максимов [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – №. 10 (149). – С. 43–53.
5. Артамонов, И.В. Микотоксины фитопатогенных грибов и микотоксикозы: исторический очерк (обзор) / И.В. Артамонов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – № 24 (5). – С. 703–719. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.703-719.
6. Афанасова, М.А. Спорынья пурпурная (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) / М.А. Афанасова, Т.К. Шешегова, Л.И. Кедрова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2003. № 3. – С. 67–70.
7. База данных генисточников по комплексу и отдельным хозяйственно-ценным признакам для использования в селекции / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, Е.И. Уткина [и др.] // Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2024. – Ч. 2. – 76 с.
8. Баньковская, А.Н. Изучение содержания и качественного состава алкалоидов спорыньи, паразитирующей на дикорастущих злаках и гибридных растениях / А.Н. Баньковская, Н.И. Островский, А.И. Баньковский // Лекарственные растения. – М.: Колос. – 1969. – Т. 15. – С. 442–456.
9. Барсегян, А.Г. Разработка методов селекции и повышения продуктивности штаммов-продуцентов эргоалкалоидов в сапрофитных условиях

культивирования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23 / Барсегян Антон Геворкбекович. – М., 2009. – 25 с.

10. Барсегян, А.Г. Изучение экзогенного воздействия гормоноподобных эффекторов ретардантного действия на биосинтетическую активность сапрофитной культуры *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. эргокриптинового штамма / А.Г. Барсегян, Т.А. Савина, Р.И. Бобылева // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2009. – № 1. – С. 15–18.

11. Бахтизин, Н.Р. Озимая рожь в Башкирии: (Биоэкология и интенсивная технология) / Н.Р. Бахтизин, Р.Р. Исмагилов. – Башкирский НИИ земледелия и селекции полевых культур, Башкирский сельскохозяйственный институт, Уфа: МСХ и продовольствия Башкирской ССР; 1991. – 247 с., ил.

12. Беляков, В.С. Состояние плодородия почв сельскохозяйственного назначения Кировской области / В.С. Беляков, В.Н. Молодкин // Повышение устойчивости земледелия в современных условиях: материалы научно-практической конференции. – Киров, 2001. – С. 43–41.

13. Билай, В.И. Микроорганизмы возбудители болезней растений. Справочник / В.И. Билай. – Киев: Изд-во «Наукова Думка». – 1988. – 549 с.

14. Биокolleкция фармацевтических паразитарных штаммов спорыньи пурпурной – основа для селекции новых линий, продуцирующих эргоалкалоиды *in vitro* / А.А. Волнин, Н.С. Цыбулько, П.С. Савин [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2023. – № 8. – С. 22–24. <https://doi.org/10.29296/25877313-2023-08-03>.

15. Биотехнология культивирования сырья спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) / С.С. Шаин, В.А. Быков, В.М. Трегубов [и др.] // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов: первая Российская научно-практическая конференция. – М.: Энциклопедия лекарств, 2003. – Вып. 10. – С. 357–363.

16. Блауберг, М. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона (1890–1916 гг.) Спорынья. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.ergotism.info/ru/1890_1916_ergot_brokgauz.htm.

17. Блашчак, В. Спорынья / В. Блашчак // Природа. – 1954. – № 6. – С. 75–77.

18. Бобылева, Р.И. Изучение влияния различных углеводов на ростовые и биосинтетические характеристики штамма *Claviceps purpurea* 07-Т / Р.И. Бобылева, Т.А. Савина // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине, посвящ. 85-летию ВИЛАР: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – М.: ВИЛАР, 2016. – С. 192–194.

19. Бобылева, Р.И. Физиологические и технологические аспекты биосинтеза эргоалкалоидов в сапрофитной культуре *Claviceps purpurea* (Fr.) Tulasne (обзор) / Р.И. Бобылева, П.С. Савин // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2019. – № 22 (10). – С. 30–36. <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-10-05>.

20. Бобылева, Р.И. Изучение морфологических и физиолого-биохимических особенностей штамма *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne VKMF-2641D в сапрофитной культуре / Р.И. Бобылева, П.С. Савин // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. – № 24 (12). – С. 57–62. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-12-09>

21. Богомолов, А.М. Об интенсивности цветения ржи и приеме дополнительного ее опыления / А.М. Богомолов // Биология и агротехника сельскохозяйственных культур: сборник трудов: – Горки. – 1967. – Т. 49. – С. 33–46.

22. Бойченко, Л.В. Биосинтез эргоалкалоида агроклавина мутантным штаммом микроскопического гриба *Claviceps fusiformis* VKMF-2609: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23 / Бойченко Лилия Валентиновна. – Пущино, 2004. – 20 с.

23. Бойес-Коркис, Д.М. Биосинтез эргоалкалоидов. Некоторые новые результаты по старой проблеме / Д.М. Бойес-Коркис, Х.Г. Флосс // Прикладная

биохимия и микробиология. – 1992. – Т. 28. – Вып. 6. – С. 844–857.

24. Бочаров, Д.К. К биологии прорастания рожков спорыньи / Д.К. Бочаров // Бюллетень НТИ ВНИИК им. В.Р. Вильямса. – 1957. – № 3. – С. 61–64.

25. Буга, С.Ф. Защита растений. / С.Ф. Буга. – Минск: Урожай, 1983. – 240 с.

26. Буга, С.Ф. Влияние протравителей на прорастание склероциев спорыньи *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / С.Ф. Буга, А.И. Немкович // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997а. – № 4. – С. 56–58.

27. Буга, С.Ф. Биологические особенности белорусской популяции спорыньи / С.Ф. Буга, А.И. Немкович // Научно-технический бюллетень ВНИИ растениеводства. – 1997б. – С. 86–96.

28. Буга, С.Ф. Спорынья озимой ржи / С.Ф. Буга, А.И. Немкович // НТИ и рынок. – 1997с. – № 7. – С. 22–23.

29. Буга, С. Ф. Роль гидротермических условий в прорастании склероциев *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / С. Ф. Буга, А. И. Немкович // Защита растений XXI PLANT PROTECTION: Сборник трудов Белорусского НИИ защиты растений. – 1998а. – Вып. XXI. – С.28–31.

30. Буга, С.Ф. Химическая фитозащита озимой ржи от спорыньи / С.Ф. Буга, А.И. Немкович // Международный аграрный журнал. – 2000. – № 5. – С. 20–22.

31. Буга, С.Ф. Состояние и проблемы защиты зерновых культур от болезней в Беларуси / С.Ф. Буга // Защита растений: сборник научных трудов. Белорусский НИИ защиты растений. – Минск. – 2000. – Вып. 25. – С. 113–121.

32. Буга, С.Ф. Нельзя недооценивать протравливание семян / С.Ф. Буга // Защита и карантин растений. – 2007. – № 3. – С. 30–31.

33. Буга, С.Ф. Теоретические и практические основы эффективной химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси: монография / С.Ф. Буга // Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт защиты растений». – Несвиж: Несвижская укрупненная

типография им. С. Будного, 2013. – 239 с.

34. Булавина, Т. Влияние борной кислоты на урожайность и пораженность спорыньей ярового тритикале / Т. Булавина // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 3. – С. 16.

35. Бурков, А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин / А.И. Бурков. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – 380 с., ил.

36. Быков, В.А. Уникальный центр лекарственного растениеводства / В.А. Быков, Т.А. Сокольская, Н.И. Сидельников // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8. – С. 3–7.

37. Владимирский, С.В. Географическое распространение и зоны вредоносного значения спорыньи в СССР / С.В. Владимирский // Современная ботаника. – 1939. – № 5. – С. 77–87.

38. Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области / Е.И. Уткина, Л.И. Кедрова, Е.С. Парфенова [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 20 (4). – С. 315–323. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323>.

39. Волнин, А.А. Разнообразие алкалоидов и вирулентность спорыньи *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne. Эволюция, генетическая диверсификация, метаболическая инженерия (обзор) / А.А. Волнин, П.С. Савин // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57. – С. 852–881. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.852rus.

40. Выдержки из отчета за 2021 г. Кислотность почвы и динамика изменения реакции почвенной среды. 19 мая 2022 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agrohim-kirov.ru/otchet_zh_2021_god_kislotnost/.

41. Гагкаева, Т.Ю. Микробиота зерна – показатель его качества и безопасности / Т.Ю. Гагкаева, А.П. Дмитриев, В.А. Павлюшин // Защита и карантин растений. – 2012. – № 9. – С. 14–18.

42. Герасина, А.Ю. Особенности нормирования вредной и особо учитываемой примеси в зерне пшеницы, ржи, тритикале и ячменя / А. Ю. Герасина, М.Д. Казаджан // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2020. – Т. 29. – С. 255–258.

43. Гитман, Л.С. Материалы о различной восприимчивости злаков к спорынье (Обзор) / Л.С. Гитман // Степень изученности и практического использования иммунитета различных культурных растений к главнейшим болезням и вредителям: тезисы докладов III Всесоюзное совещание по иммунитету к вредителям и болезням. – Кишинев, 1960. – Вып. 8. – С. 33–38.

44. Гитман, Л.С. Внимание спорынье / Л.С. Гитман // Защита растений. – 1967. – № 7. – С. 43.

45. Гласкович, А.А. Микологический и бактериологический мониторинг безопасности кормов. Монография / А.А. Гласкович, С.В. Абраскова, Е.А. Капитонова. – Витебск: Изд-во: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2013. – С. 19–22.

46. Влияние алюмоокислого стресса на морфо-биологические показатели генотипов озимой ржи / Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Е.А. Шляхтина [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 12–2. – С. 218–223. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37292>.

47. Гончаренко, А.А. Современное состояние производства, методы и перспективы направления селекции озимой ржи в РФ / А.А. Гончаренко // Озимая рожь: селекция. Семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-практической конференции – Уфа: ГНУ Башкирский НИИСХ, 2009. – 248 с.

48. Гончаренко, А.А. Современное состояние проблемы и направления исследований по селекции озимой ржи в РФ / А.А. Гончаренко // Вопросы селекции, семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: тезисы докладов Всероссийского научно-методического совещания. – Самара, 2000. – С. 1–5.

49. Гончаренко, А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи / А.А. Гончаренко. – М., 2014. – 372 с.
50. Гончарова, Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погодно-климатическим аномалиям / Э.А. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 1. – С. 24–31.
51. Горленко, М.В. Жизнь растений. Грибы. Порядок Спорыньевые или Клавицепсовые (*Clavicipitales*). Гл. ред. чл. - кор. АН СССР, проф. А.А. Федоров. Под. ред. проф. М.В. Горленко. М.: Просвещение, 1976. – Т. 2. – 479 с., ил. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z0000026/st038.shtml>.
52. ГОСТ 16990-88 Рожь. Требования при заготовках и поставках. Разработан и внесен министерством хлебопродуктов СССР / К.А. Чурусов, А.М. Каменецкая, Л.Г. Приезжева // Дата введения 07.01.1991. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023692>.
53. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов. – 1985. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>.
54. ГОСТ 26213-91. Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.audar_info.ru/na/editArticle/index/type_id/16/doc_id/29079/release_id/57778/?ysclid=l8x31gbocf150645249.
55. ГОСТ 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70684546/?ysclid=l8x35hcunl935742732>.
56. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Пестициды. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – 2023. – Ч. 1. – 893 с.

57. Графиня. Госсорткомиссия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni-grafinya-rozh-ozimaya>.
58. Грегер, Д. Образование производных лизергиновой кислоты в глубинной культуре *Claviceps paspali* Stevens et Hall. / Д. Грегер, Д. Ерге // Микробиология. – 1966. – Т. 35. – Вып. 4. – С. 606–611.
59. Григорьев, М.Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям / М.Ф. Григорьев. – Л.: ВИР, 1976. – 59 с.
60. Гусев, И.В. Спорынья злаков и препараты для контроля развития заболевания / И.В. Гусев // Eurasia Science: сборник статей XXXII международной научно-практической конференции. – М.: «Научно-издательский центр «Актуальность. РФ». – 2020. – С. 15–16.
61. Дабкявичюс, З.В. Спорынья злаковых трав и меры борьбы с семенной инфекцией овсяницы луговой в условиях Литвы: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук: 06.01.11 / Дабкявичюс Зенонас Владиславович. – Минск, 1985. – 20 с.
62. Дабкявичюс, З.В. Важнейшие грибные болезни злаковых растений, их распространение и меры борьбы: автореф. дис. ... д-ра с. - х. наук: 06.01.11 / Дабкявичюс Зенонас Владиславович. – Вильнюс, 1995. – 60 с.
63. Демидова, А. Спорынья – болезнь запущенных полей / А. Демидова // Поле Августа. – 2004. – № 10. – 6 с.
64. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / Т.И. Ишкова, Л.И. Берестецкая, Е.Л. Гасич [и др.]. – СПб.: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2008. – 76 с.
65. Динамика изменения кислотности почв в Кировской области. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agrohim-kirov.ru/>.
66. Дмитриева, К.В. О приспособленности ржи к перекрестному опылению / К.В. Дмитриева // Доклады ТСХА. – 1968. – Вып. 142. – С. 217–223.
67. Дмитриева, В.Л. Сравнительный анализ урожайности спорыньи после обработки гаметоцидами сортов озимой ржи / В.Л. Дмитриева, Т.А. Савина //

Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии: материалы 44 Международной научно-практической молодых ученых и специалистов. – РАСХН: ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. – М., 2010. – С. 79–81.

68. Дмитриев, А.П. Болезни сельскохозяйственных культур. Распространение спорыньи ржи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul). / А.П. Дмитриев, И.А. Будревская // Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD версия]. 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Secalis/Secalis_Claviceps_purpurea/map/index.html.

69. Доспехов, В.А. Методика полевого опыта / В.А. Доспехов – М., 1985. – 415 с.

70. Дьяков, Ю.Т. Фитоиммунитет: учебник / Ю.Т. Дьяков. – М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2017. – 178 с.

71. Евстратова, К.Д. Ретроспектива исследований алкалоидов спорыньи / К.Д. Евстратова // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2022. – Т. 24. – № 4. – С. 23–27. <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-4-23-27>.

72. Ефимова, Н. О спорынье дикорастущих трав / Н. Ефимова // Сельское хозяйство Казахстана. – 1969. – № 5. – С. 38.

73. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика / А.А. Жученко. – М.: Агрорус, 2009. – Т. 3. – 958 с.

74. Заболотная, Е.С. Алкалоиды спорыньи / Е.С. Заболотная // Сборник научных трудов ВИЛАР, М.: Медгиз. – 1950. – Вып. X. – С. 189–246.

75. Заболотная, Е.С. Содержание алкалоидов в дикорастущей спорынье в зависимости от районов произрастания / Е.С. Заболотная // Труды ВИЛАР. – 1959. – С. 11.

76. Защита зерновых культур, возделываемых на семенные цели, от болезней в условиях Беларуси / Н.А. Крупенько, А.Г. Жуковский, С.Ф. Буга

[и др.] // Защита растений. – 2023. – Т. 1. – №. 47. – С. 94–104.

77. Звонкова, Е.Н. Пути получения нейрогормональных препаратов эргопептидного ряда / Е.Н. Звонкова, С.С. Шаин, Е.С. Сайбель // Российский химический журнал. – 2005. – № 49 (1). – С. 125–134.

78. Иванов, А.П. Очистка зерна от трудноотделимых примесей (Обзорная информация) / А.П. Иванов. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – 1982. – 112 с.

79. Иванов, Л. Борьба с микотоксинами / Л. Иванов // Комбикормовая промышленность. – 1990. – № 4. – С. 46–47.

80. Иванов, А.В. Очистка ржи от спорыньи на экспериментальном вибропневмосепараторе / А.В. Иванов, В.М. Поздняков, Л.В. Рукшан // Энергосберегающие технологии и технические средства сельскохозяйственном производстве: сборник докладов международной научно-практической конференции. – Минск, 2008 – Ч. 2 – С. 162–166.

81. Идентификация генов устойчивости пшеницы к грибным заболеваниям. Методические указания / И.Г. Одинцова, Л.А. Смирнова, Л.А. Михайлова [и др.]. – Л.: ВИР, 1989. – 35 с.

82. Изучение условий хранения промышленных штаммов паразитарной культуры спорыньи / В.С. Фонин, Т.М. Сидякина, С.С. Шаин [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – № 32 (4). – С. 406–410.

83. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие / Е.Е. Радченко, В.И. Кривченко, О.В. Солодухина [и др.]. Под ред. Е.Е. Радченко; Российская академия сельскохозяйственных наук, Гос. науч. центр Российской Федерации Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 416 с.

84. Изучение и сохранению мировой коллекции ржи. Методические указания / В.Д. Кобылянский, И.В. Сафонова, О.В. Солодухина [и др.] // СПб.: ВИР, 2015. – 44 с.

85. Икрянников, Ю.С. Определение технологичной эффективности отделения спорыньи на предприятиях отрасли хлебопродуктов / Ю.С. Икрянников, Л.В. Рукшан // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов III Международной научно-технической конференции. – Могилев, 2001. – С. 72.
86. Инструкция по апробации сортовых посевов сельскохозяйственных культур / М.А. Кадыров, С.П. Халецкий, П.П. Васько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2004. – 154 с.
87. Инфекционные фоны в фитопатологии / А.Е. Чумаков, Ю.И. Власов, Л.Н. Бушкова [и др.]. Под ред. Ю.Н. Фадеева // Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1979. – 208 с., ил.
88. Исследование параметров движения зерна в жидкости устройства для удаления спорыньи / В.А. Сысуев, В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 29 (2). – С. 248–264. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201902.248-264.
89. К проблеме пораженности посевов зерновых культур спорыньей / М.А. Кадыров, М.В. Бурдусь, И.А. Черепок, А.М. [и др.] // Селекционно-генетические методы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур: сборник научных трудов. – Горки, 1997. – С. 76–79.
90. Кадыров, А.М. Изучение коллекции ячменя с целью выделения возможных источников устойчивости к поражению спорыньей *Cl. purpurea* / А.М. Кадыров // Генетические ресурсы устойчивости и достижения селекции в создании устойчивых к болезням и вредителям сортов сельскохозяйственных культур: материалы I Всероссийской конференции иммунитета растений к болезням и вредителям, посвящ. 300-летию Санкт-Петербурга. – СПб., 2002. – 39 с.
91. Кадыров, А.М. Изучение устойчивости ярового ячменя к поражению спорыньей / А.М. Кадыров // Земледелие и селекция в Белоруссии. – 2003. – № 39. – С. 225–229.

92. Кадыров, А.М. О возможности селекции ярового ячменя на устойчивость к поражению спорыньей (*C. PURPUREA*) / А.М. Кадыров, М.В. Кадыров // Современные принципы и методы селекции ячменя: сборник трудов международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2007. – С. 118–123.
93. Казаков, Е.Д. Вредные примеси в зерне (Ядовитые и карантинные) / Е.Д. Казаков. – М.: Заготиздат, 1962. – 192 с., ил.
94. Каракулин, Б.П. Новое о спорынье / Б.П. Каракулин // Природа. – 1938. – № 7. – С. 124–127.
95. Каталог селекционных достижений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-okhranyaemykh-selektionnykh-dostizheniy/>
96. Кедрова, Л.И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции / Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 67. – № 6. – С. 17–25. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25.
97. Кедрова, Л.И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России / Л.И. Кедрова. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 158 с.
98. Кефели, В.И. Природные ингибиторы роста растений / В.И. Кефели. – М.: Наука. – 1974. – 253 с.
99. Козлова, Л.М. Пути сохранения пахотных и залежных земель / Л.М. Козлова, Л.Н. Шихова, Т.К. Шешегова // Защита и карантин растений. – 2006. – № 1. – С. 18–20.
100. Козловский, А.Г. Исследование алкалоидов сапрофитных грибов: биосинтез, структура, свойства, химико-микробиологический синтез: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.23 / Козловский Анатолий Григорьевич. – М., 1987. – 40 с.
101. Комарова, Е.Л. Исследование и аналитический контроль сырья и лекарственных средств, содержащих алкалоиды спорыньи эрготоксиновой группы:

автореф. дис. ... канд. фармацевтических наук: 15.00.02 / Комарова Елена Леонидовна. – М., 1995. – 22 с.

102. Комарова, Е.Л. Идентификация селекционных штаммов спорыньи по алкалоидному составу индивидуальных склероциев / Е.Л. Комарова, С.С. Шаин // Химико-фармацевтический журнал. – 1998. – № 8. – С. 34–37.

103. Комарова, Е.Л. Химия пептидных алкалоидов спорыньи. Методы аналитического контроля эргоалкалоидов / Е.Л. Комарова, О.Н. Толкачев // Химико-фармацевтический журнал. – 2001. – Ч. 2. – Т. 35. – № 10. – С. 18–24.

104. Кобылянский, В.Д. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням / В.Д. Кобылянский, Л.А. Королева. – Л.: ВИР, 1977. – 26 с.

105. Кобылянский, В.Д. Рожь. Генетические основы селекции / В.Д. Кобылянский. – М.: Колос. – 1982. – 271 с.

106. Кобылянский, В.Д. Вредоносность главнейших болезней короткостебельной озимой ржи и методы селекции на устойчивость / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1982. – № 9. – С. 3–5.

107. Кобылянский, В.Д. Развитие спорыньи на низкопентозановой диплоидной озимой ржи / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 4 (76). – С. 73–78.
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-73-78>.

108. Кобылянский, В.Д. Морфологические особенности низкопентозанового зерна ржи / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, И.М. Никонорова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 182. – № 2. – С. 123–130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.

109. Коновалов, Ю.Б. Селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям / Ю.Б. Коновалов. – М.: Колос, 1999. – 135 с.

110. Корзун, А.Е. Сравнительное изучение биологии цветения озимой твердой и мягкой пшениц в условиях БССР / А.Е. Корзун // Биология и агротехника

сельскохозяйственных культур: сборник научных трудов. – Горки, 1967. – Т. 49. – С. 47–61.

111. Кособуцкий, М.И. Спорынья (*Claviceps purpurea* Tul.) в Вотской Автономной области в 1926–1928 гг. Под ред. А.С. Бондарцева. Областная станция защиты растений и Научное общество по изучению Вотского края. – Л., Вотская областная станция защиты растений: Научное общество по изучению Вотского края, 1929. – 64 с. ил., граф.

112. Крупнов, В.А. Спорынья на яровой пшенице в Нижнем Поволжье / В.А. Крупнов, А.В. Бороздина // АГРО XXI. – 2001. – № 6. – С. 8–9.

113. Кудряшова, З.Н. Особенности поражения спорыньей озимой ржи / З.Н. Кудряшова // Селекция, семеноводство и технология возделывания зерновых культур в Северо-Западной зоне РСФСР. – 1968. – С. 56–61.

114. Культурная флора СССР. Рожь. / В.Д. Кобылянский, А.Е. Корзун, А.Г. Катерова [и др.]. – Л.: Агропроиздат, 1989. – Т. II. – Ч. I. – 368 с.

115. Куцик, Р.В. Спорынья /маточные рожки/ – *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne. Аналитический обзор / Р.В. Куцик, Б.М. Зузук // Ивано-Франковская государственная медицинская академия: Провизор. – 2002. – № 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.provisor.com.ua/archive/2002/N11/art_36.php.

116. Лазаревич, С.В. Характер цветения озимых и яровых тритикале в условиях Белоруссии / С.В. Лазаревич, Н.В. Лазаревич // Генетика, селекция и семеноводство: сборник научных трудов. – Горки, 1977. – Вып. 29. – С. 22–27.

117. Лапшина, И. «Злые корчи» на ржаном поле / И. Лапшина // Природа и человек. – 2003. – № 10. – С. 10–11.

118. Латыпов, А.З. Биология цветения видов рода *TRITICUM* / А.З. Латыпов, В.И. Апрель // Биология цветения, опыления и оплодотворения видов пшениц: сборник научных трудов. – Горки. – 1971. – Т. 75. – С. 3–21.

119. Латыпов, А.З. Биология цветения сортового разнообразия озимой пшеницы *TRITICUM AESTIVUM* L. В условиях Белоруссии / А.З. Латыпов, А.Е. Корзун // Биология цветения, опыления и оплодотворения видов пшениц:

сборник научных трудов. Горки. – 1971. – Т. 75. – С. 66–72.

120. Левитин, М.М. Фитопатогенные грибы и болезни человека / М.М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2009. – № 9. – С. 24–25.

121. Леонова, И.Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов / И.Н. Леонова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 2. – С. 314–325.

122. Лика. Госсорткомиссия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/like-rozh-ozimaya/>.

123. Лысов, А.К. Проблемы применения средств защиты растений и пути снижения их техногенного воздействия на окружающую среду / А.К. Лысов // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – №. 3 (116). – С. 34–50.

124. Макаров, А.А. Количественная классификация сортов пшеницы по степени расонеспечической устойчивости к бурой ржавчине / А.А. Макаров, Ю.А. Стрижекозин, Д. А. Соломатин // Иммуитет сельскохозяйственных культур к возбудителям грибных болезней. – М., 1991. – С. 105–110.

125. Масалаб, Н.А. Методы паразитарного культивирования спорыньи для медицинских целей / Н.А. Масалаб. – М.: Медгиз, 1941. – 39 с.

126. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – Вып. 2. – Ч. 2. – 230 с.

127. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. – СПб.: ВИР, 1999. – 53 с.

128. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). – Краснодар, 2000. – 27 с.

129. Молодкин, В.Н. Плодородие пахотных почв Кировской области / В.Н. Молодкин, А.С. Бусыгин // Земледелие. – 2016. – № 8. – С. 16–18.

130. Мухитов, А.А. Спорынья и ее токсические свойства / А.А. Мухитов // В мире научных открытий. – 2020. – С. 3–5.
131. Мушникова, К.С. Спорынья зерновых культур и меры борьбы с нею / К.С. Мушникова. – М.: Колос, 1980. – 72 с.
132. Назарова, Л.Н. Прогрессирующие грибы, паразитирующие на зерне / Л.Н. Назарова, Е.А. Соколова // Агро XXI. – 2000. – № 4. – С. 2–3.
133. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereal* L.) в Беларуси / Э.П. Урбан, С.И. Гордей, Д.Ю. Артюх [и др.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. – 2022. – Vol. 60. – No. 2. – P. 160–170. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170>.
134. Наумова, Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. / Н.А. Наумова. – Л.: Сельхозгиз, 1969. – 109 с.
135. Немкович, А.И. Распространенность и вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи / А.И. Немкович // Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений. – Минск, 1997. – С. 52–53.
136. Немкович, А.И. Вредоносность *Claviceps purpurea* Tul. на озимой ржи / А.И. Немкович, С.Ф. Буга // Защита растений. – Белорусский НИИЗР. – 1998. – С. 58–65.
137. Немкович, А.И. Агротехнические мероприятия по защите от спорыньи *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / А.И. Немкович, Д.Г. Симченков // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства. – Жодино, 1998. – С. 204–205.
138. Немкович, А.И. Биологические средства, подавляющие жизнеспособность склероциев *Claviceps purpurea* Tul. / А.И. Немкович // Защита растений. – Белорусский НИИЗР. – 1998а. – С. 78–82.
139. Немкович, А.И. Поражаемость злаковых культур спорыньей / А.И. Немкович // Защита и карантин растений. – Белорусский НИИЗР. – 1998б. – № 7. – С. 41.

140. Немкович, А.И. Эффективность азотной подкормки в ингибировании прорастания склеротиев спорыньи / А.И. Немкович // Почва – удобрение – плодородие: материалы Международной научно-производственной конференции. – Минск, 1999а. – С. 120–121.
141. Немкович, А.И. Биологическое обоснование защиты озимой ржи от спорыньи: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Немкович Андрей Иванович. – п. Прилуки, Минской обл., 1999б. – 18 с.
142. Немкович, А.И. Как защитить посевы озимой ржи от спорыньи? / А.И. Немкович // Защита растений. – 1999с. – № 2. – С. 22.
143. Немкович, А.И. Вредоносность *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. на озимой ржи / А.И. Немкович, С.Ф. Буга // Защита растений. – 2000. – № 19 (23). – С. 58–65.
144. Немкович, А.И. Грибной патогенный комплекс на озимой ржи / А.И. Немкович // Защита и карантин растений. – 2000а. – № 10. – С. 24–25.
145. Немкович, А.И. Биологические средства, подавляющие жизнеспособность склеротиев *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / А.И. Немкович // Защита растений. – 2000б. – № 24. – С. 78–83.
146. Немкович, А.И. Проблема спорыньи в сельскохозяйственном производстве Беларуси / А.И. Немкович // Актуальные проблемы патологии сельскохозяйственных животных: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2000с. – С. 527–529.
147. Немкович, А.И. Влияние протравителей на подавление жизнеспособности спорыньи злаков / А.И. Немкович // Защита и карантин растений. – 2005а. – № 2. – С. 31–32.
148. Немкович, А.И. Последствия зараженности озимой ржи спорыньей / А.И. Немкович // Защита и карантин растений. – 2005б. – № 5. – С. 42–43.
149. Немкович, А.И. Факторы, влияющие на заражение и распространение спорыньи / А.И. Немкович // Защита растений. – 2005с. – № 29. – С. 127–132.
150. Немкович, А.И. Спорынья злаковых культур / А.И. Немкович // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 25–26.

151. Неофитова, В.К. Методы полевой оценки устойчивости сортов озимых зерновых культур к снежной плесени / В.К. Неофитова. – Минск, 1976. 4 с.
152. Низковская, О.Н. О биосинтезе алкалоидов спорыньи в сапрофитной культуре / О.Н. Низковская, А.Н. Шиврина // Микология и фитопатология. – 1969. – Т. 3. – Вып. 1. – С. 66–75.
153. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Кировской области. Киров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosselhocenter.ru/obuchrezhdenii/filialy/privolzhskiy/kirovskaya_oblast/kirovskiy_filial_vypustil_obzor_fitosanitarnogo_sostoyaniya_posevov_selskokhozyaystvennykh-kultur-v-/.
154. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2016 г. и прогноз развития вредных объектов в 2017 г. М., 2017. – 881 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/search/?text=150.%09Обзор+фитосанитарного+состояния+посевов+сельскохозяйственных+культур+в+Российской+Федерации+в+2016+году+и+прогноз+развития+вредных+объектов+в+2017+году.+Москва.+2017.+881+с.+&lr=46&clid=2456107>.
155. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 г. и прогноз развития вредных объектов в 2018 г. М., 2018. – 978 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosselhocenter.com/files/users/42/Moskva/Обзор_2017_г_объединенный-ilovepdf-compressed_63ca9.pdf.
156. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2018 г. и прогноз развития вредных объектов в 2019 г. М., 2019. – 900 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosselhocenter.com/files/users/42/Moskva/2019/ОБЗОР_2018_г_compressed-сжатый_1_ec0eb.pdf.
157. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2019 г. и прогноз развития вредных объектов

в 2020 г. М., 2020. – 879 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ОБЗОР 2019-2020.pdf](#).

158. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2020 г. и прогноз развития вредных объектов в 2021 г. М., 2021. – 896 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ОБЗОР 2020-2021.pdf](#).

159. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2021 г. и прогноз развития вредных объектов в 2022 г. М., 2022. – 896 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ОБЗОР 2021-2022.pdf](#).

160. Овсянников, Ю.А. Возможные последствия изменения климата для сельского хозяйства / Ю.А. Овсянников // Аграрный вестник Урала. – 2006. – № 1. – С. 15–17.

161. Опасная вредная примесь – СПОРЫНЬЯ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bmvl.ru/opasnaya-vrednaya-primes-sporynya/>.

162. Орлов, В.Д. Исследование зернового хлеба и муки со спорыньей из Нолинского уезда Вятской губернии урожая 1889 г. Материалы для изучения эпидемии «злой корчи» в России. Дневник общества врачей при Казанском университете, Казань: типография университета. 1891. – № 4. – С. 34–71. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/007/096/96478.htm>.

163. Орловская, О.А. Устойчивость линий мягкой пшеницы с генетическим материалом видов рода *Triticum* к грибным болезням / О.А. Орловская, С.И. Вакула, Л.В. Хотылева // Сельскохозяйственная биология. – № 1. – 2021. – С. 171–183. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.171rus

164. Островский, Н.И. Ресурсы спорыньи в СССР / Н.И. Островский, А.Н. Баньковская, А.И. Шалагина // М., 1968. – Сообщение. 1. – Вып. 2. – С. 162–172.

165. Павлова, В.В. Спорынья зерновых – результат плохого хозяйствования / В.В. Павлова // Агро XXI. – 2000. – № 7. – С. 4–5.
166. Пакет программ селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS (версия 2.07, Тверь, 1998).
167. Переведенцев, Ю.П. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области / Ю.П. Переведенцев, М.О. Френкель, М.З. Шаймарданов. – Казань: Казанский государственный университет, 2010. – 242 с.
168. Погода и климат. Погода в Кирове [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27199>.
169. Поиск генотипов ржи и пшеницы, устойчивых к *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. и не накапливающих эргоалкалоиды в склероциях гриба / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, Т.В. Антипова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56. – С. 549–558. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.3.549rus>.
170. Покровский, В.И. Эрготизм – спутник стихийных бедствий / В.И. Покровский, В.А. Тутельян // Терапевтический архив. – 1982. – Т. 54. – № 9. – С. 108–110.
171. Получение классических эргоалкалоидов в сапрофитной культуре *Claviceps purpurea* Tul. / А.И. Шалагина, Н.И. Островский, А.Н. Баньковская [и др.] // Микробиология. – М.: Наука, 1965. – Т. XXXIV. – Вып. 4. – С. 901–904.
172. Пономарева, М.Л. Спорынья озимой ржи и меры борьбы с ней / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Нива Татарстана. – 2001. – № 5. – С. 8–9.
173. Пономарева, М.Л. Основные тенденции производства и селекционного улучшения озимой ржи / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Зерновое хозяйство. – 2004. – № 7. – С. 11–12.
174. Пономарев, С.Н. Селекция озимой ржи на урожайность и качество зерна в условиях северной зоны Приволжского Федерального округа / С.Н. Пономарев, М.Л. Пономарева, ГС. Маннапова // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-

практической конференции. Екатеринбург: Уральский НИИСХ, 2012. – С. 48–52.

175. Пономарев, С.Н. Основы адаптивной селекции озимой ржи на продуктивность и качество в Среднем Поволжье: дис. д-ра с. - х. наук: 06.01.05 / Пономарев Сергей Николаевич. – Казань, 2014. – 418 с.

176. Применение методов глубинного культивирования для выращивания инфекционного материала спорыньи *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / Т.А. Савина, С.С. Шаин, В.А. Быков [и др.] // Сборник научных трудов, посвящ. 70-летию Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений. – М.: ВИЛАР, 2000. – С. 362–369.

177. Проблемы качества зернофуража / А.А. Хоченков, Д.Н. Ходосовский, В.В. Соляник [и др.] // Ветеринария. – М., 2000а. – № 1. – С. 55–56.

178. Пшедецкая, Л.И. Биологические особенности спорыньи на культурных и луговых злаках, как материал для обоснования мероприятий по борьбе с ней: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Пшедецкая Людмила Ивановна. – Л., 1953. – 22 с.

179. Пшедецкая, Л.И. Специализация и самостоятельность некоторых видов рода *Claviceps* на злаках / Л.И. Пшедецкая // Труды Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений. – Л., 1954. – Вып. 5. – С. 47–55.

180. Пшедецкая, Л.И. Зависимость развития штаммов *Claviceps purpurea* Tul. от различных сред и источников азотного питания / Л.И. Пшедецкая // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1973. – № 15. – С. 38–43.

181. Пшедецкая, Л.И. Склероциальная стадия *Claviceps purpurea* Tul. / Л.И. Пшедецкая // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1974. – № 21. – С. 57–61.

182. Пшедецкая, Л.И. Конидиальная стадия гриба *Claviceps purpurea* Tul. / Л.И. Пшедецкая // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1975. – № 21. – С. 39–45.

183. Пшедецкая, Л.И. Условия зимовки и особенности прорастания склероциев спорыньи / Л.И. Пшедецкая // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1978. – Вып. 4. – № 21. – С. 63–68.

184. Пуляевский, Р.Ю. Спорынья пурпурная. Биологическое разнообразие Калужской области / Р.Ю. Пуляевский // Проблемы и перспективы развития, особо охраняемых природных территорий: материалы Калужской научно-практической конференции. – Калуга, 1996. – Ч. II. – С. 103–108.

185. Растительные препараты на основе индольных алкалоидов, их производных и аналогов: биологическая активность / О.Н. Толкачев, В.Н. Толкачев, О.П. Шейченко [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2018. – № 21 (9). – С. 3–14.
<https://doi.org/10.29296/25877313-2018-09-01>.

186. Рекомендации по возделыванию спорыньи на ржи / С.С. Шаин, Л.В. Первушина, Ю.А. Русское [и др.] – М.: ВИЛР, 1983. – 80 с.

187. Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения / С.В. Щукин, А.И. Голубева, В.И. Дорохова [и др.] // Вестник АПК Верхневолжья. – № 1 (41). – 2018. – С. 87–99.

188. Реформатский, Н.И. Общий обзор «злой корчи» в Нолинском уезде Вятской губернии в 1889–1890 гг. Казань, 1890 г. Типография императорского университета. – 31 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://archive.org/stream/b22318197/b22318197_djv.

189. Реформатский, Н.Н. Душевное расстройство при отравлении спорыньей: (Болезнь «злая корча») с прил. 2 табл. микроскоп. рис. и 4 табл. фототипий больных: дис. на степень д-ра медицины Николая Николаевича Реформатского / Из психофизиол. кабинета Казанск. ун-та. – М.: типо-литогр. т-ва И.Н. Кушнерев и К, 1893. – 420 с., 6 л. ил. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://search.rsl.ru/ru/record/01003634105>.

190. Решетилова, Т.А. Биосинтез алкалоидов мицелиальными грибами / Т.А. Решетилова, А.Г. Козловский // Прикладная биохимия и микробиология. – 1990. – Т. 26. – Вып. 3. – С. 291–306.
191. Ржехачек, З. Физиологические аспекты образования алкалоидов спорыньи / З. Ржехачек // Прикладная биохимия и микробиология (пер. с англ.) – 1983. – Вып. 2. – Т. 19. – С. 267–269.
192. Рождественский, Н.А. Спорынья. – Сводка современных данных о спорынье / Н.А. Рождественский. – Л., 1927. – 165 с.
193. Роль стандартов на зернофураж в обеспечении производства экологически чистой продукции животноводства / А.А. Хоченков, Д.Н. Ходосовский, В.В. Соляник. [и др.] // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 2000б. – № 3. – С. 74–77.
194. Рукшан, Л.В. Исследование возможности отделения спорыньи при переработке ржи / Л.В. Рукшан, О.Д. Рябая, АА. Сологубик // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов II международной научно-технической конференции. Министерство образования Республики Беларусь. – Могилев: МогТИ, 2000. – С. 117–118.
195. Рукшан, Л.В. Исследование возможности выделения спорыньи от зерновой массы ржи / Л.В. Рукшан, Ю.С. Икрянников // Пути научного обеспечения производства, послеуборочной обработки, хранения и переработки зерна и других продуктов растениеводства: материалы научно-технической конференции, посвящ. 10-летию Независимости Казахстана, Министерство сельского хозяйства Казахстана. – Астана, 2002. – С. 245–253.
196. Рукшан, Л.В. Возможность использования ИК-спектроскопии при отделении спорыньи от основной массы ржи / Л.В. Рукшан // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов III международной научно-технической конференции. – Министерство образования Республики Беларусь. – Могилев: МогТИ, 2002а. – С. 40–41.

197. Рукшан, Л.В. Разработка мероприятий по борьбе со спорыньей / Л.В. Рукшан // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов III международной научно-технической конференции. Министерство образования Республики Беларусь. – Могилев: МогТИ, 2002б. – С. 60–62.

198. Рукшан, Л.В. Исследование возможности отделения спорыньи от основной массы ржи, выращиваемой в Республике Беларусь / Л.В. Рукшан // сборник научных трудов Каунасского технического университета. – Каунас, 2002с. – Т. 36 – С. 143–151.

199. Рукшан, Л.В. Спорынья ржи (возбудитель *Claviceps purpurea*) / Л.В. Рукшан, Минск: Минское изд-во центр БГУ, 2003. – с. 216. – 90 ил.

200. Рукшан, Л.В. Спорынья и рожь – факты и перспективы. Сельское хозяйство. Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/23_WP_2009/Agricole/51109.doc.htm.

201. Рыженков, Е.В. Сорта ржи, как возможные продуценты ценных в фармакологии эргоалкалоидов гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / Е.В. Рыженков, Л.М. Щеклеина // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2020. – С. 94–100.

202. Савина, Т.А. Экзогенная биорегуляция развития *Claviceps purpurea* (FR.) TUL. (обзор) / Т.А. Савина, П.С. Савин, Р.И. Бобылева // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2018. – № 21 (12). – С. 28–34. <https://doi.org/10.29296/25877313-2018-12-06>.

203. Савин, П.С. Характеристика роста мицелия и конидиоспор гриба спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) в сапрофитных условиях глубинного культивирования / П.С. Савин, С.С. Шаин, Т.А. Савина // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник научных трудов. – М.: ВИЛАР, 2005. – Вып. 13. – С. 36–45.

204. Савин, П.С. Усовершенствование технологии выращивания инфекционного материала спорыньи в сапрофитных условиях культивирования

/ П.С. Савин // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: VI международный симпозиум. – 2005. – Т. III. – С. 424–426.

205. Савин, П. С. Регуляция конидиогенеза в сапрофитной культуре спорыньи *Claviceps purpurea* (Fr) Tul. культивирования / П.С. Савин // Химия, технология, медицина: материалы международной конференции, посвящ. 75-летию образования Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений. М.: ВИЛАР. – 2006. – Т. XVII. – С. 91–97.

206. Савин, П.С. Технология выращивания инфекционного материала спорыньи пурпуровой (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) в условиях глубинного культивирования / П.С. Савин // Доклады РАСХН. – 2007а. – № 2. – С. 21–23.

207. Савин, П.С. Особенности биорегуляции конидиогенеза в условиях глубинного культивирования элитного инфекционного материала спорыньи: *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23 / Савин Павел Сергеевич. – М., 2007б. – 23 с.

208. Саитов, А.В. Особенности функционирования фотосепараторов для очистки зерна и семян от примесей / А.В. Саитов // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы международной научно-практической конференции. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – С. 352–355.

209. Саитов, В.Е. Содержание соли в растворе различной плотности / В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов, А.В. Саитов // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: материалы X международной научно-практической конференции «Наука-Технология-Ресурсосбережение»: сборник научных трудов. – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2017. – Вып. 18. – С. 267–271.

210. Саитов, В.Е. Доверительные интервалы плотности массы зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 и склеротий спорыньи / В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов, А.В. Саитов // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. материалы V Международной научно-практической

конференции. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. – С. 316–319.

211. Сайтов, В.Е. Исследования выделения склероций спорыньи из зернового материала в водном растворе соли / В.Е. Сайтов, Р.Ф. Курбанов, А.В. Сайтов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1. – Т. 65. – С. 83–88. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-83-88.

212. Саликов, М.И. Новое кормовое заболевание лошадей и крупного рогатого скота / М. И. Саликов // Ветеринария. – М.: Изд-во Наркомзема СССР. 1944. – № 7 (июль). – С. 41–43. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.booksite.ru/veterinariya/1944/1944_7.pdf.

213. Самерсов, В.Ф. Вредители и болезни зерновых культур и меры борьбы с ними / В.Ф. Самерсов, С.Ф. Буга. Под ред. А.Л. Амбросова. – Минск: Урожай. – 1978. – 80 с. ил.

214. Санин, С.С. Проблемы фитосанитарии семеноводства России / С.С. Санин. – Орел: изд-во Орловский государственный аграрный университет, 2002. – 475 с.

215. Саркисов, А.Х. Микотоксикозы: (грибковые отравления) / А.Х. Саркисов. – М.: гос. изд. с. - х. литературы, 1954. – 216 с.

216. Саркисова, М.А. Влияние условий выращивания на рост спорыньи – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. и синтез алкалоидов в сапрофитной культуре / М.А. Саркисова, А.И. Шалагина, А.Н. Баньковская // Микология и фитопатологии. – 1979. – Т. 13. – В. 6. – С. 479–484.

217. Саркисова, М.А. Поиск новых штаммов спорыньи – продуцентов пептидных эргоалкалоидов / М.А. Саркисова, С.С. Шаин, Л.И. Бритвенко // Микология и фитопатология. – 1983. – Т. 17. – В. 3. – С. 203–205.

218. Саркисова, М.А. Биотехнология получения алкалоидов спорыньи / М.А. Саркисова // Лекарственное растениеводство. – М., 1990. – С. 24.

219. Саркисова, М.А. Влияние состава питательной среды на рост и синтез алкалоидов спорыньи в сапрофитной культуре / М.А. Саркисова, В.М. Фишман // Антибиотики и химеотерапия. – 1991. – Т. 36. – № 12. – С. 8–10.

220. Сафонова, И.В. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения / И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов, В.Д. Кобылянский // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – № 23 (6). – С. 780–786. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.552>.
221. Селекционные цели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kws.com/ru/ru/innovatsiya/selekcionnye-celi/>.
222. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье. Методическое пособие / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, Л.И. Кедрова [и др.]. – Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. – 27 с.
223. Синицкий, В.С. О первичном и вторичном заражении ржи и культуре ее на спорынью / В.С. Синицкий // Ботанический журнал. – 1962а. – Т. 47. – № 10. – С. 1482–1487.
224. Синицкий, В.С. Разведение спорыньи (*Claviceps purpurea* Tul.) на ржи в Ленинградской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Синицкий Владимир Сергеевич. – Л., 1962б. – 18 с.
225. Синицкий, В.С. Об искусственном заражении ржи спорыньей / В.С. Синицкий // Ботанический журнал. – 1963. – Т. 48. – № 2. – С. 219–222.
226. Система ведения агропромышленного производства Кировской области на период до 2005 г. Под ред. В.А. Сысуева. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 267 с.
227. Сорока, С.В. Спорынья хлебных злаков. Вредоносность, симптомы, распространение инфекции, меры борьбы / С.В. Сорока, С.Ф. Буга, А.В. Майсеенко // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 9. – С. 27–29.
228. Сорт Графиня. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fanc-sv.ru/products/semena-zernovyix-kultur/ozimaya-rozh/sort-grafinya.html>.

229. Сорт Флора. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fancsv.ru/products/semena-zernovyix-kultur/ozimaya-rozh/sort-flora.html>.

230. Спорынья – болезнь пшеницы на неухоженных полях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nalugah.ru/zernovye/pshenica/sporynya-pshenicy-profilaktika-i-mery-borby.html>.

231. Способ послеуборочной сушки бункерной смеси рожков спорыньи и зерна ржи безводным сульфатом натрия / С.С. Шаин, Ю.А. Руссков, А.Н. Баньковская [и др.] // Результаты научных исследований по стероидосодержащим лекарственным растениям. – М.: ВИЛАР, 1975. – Вып. 7. – С. 216–221.

232. Станчева, Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Болезни полевых культур. Перевод Г. Даниловой, редакторы А.С. Васютин, Л.В. Ширина, О.А. Кулич – София-М.: изд-во «Пенсофт», 2003. – Ч. 3. – 175 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://djvu.online/file/wL2KgrmofOyck>.

233. Статистическая оценка интервала значений удельной массы зерна озимой ржи Фаленская 4 и склеротий спорыньи / В.А. Сысуев, В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2017б. – № 10. – С. 48–53.

234. Струкчинскас, М. Некоторые данные о спорынье в Литве / М. Струкчинскас. – IV Симпозиум Прибалтийских микологов и лишенологов. – Рига, 1965. – С. 144–148.

235. Сысуев, В.А. Методы повышения агробиоэнергетической эффективности растениеводства: Монография / В.А. Сысуев, Ф.Ф. Мухамадьяров // Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН: Киров, 2001. 216 с.

236. Теоретические предпосылки расчета параметров устройства для очистки зерна от склеротий спорыньи / В.А. Сысуев, В.Е. Саитов,

В.Г. Фарафонов [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017а. – № 2. – С. 55–58.

237. Тихонович, И.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов // СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета. – 2009. – 210 с.

238. Труфанов, О. Алкалоиды спорыньи: современное состояние проблемы и методы профилактики отравлений. Эксклюзивные технологии / О. Труфанов, В. Лохов, И. Родригес. – 2009. – № 6. – С. 50–55. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ergotism.info/ru/2009_trufanov_ergot_alkaloids.pdf.

239. Тутельян, В. Токсины природные страшнее антропогенных / В. Тутельян // Медицинский вестник. – 2002. – № 18. – С. 11–12.

240. Тюлин, В.В. Почвы Кировской области / В.В. Тюлин. – Киров: Волго-Вятское книжное издательство, 1976. – 283 с.

241. Урбан, Э.П. Ржаное поле Республики Беларусь / Э.П. Урбан // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 10. – С. 15–18.

242. Урбан, Э.П. Селекция озимой ржи (*Secale cereale* L.) в Белоруссии (научные основы и результаты): автореф. дис. ... д-ра с. - х. наук: 06.01.05 / Урбан Эрома Петрович. – Жодино, 2006. – 41 с.

243. Урбан, Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания / Э.П. Урбан. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 269 с.

244. Урбан, Э.П. Селекция и проблемы возделывания гетерозисных гибридов F₁ озимой ржи в республике Беларусь / Э.П. Урбан, С.И. Гордей // Весці нацыянальнай акадэміі навук беларусі. серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56. – № 4. – С. 448–455. DOI: 10.29235/1817-7204-2018-56-4-448-455.

245. Урбан, Э.П. Результаты сравнительного изучения элементов технологии возделывания популяционного сорта и гибридов F₁ озимой ржи / Э.П. Урбан, С.И. Гордей, Д.Ю. Артюх // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2023. – №. 59. – С. 80–87.

246. Устойчивость сортов ржи к спорынье и содержание эргоалкалоидов в склероциях *Claviceps purpurea* в условиях Кировской области / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, В.П. Желифонова [и др.] // Микология и фитопатология. – 2019. – Т. 53. – № 3. – С. 177–182. DOI: 10.1134/S0026364819030127.

247. Уткина, Е.И. Селекция озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона: дис. д-ра с. - х. наук: 06.01.05 / Уткина Елена Игоревна. – М., 2017. – 343 с.

248. Ушанов, Ю.А. Гипотеза о применении склероции спорыньи в древнерусской иконописи / Ю.А. Ушанов // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2013. – № 3. – С. 84–92.

249. Фитопрепараты ВИЛАР: научно-справочное издание / В.А. Быков, С.А. Вичканова, В.К. Колхир, Т.В. Лукашина. Под общ. ред. Т.А. Сокольской. – М.: ВИЛАР: Изд-во Борус-Пресс, 2009. – 255 с., цв. ил. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19549587&ysclid=mhfx6q26d0132315133>.

250. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, Г.С. Маннапова [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2019. – № 9. – С. 27–34.

251. Флора. Госсорткомиссия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/flora-rozh-ozimaya/>.

252. Фонин, В.С. Изучение условий хранения штаммов паразитарной спорыньи *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / В.С. Фонин, В.И. Романенко, С.М. Озерская // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы V международного симпозиума. М., 2003. – Т. I. – С. 358–360.

253. Хазиев, А.З. Влияние препарата Экстрасол на рост и развитие озимых зерновых культур / А.З. Хазиев, С.Н. Пономарев // Научные основы производства

сельскохозяйственной продукции: материалы научно-практической конференции. – Саранск, 2006а. – С. 282–84.

254. Хазиев, А.З. Вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи / А.З. Хазиев, М.Л. Пономарева // Молодые ученые – возрождению агропромышленного комплекса России: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. – Брянск, 2006б. – С. 189–191.

255. Хазиев, А.З. Ущерб от спорыньи на озимой ржи и меры его предупреждения / А.З. Хазиев, М.Л. Пономарева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 2 (6). – С. 80–83.

256. Хазиев, А.З. Роль предпосевной обработки семян в снижении зараженности спорыньей / А.З. Хазиев // Молодежь и наука XXI века: материалы II Открытой всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Ульяновск, 2007а. – С. 98–100.

257. Хазиев, А.З. Факторы, влияющие на зараженность и распространение спорыньи на озимой ржи / А.З. Хазиев // Селекция и семеноводство озимых хлебов – результаты, методы, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2007б. – С. 146–150.

258. Хазиев, А.З. Влияние решетной очистки на снижение зараженности озимой ржи и тритикале от спорыньи / А.З. Хазиев, М.Л. Пономарева // Повышение эффективности растениеводства и животноводства – путь к рентабельному производству: материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Казань, 2008. – С. 309–312.

259. Хазиев, А.З. Влияние спорыньи на качество зерна ржи и агротехнические способы снижения зараженности / А.З. Хазиев // Научные основы технологий производства сельскохозяйственной продукции: материалы республиканской научно-практической конференции молодых ученых. – Казань, 2008а. – С. 14–21.

260. Хазиев, А.З. Влияние протравливания семян на зараженность спорыньей озимых культур / А.З. Хазиев // Научные основы технологий

производства сельскохозяйственной продукции: материалы республиканской научно-практической конференции молодых ученых. – Казань, 2008б. – С. 52–58.

261. Хазиев, А.З. Селекционные и агротехнические пути повышения устойчивости озимых культур к спорынье в Среднем Поволжье: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук: 06.01.05 / Хазиев Айтуган Зуфарович. – Киров, 2008с. – 19 с.

262. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е.К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4 (2). – С. 1044–1054.

263. Хоченков, А.А. Спорынья как основной загрязнитель фуражной ржи / А.А. Хоченков // Международный аграрный журнал: ежемесячный научно-производственный журнал для работников АПК. – 2000. – № 10. – С. 22–23.

264. Чирков, Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. – Учебник, переработанный и дополненный. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 296 с.

265. Чумаков, А.Е. Спорынья ржи. Распространение болезней сельскохозяйственных культур в СССР в 1968–1972 гг. / А.Е. Чумаков. – Л., 1973. – С. 49–51.

266. Чуприна, В.П. Спорынья на озимой пшенице. Меры борьбы / В.П. Чуприна, А.Е. Киреевкова // Главный агроном. – 2004. – № 5. – С. 34–35.

267. Шаин, С.С. Возделывание спорыньи на ржи // Лекарственное растениеводство. Обзорная информация / С.С. Шаин. – М.: ЦБНТИмедпром, 1987. – Вып. 4. – 50 с.

268. Шаин, С.С. Спорынья пурпуровая / С.С. Шаин, Г.И. Климахин, В.М. Руссков // Возделывание лекарственных культур. – 1987а. – Т. I. – С. 87–98.

269. Шаин, С.С. О возможности заражения ржи спорыньей в солнечную и дождливую погоду / С.С. Шаин, Г.К. Кузнецова, Ю.А. Русское // Обзорная информация «Лекарственное растениеводство». М.: ЦБНТИ Минмедбиопрот, 1987б. – Вып. 9. – 50 с.

270. Шаин, С.С. Биологические основы производства сырья спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) в биотехнологической системе гриб-растение / С.С. Шаин // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Т. 32. – № 3. – С. 275–279.
271. Шаин, С.С. Биорегуляция продуктивности растений / С.С. Шаин // Под ред. В.А. Быкова. – М.: Изд-во «Оверлей», 2005. – 228 с.
272. Шалагина, А.И. О селекции штаммов возбудителя спорыньи / А.И. Шалагина, А.Н. Баньковская // Микология и фитопатология. – 1981. – Т. 15. – Вып. I. – С. 17–20.
273. Шешегова, Т.К. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к болезням / Т.К. Шешегова, Л.И. Кедрова. – Киров, 2003. – 30 с.
274. Шешегова, Т.К. Селекция озимой ржи на устойчивость к фузариозным болезням на Северо-Востоке Нечерноземья России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.05, 06.01.11 / Шешегова, Татьяна Кузьмовна. – СПб.: ВИР, 2005. – 39 с.
275. Шешегова, Т.К. Методическое пособие по оценке влияния изменений климата на возделывание сельскохозяйственных культур / Т.К. Шешегова, Ф.Ф. Мухамадьяров // Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. – 23 с.
276. Шешегова, Т.К. Некоторые приемы и средства защиты озимой ржи от спорыньи / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 3. – С. 47–50.
277. Шешегова, Т.К. Зависимость вредоносности спорыньи от биометрических показателей склероциев / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Защита и карантин растений. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет. – 2017а. – № 11. – С. 9–12.
278. Шешегова, Т.К. Контроль спорыньи при помощи химических и биологических препаратов / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего: материалы международной научной конференции, посвящ. 85-летию

Агрофизического научно-исследовательского института – СПб.: ФГБНУ АФИ, 20176. – С. 92–96.

279. Шешегова, Т.К. Спорынья зерновых культур. Монография. / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // LAP LAMBERT Academic Publishing RU, Saarbrucken, Deutschland, 2019. – 80 с.

280. Шешегова, Т.К. Контроль спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) с помощью новых пестицидов / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 4. – С. 28–31. DOI: 10.31857/S2500262720040079.

281. Шешегова, Т.К. Эргоалкалоиды гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. как фактор токсичности склеротий и биологической опасности зерна ржи и пшеницы / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 162–167.

282. Шешегова, Т.К. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 6–13. – DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013.

283. Шешегова, Т.К. Источники комплексной устойчивости яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР / Т.К. Шешегова, Л.В. Волкова, Л.М. Щеклеина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16. – № 2 (77). – С. 49–58. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_49.

284. Шлегель, Р. Селекция гибридных форм как стимул развития молекулярно-генетических исследований у ржи / Р. Шлегель // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – № 19 (5). – С. 589–603. DOI: 10.18699/VJ15.076.

285. Щеклеина, Л.М. Исходный материал для селекции озимой ржи на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине в Северо-Восточном регионе Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. с. - х наук: 06.01.05 /

Щеклеина Люция Муллаахметовна. – Немчиновка, 2002. – 24 с.

286. Щеклеина, Л.М. Проблема спорыньи злаков (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): история и современность (обзор) / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Теоретическая и прикладная экология. – № 1. – 2013. – С. 5–12.

287. Щеклеина, Л.М. Вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области / Л.М. Щеклеина / Методы и технологии в селекции растений: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока. 2014. – С.110–113.

288. Щеклеина, Л.М. Вредоносность спорыньи на новых сортах озимой ржи в Кировской области / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2018. – Т. 4. – № 2. – С. 83–89.
<https://doi.org/10.30914/2411-9687-2018-4-2-83-89>.

289. Щеклеина, Л.М. Обоснование профилактических мероприятий по борьбе с прогрессирующим заболеванием – спорынья / ЛМ. Щеклеина, Ан.К. Вотинцева // III Всероссийская научно-практическая интернет – конференция молодых ученых и специалистов с международным участием, посвящ. 145-летию со дня рождения А.Г. Дояренко. Саратов: ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, 2019. – С. 248–253.

290. Щеклеина, Л.М. Биометрические признаки склеротий *Claviceps purpurea* и их связь с элементами продуктивности растений озимой ржи / Л.М. Щеклеина, Ак.К. Вотинцева, Т.К. Шешегова / Знания молодых: наука, практика и инновации. – Киров: ВГСХА, 2019. – С. 50–53.

291. Щеклеина, Л.М. Агроэкологические аспекты развития *Puccinia dispersa* Eriks. и *Puccinia graminis* Pers. на посевах озимой ржи в Кировской области / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 1 (52). – С. 65–70.
DOI: 10.12737/article_5ccedbb2724b13.28786713.

292. Щеклеина, Л.М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области / Л.М. Щеклеина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019а. – № 20 (2). – С. 134–143. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>.

293. Щеклеина, Л.М. Агроэкологические факторы развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области / Л.М. Щеклеина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: XVII всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет, 2019б. – С. 302–306.

294. Щеклеина, Л.М. Болезни *Secale cereale* L. в Кировской области и генетические источники устойчивости для селекции / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6. – С. 86–92. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-6-86-92.

295. Щеклеина, Л.М. Новые сорта озимой ржи для получения эргоалкалоидов *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / Л.М. Щеклеина // От растения до лекарственного препарата. – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2020а. – С. 124–130.

296. Щеклеина, Л.М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет / Л.М. Щеклеина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020б. – № 2. – Т. 2. – С. 124–132. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132.

297. Щеклеина, Л.М. Поиск иммунологически-ценных генотипов озимой ржи с использованием отдельных параметров неспецифической устойчивости / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова, Е.И. Уткина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – №. 4. – Т. 22. – С. 507–517. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.507-517.

298. Щеклеина, Л.М. Сорта озимой ржи, умеренно устойчивые к спорынье / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183. – № 4. – С. 229–238. <https://doi.org/10.30901/2227-8834->

[2022-4-229-238.](#)

299. Щеклеина, Л.М. Адаптивность и устойчивость сортов озимой ржи к грибным болезням / Л.М. Щеклеина // Таврический вестник аграрной науки. – 2022а. – № 2 (30). – С. 164–173.

300. Щеклеина, Л.М. Продуктивность растений озимой ржи в Кировской области в связи с поражением спорыньей / Л.М. Щеклеина // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Жодино: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2022б. – С. 86–88.

301. Щеклеина, Л.М. Спорынья в посевах яровой пшеницы и поиск устойчивых сортов / Л.М. Щеклеина // Биосфера. – 2022с. – Т. 14. – № 4. – С. 432–435. DOI: 10.24855/biosfera.v14i4.696.

302. Щеклеина, Л.М. Сорты озимой ржи, формирующие склероции с разным количеством эргоалкалоидов / Л.М. Щеклеина, М.А. Щеклеин // Успехи медицинской микологии: материалы 5-го съезда микологов России. – М.: Национальная академия микологии, 2022а. – Т. 23. – С. 276–280.

303. Щеклеина, Л.М. Агроэкологические факторы развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. в Кировской области / Л.М. Щеклеина, М.А. Щеклеин // Проблемы селекции – 2022б. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2022 г. – С. 123.

304. Щеклеина, Л.М. Влияние степени поражения спорыньей на элементы продуктивности сортов озимой ржи / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023а. – № 24 (2). – С. 223–230. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.223-230>.

305. Щеклеина, Л.М. Характер нарастания грибной инфекции в сортовых биоценозах озимой ржи и поиск устойчивых генотипов / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023б. – Т. 53. – № 8. – С. 36–43. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-8-4.

306. Щеклеина, Л.М. Искусственный инфекционный фон с использованием местной популяции гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / Л.М. Щеклеина, А.В. Харина // Пермский аграрный вестник. – 2023. – № 4 (44). – С. 83–90. DOI: 10.47737/2307-2873_2023_44_83.

307. Щеклеина, Л.М. Фитопатогенные грибы – источники микотоксинов / Л.М. Щеклеина, М.А. Щеклеин // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: XXI всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 379–384.

308. Щеклеина, Л.М. Фузариозные болезни и спорынья зерновых культур. / Л.М. Щеклеина // Современные достижения в развитии сельского хозяйства: материалы I научно-практической конференции с международным участием, посвящ. 75-летию со дня рождения профессора Г.П. Дудина. Киров: ФГБОУ ВО Вятский государственный агротехнологический университет, 2023а. – С. 235–240.

309. Щеклеина, Л.М. Генофонд *Triticum aestivum* L., устойчивый к поражению спорыньей // Л.М. Щеклеина // Российская наука в современном мире: сборник статей LVIII: М., 2023б. – С. 12–13.

310. Щеклеина, Л.М. Методы заражения растений *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul в селекции на устойчивость озимой ржи к спорынье / Л.М. Щеклеина // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы IX международной научно-практической конференции / Под об. ред. И.А. Устюжанина. – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2023с. – С. 371–375.

311. Щеклеина Л.М. Поиск эффективных фунгицидов в защите от спорыньи / Л.М. Щеклеина // Защита растений от вредных организмов: материалы XXI международной научно-практической конференции. Краснодар: Изд-во: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023д. – Вып. 11. – С. 450–453.

312. Щеклеина, Л.М. Иммунологический и продукционный анализ новых сортов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока / Л.М. Щеклеина,

Т.К. Шешегова // Таврический вестник аграрной науки. – 2024. – № 1 (37). – С. 198–209. DOI: 10.5281/zenodo.10930978.

313. Щеклеина, Л.М. Иммунологическая структура и урожайность сортов озимой ржи селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова, Е.И. Уткина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – № 25 (2). – С. 172–180. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.2.172-180.

314. Щеклеина, Л.М. Ущерб от спорыньи на озимой ржи в зависимости от количества склероциев в колосе / Л.М. Щеклеина // Достижения и перспективы развития АПК России: материалы XIV всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, посвящ. 300-летию РАН. – Казань: Изд-во АН РТ, 2024. – С. 102–106. DOI: 10.37071/conferencearticle_67337e40807d62.85389229.

315. Щеклеина, Л.М. Фузариозные болезни, урожайность и параметры стабильности сортов озимой ржи / Л.М. Щеклеина, Т.К. Шешегова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2025. – № 1. – С. 27-31. DOI: 10.31857/S2500262725010057.

316. Щеклеина, Л.М. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по иммунологической оценке и урожайности / Л.М. Щеклеина // Таврический вестник аграрной науки. – 2025а. – № 1(41). – С. 229–241. DOI: 10.5281/zenodo.15147806.

317. Щеклеина, Л.М. Биотическая устойчивость, урожайность и адаптивность сортов озимой ржи / Л.М. Щеклеина // Пермский аграрный вестник. – 2025б. – № 3 (51). – С. 86-95. DOI: 10.47737/2307-2873_2025_51_86.

318. Щеклеин, М.А. Биометрия склероциев *Claviceps purpurea* в зависимости от растения-хозяина и содержание эргоалкалоидов в склероциях зерновых культур / М.А. Щеклеин, Л.М. Щеклеина // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. – М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2021. – С. 111–118.

319. Щеклеин, М.А. Использование склероциев гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. в лекарственном растениеводстве / М.А. Щеклеин, Л.М. Шеклеина // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: XI международная научно-практическая конференция молодых ученых – М.: ВИЛАР, 2023. – С. 77–82.

320. Эрготизм. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эрготизм>.

321. A large accessory genome and high recombination rates may influence global distribution and broad host range of the fungal plant pathogen *Claviceps purpurea* / S. Wyka, S. Mondo, M. Liu [et al.] // PLoS ONE. – 2022. – No. 17 (2). – e0263496. DOI: 10.1371/journal.pone.0263496.

322. Abe, M. A new water-soluble ergot alkaloid trimecaine / M. Abe, T. Yamano, Y. Kozu, M. Kusumoto // Bull. Agric. Chem. Soc. Japan, 1955. – P. 92–93.

323. Agurell, S.L. The alkaloids of maize ergot / S.L. Agurell, E. Ramstad, A. J. Ullstrup // Planta med. – 1963. – No. 4. – P. 392–399.

324. AliBee – Multiple alignment Release 3.0. Gene Bee – Сервер молекулярной биологии. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.genebee.msu.su/genebee.html>.

325. Alkaloids in ergot found on different Gramineae in The Netherlands / A. Reicher, E.T. Elema, J.H. Zwaving [et al.] // Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition. – 1983. – Vol. 5. – P. 234–238.

326. Alkaloids (re)generate new leads as antiparasitic / J.D. Chan, P.N. Agbedanu, T. Grab [et al.] // PLoS Neglected Tropical Diseases. – 2015. – No. 9 (9). – e0004063. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004063.

327. Amelung, D. Mutterkorn in roggen / D. Amelung // Getreide Magazin. – 1999. – No. 5. P. 138–145.

328. Ammonization of the R- and S-epimers of ergot alkaloids to assess detoxification potential / J.E. Cherewyk, T.J. Grusie-Ogilvie, S.E. Parker [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – No. 70 (29). – P. 8931–8941.

DOI: 10.1021/acs.jafc.2c01583.

329. Analysis of combining ability for ergot resistance in grain sorghum / J.D. Reed, M.R. Tuinstra, N.W. McLaren [et al.] // Crop. Sci. – 2002. – No. 42. – P. 1818–1823.

330. Analysis of rye grains and rye meals for ergot alkaloids / U. Lauber, R. Schefer, M. Gredziak, Y. Kiesswetter // Mycotoxin Pes. – 2005. – No. 21. – P. 258–262.

331. An immunity triggering effector from the barley smut fungus *Ustilago hordei* resides in an ustilagineous-specific cluster bearing signs of transposable element-assisted evolution / S. Ali, J.D. Laurie, R. Linning [et al.] // PLOS Pathogens. – 2014. – No. 10 (7). – e1004223. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1004223>.

332. Appelt, M. Investigations into the occurrence of alkaloids in ergot and single sclerotia from the 2007 and 2008 harvests / M. Appelt, F.M. Ellner // Mycotoxin Research. – 2009. – No. 25 (2). – P. 95–101. DOI: 10.1007/s12550-009-0014-2.

333. Association of insects and ergot (*Claviceps purpurea*) in Kentucky bluegrass seed production fields / M.D. Butler, S.C. Alderman, P.C. Hammond [et al.] // Journal of Economic Entomology. – 2001. – No. 94 (6). P. 1471–1476. DOI: 10.1603/0022-0493-94.6.1471.

334. Bekešy, N. Über die technischen und agrotechnischen Fragen der mutterkorn-kultur / N. Bekesy // Pharmazie. – 1956. – P. 5.

335. BLAST: Basic local alignment search tool. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

336. Bretag, T. Epidemiology and cross-infection of *Claviceps purpurea* / T. Bretag, P.R. Merriman // Trans. Br. Mycol. Soc. – 1981. – No. 77. – P. 211–213.

337. Cagas, B. Wirtschaftliche Schädlichkeit des Mutterkornes (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. im grassamenbau der CSSR / B. Cagas // Qualitätssatgut-Prod. Ertragsbeeinfluss. – Halle (Saale). – 1988. – No. 3. – P. 491–497.

338. Castagnoli, N. Occurrence of D-lysergic acid and 6-methyl-ergol-8-tnt-8 - carboxylic acid in cultures of *Claviceps purpurea* / N. Castagnoli, P.G. Mantle //

Nature, Lond. – 1966. – No. 211 (5051). – P. 859–919. DOI: 10.1038/211859b0.

339. Characterization of *Claviceps* species pathogenic on sorghum by sequence analysis of the β -tubulin gene intron 3 region and EF-1 α gene intron / P.W. Tooley, E.D. Goley, M.M. Carras [et al.] // Mycologia. – 2001. – No. 93 (3). – P. 541–551 DOI: 10.1080/00275514.2001.12063186.

340. Cheng, L.J. End-product regulation of ergot alkaloid formation in intact cells and protoplasts of *Claviceps species*, strain SD-58 / L.J. Cheng, J.E. Robbers, H.G. Floss // Journal of Natural Products. – 1980. – Vol. 43. – P. 329–339.

341. Cheng, Q. Population genetic structure of *Claviceps purpurea* in cool-season grass seed crops of Oregon / Q. Cheng, K. Frost, J.K.S. Dung // Phytopathology. – 2020. – No. 110 (11). – P. 1773–1778. DOI: 10.1094/phyto-01-20-0005-r.

342. Chelkowski, J. Colonization of *Claviceps purpurea* sclerotia on Triticale by Fusaria in 1985 / J. Chelkowski, H. Kwasha // Phytopathology. – 1986. – No. 1. – P. 77–78.

343. Chemoraces and habitat pecialization of *Claviceps purpurea* populations / S. Pažoutová, J. Olšovská, M. Linka [et al.] // Applied and Environmental Microbiology. – 2000. – Vol. 66. – No. 12. – P. 5419–5425. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.12.5419-5425.2000>.

344. *Claviceps citrina* sp. nov., a parasite of the halophytic grass *Distichlis spicata* from Mexico / S. Pažoutová, L. Fucikovsky, S.G. Leyva-Mir [et al.] // Mycol. Res. – 1998. – No. 102 (7). P. 850–854. DOI: 10.1017/S095375629700573X.

345. Clustal Omega [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>.

346. Coley-Smith, J.R. Susceptibility of durum wheat cultivars to ergot disease / J.R. Coley-Smith, L. Watkinson // Ann. Appl. Biol. – 1987. – Vol. 110. – P. 162–163.

347. Cooke, R.C. Sclerotium size and germination in *Claviceps purpurea* / R.C. Cooke, D.T. Mitchell // Transactions of the British Mycological Society. – 1966. – No. 49 (1). – P. 95–100. DOI: 10.1016/S0007-1536(66)80039-6.

348. Contamination with ergot bodies (*Claviceps purpurea* sense lato) of two horse pastures in Northern Germany / S. Aboding, A. Drotleff, M. Cappie [et al.] // Mycotoxin Research. – 2016. – No. 32 (4). – P. 207–219. DOI: 10.1007/s12550-016-0253-y.
349. Craig, J. Control of ergot in buffelgrass with triadimefon / J. Craig, K.W. Hignight // Plant Dis. – 1991. – No. 75. – P. 627–629.
350. Cross-talk of the bio-trophic pathogen *Claviceps purpurea* and its host *Secale cereale* / B. Oeser, S. Kind, S. Schurack [et al.] // BMC Genomics. – 2017. – No. 18. – P. 273. DOI: 10.1186/s12864-017-3619-4.
351. Dabkevičius, Z. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania / Z. Dabkevičius, R. Semaškiene // Biology. – 2001. – No. 3. – P. 8–10.
352. Dänicke, S. Toxic effects, metabolism, and carry-over of ergot alkaloids in laying hens, with a special focus on changes of the alkaloid isomeric ratio in feed caused by hydrothermal treatment / S. Dänicke // Mycotoxin Research. – 2016. – No. 32. – P. 37–52. DOI: 10.1007/s12550-016-0238-x.
353. Die Alkaloide eines Mutterkorn Pilzes von *Pennisetum typhoideum* reich. und Bildung in saprophytischer Kultur / A. Stoll, A. Brack, H. Kobel [et al.] // Mitteilung über Helv. Chim. Acta, 37. – 1954. – P. 1815–1925.
354. Dignean, M.A. Blair Effects of feeding ergot-contaminated grain to pregnant and nursing sows / M.A. Dignean, R. Schiefer // Zbl. Veter.-Med. Reihe. – 1986. – No. 10. – P. 757–766.
355. Delimitation of cryptic species inside *Claviceps purpurea* / S. Pažoutová, K. Pešicová, M. Chudíčková [et al.] // Fungal Biology. – 2015. – No. 119 (1). – P. 7–26. DOI: 10.1016/j.funbio.2014.10.003.
356. Distribution of ergot alkaloids and ricinolein acid in different milling fractions / C. Franzmann, J. Schröder, K. Münzing [et al.] // Mycotoxin Research. – 2011. – 27 (1). – P. 13–21. DOI: 10.1007/s12550-010-0070-7.

357. Dispersal potential of ergot spores by insects foraging in perennial ryegrass fields in the Columbia basin of Oregon and Washington / N. Kaur, R.A. Cating, S.I. Rondon [et al.] // Crop, Forage & Turfgrass Management. – 2019. – No. 5 (1). – P. 1–5. DOI: 10.2134/cftm2019.04.0020.
358. Diversity of *Claviceps paspali* reveals unknown lineages and unique alkaloid genotypes / H. Oberti, R.M. Dalla, R. Reyno [et al.] // Mycology. – 2020a. – No. 112 (2). – P. 230–243. DOI: 10.1080/00275514.2019.1694827.
359. De novo biosynthesis of cytokinin's in the biotrophic fungus *Claviceps purpurea* / J. Hinsch, J. Vrabka, B. Oeser [et al.] // Environmental Microbiology. – 2015. – No. 17 (8). – P. 2935–2951. DOI: 10.1111/1462-2920.12838.
360. De novo transcriptome assembly, functional annotation, and expression profiling of rye (*Secale cereale* L.) hybrids inoculated with ergot (*Claviceps purpurea*) / K. Mahmood, J. Orabi, P.S. Kristensen [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – No. 10 (1). – P. 13475. DOI: 10.1038/s41598-020-70406-2.
361. Detection and quantification of airborne *Claviceps purpurea* sensu lato ascospores from hirst type spore traps using real-time quantitative PCR / J.K. Dung, J. Scott, Q. Cheng [et al.] // Plant Disease. – 2018. – No. 102 (12). – P. 2487–2493. DOI: 10.1094/PDIS-02-18-0310-RE.
362. Development of PCR-based markers linked to dominant genes for male-fertility restoration in Pumpa CMS of rye (*Secale sereale* L.) / S. Stracke, A.G. Schilling, J. Förster [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2003. – No. 106. – P. 1184–1190.
363. Dusemund, B. Mutterkornalkaloide in Lebensmitteln / B. Dusemund, H. Altmann, A. Jampen // J. Toxikologische. Verbraucherschutz Lebensmitteln sincerest. – 2006. – Vol. 1. – P. 150–152.
364. Engelke, T. Ansätze für eine integrierte Bekämpfung des Mutterkornes (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) im Roggen / T. Engelke // Dissertation Universität. – Copyright: Cuvillier Verlag, Inhabiting Annette Jentzsch-Cuvillier. – Germany, 2002. – 8 p.

365. Engineering precursor supply for the high-level production of ergothioneine in *Saccharomyces cerevisiae* / S.A. van der Hoek, M. Rusnák, G. Wang [et al.] // *Metabolic Engineering*. – 2022a. – No. 70. – P. 129–142. DOI: 10.1016/j.ymben.2022.01.012.
366. Engineering mycolic bacterium *neo aurum* for the production of antioxidant ergothioneine / L. Xiong, Z. Xie, J. Ke [et al.] // *Food Bioengineering*. – 2022. – No. 1 (1). – P. 26–36. DOI: 10.1002/fbe2.12004.
367. Engineering ergothioneine production in *Yarrowia lipolytica* / van der S.A. Hoek, M. Rusnák, I. H. Jacobsen [et al.] // *FEBS Letters*. – 2022b. – No. 596 (10). – P. 1356–1364. DOI: 10.1002/1873-3468.14239.
368. Ergochromes: heretofore neglected side of ergot toxicity / M. Flieger, E. Stodůlková, S.A. Wyka [et al.] // *Toxins (Basel)*. – 2019. – No. 11 (8). – P. 439. DOI: 10.3390/toxins11080439.
369. Ergot – a global threat to sorghum / R. Bandyopadhyay, D.E. Frederickson, N.W. McLaren [et al.] // *International Sorghum and Millets Newsletter*. – 1996. – No. 37. – P. 1–32.
370. Ergot alkaloid identification in *Clavicipitaceae* systemic fungi of pasture grasses / J.K. Porter, C.W. Bacon, J.D. Robbins, D. Betowst // *J. Agric. Food Chem.* – 1981. – Vol. 29. – No. 3. – P. 653–659.
371. Ergot alkaloides in grain Foods Sold in Canada / P.M. Scott, G.A. Lombart, P. Pellaers [et al.] // *J. AOAC Int.* – 1992. – No. 75. – P. 773–779.
372. Ergot alkaloids in Norwegian wild grasses: A mass spectrometric approach / S. Ühlig, T. Vikøren, L. Ivanova, K. Handeland // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. – 2007. – No. 21 (10). – P. 1651–1660. DOI: 10.1002/rcm.3005.
373. Ergot alkaloids: A review on therapeutic applications / N. Sharma, V.K. Sharma, H.K. Manikyam [et al.] // *European Journal of Medicinal Plants*. – 2016. – Vol. 14. – No. 3. – P. 1–17.
374. Ergot alkaloids at doses close to EU regulatory limits induce alterations of the liver and intestine / V.M. Maruo, A.P. Bracarense, J. Métayer [et al.] // *Toxins. Animal*

Feed Science and Technology. – 2018. – Vol. 139. – Iss. 1–2. P. 52–68. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.12.001.

375. Ergot infection in winter rye hybrids shows differential contribution of male and female genotypes and environment / A. Kodisch, P. Wilde, B. Schmiedchen [et al.] // Euphytica. – 2020. – Vol. 216. – P. 65. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02600-2>.

376. Ergot alkaloid mycotoxins: physiological effects, metabolism and distribution of the residual toxin in mice / P. Reddy, J. Hemsworth, K.M. Guthridge [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – No. 10 (1). – P. 9714. DOI: 10.1038/s41598-020-66358-2.

377. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding / T. Miedaner, A. Kodisch, A. Raditschnig [et al.] // Agriculture. – 2021. – Vol. 11. – P. 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>.

378. Ergot in Canadian cereals — relevance, occurrence, and current status / S. Walkowiak, D. Taylor, B.X. Fu [et al.] // Canadian Journal of Plant Pathology. – 2022. – No. 0 (0). – P. 1–13. DOI: 10.1080/07060661.2022.2077451.

379. Ergot sclerotia and ergot alkaloids occurrence in wheat and rye grains produced in Croatia / J. Pleadin, N. Kudumija, M. Škrivanko [et al.] // Veterinarska Stanica. – 2022. – No. 53 (5). – P. 503–511. DOI: 10.46419/vs.53.5.14.

380. Ergotism in feedlot cattle: clinical, hematological, and pathological findings / P.D. Rahimabadi, S. Yourdkhani, M. Rajabi [et al.] // Comparative Clinical Pathology. – 2022. – No. 31 (2). – P. 281–291. DOI: 10.1007/s00580-022-03331-7.

381. Esser, K. Genetics of the ergot fungus *Claviceps Purpurea* – I. Proof of a monoecious life cycle and segregation patterns for mycelial morphology and alkaloid production / K. Esser, P. Tudzynski // Theor. Appl. Genet. – 1978. – No. 53. – P. 145–149.

382. European Union. Commission Regulation (EC) No 687/2008 of 18 July 2008 establishing procedures for the Taking-over of cereals by intervention agencies or paying agencies and laying down methods of analysis for determining the quality of cereals.

Off. J. Eur. Union 2008, L192/20. [Electronic resource]. – Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02008R0687-20090728&qid=1761994326343>.

383. Evaluation of biosynthetic pathway and engineered biosynthesis of alkaloids / S. Kishimoto, M. Sato, Y. Tsunematsu, K. Watanabe // *Molecules*. – 2016. – No. 21 (8). – P. 1078. DOI: 10.3390/molecules21081078.

384. Evaluation of *Claviceps purpurea* isolates on wheat reveals complex virulence and host susceptibility relationships / J.G. Menzies, H.W. Klein-Gebbinck, A. Gordon [et al.] // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2017. – No. 39 (3). – P. 307–317. DOI: 10.1080/07060661.2017.1355334.

385. Evolution of the ergot alkaloid biosynthetic gene cluster results in divergent mycotoxin profiles in *Claviceps purpurea* Sclerotia / C. Hicks, T.E. Witte, A. Sproule [et al.] // *Toxins*. – 2021. – No. 13 (12). – P. 861. DOI: 10.3390/toxins13120861.

386. Evolutionary history of ergot with a new infrageneric classification (Hypocreales: Clavicipitaceae: *Claviceps*) / K. Píchová, S. Pažoutová, M. Kostovčík [et al.] // *Molekular Phylogenetisch and Evolution*. – 2018. – No. 123. – P. 73–87. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.02.013.

387. Expressed Sequence Tags form the Flower pathogen *Claviceps purpurea* / B. Oeser, F. Beaussart, T. Haarmann [et al.] // *Molekular Plant Pathology*. – 2009. – No. 10 (5). – P. 665–684. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2009.00560.x.

388. Functional characterization of the first filamentous fungal tRNA-isopentenyl transferase and its role in the virulence of *Claviceps purpurea* / J. Hinsch, P. Galuszka, P. Tudzynski // *New Phytologist*. – 2016. – Vol. 211. – P. 980–992. <https://doi.org/10.1111/nph.13960>.

389. Flieger, M. Ergot alkaloids — sources, structures and analytical methods / M. Flieger, M. Wurst, R. Shelby // *Folia Microbiologica*. – 1997. – No. 42 (1). – P. 3–29. DOI: 10.1007/BF02898641.

390. Floss, H.G. Influence of ergot alkaloids on pituitary prolactin and prolactin-dependent processes / H.G. Floss, J.M. Cassady, J.E. Robbers // J. Pharm. Sci. – 1973. – Vol. 62. – No. 5. – P. 699–715.
391. Floss, H.G. Biosynthesis of ergot alkaloids and related compounds / H.G. Floss // Tetrahedron. – 1976a. – Vol. 32. – P. 873–896.
392. Floss, H.G. Regulation of alkaloid synthesis in the ergot fungus / In: Microbiology. D. Schlessinger (ed.) / H.G. Floss // Washington: American Society of Microbiology. – 1976b. – P. 553–554.
393. Four phylogenetic species of ergot from Canada and their characteristics in morphology, alkaloid production, and pathogenicity / M. Liu, D.P. Overy, J. Cayouette [et al.] // Mycology. – 2020. – No. 112 (5). – P. 974–988. DOI: 10.1080/00275514.2020.1797372.
394. Frauenstein, K. Die Eignung morphologischer Merkmale der Konidien von *Claviceps purpurea* (Fr) Tul. / K. Frauenstein // Zur Identifizierung physiologischer Formen. – Arch. Pflanzenschutz. G. D. R. – 1972. – Bd. 8. – No. 2. – P. 109–124.
395. Frauenstein, K. Mutterkorn Bekämpfung bei Roggen / K. Frauenstein // Saat-Pflanzgut. – 1986. – No. 8. – P. 111.
396. Frauenstein, K. Untersuchungen über Ohrenkrankheiten des Roggens / K. Frauenstein // Schaderreger in der Getzeideproduktion – 1987. – P. 62–67.
397. Frauenstein, K. Bedeutung der Fruchtfolge für den Mutterkornbefall des Roggens / K. Frauenstein // Akad. Landwirtschaft. – Taf. – Ber. Wiss. DDR. Berlin, 1988. – No. 621. – P. 271–273.
398. Frey, H.P. Mutterkorn-Stamme (*Claviceps purpurea* Tul.) mit nadelförmigen sclerotia auf Roggen / H.P. Frey, H. Brack // Herba Hung. – 1968. – Bd. 7. – No. 2–3. – P. 149–154.
399. Functional characterization of the idtF and idtP genes in the *Claviceps paspali* indole diterpene biosynthetic gene cluster / L. Kozák, Z. Szilágyi, L. Tóth [et al.] // Folia Microbiologica. – 2020. – No. 65 (3). – P. 605–613. DOI: 10.1007/s12223-020-00777-6.

400. Gabbai, F.P. Ergot Poisoning at Ponte st Esprit / F.P. Gabbai, D. Lisbonne, A.N. Pourquier // *British Medical Journal*. – 1951. – 15 September. T. 2. – No. 4732. – C. 650–651. DOI:10.1136/bmj.2.930.650-a.
401. Gaspar, I. Possibilităten de foliere a formelor androsterile de secara in producerea sclerotior de *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul / I. Gaspar, I. Ignatescu, L. Madej. – *An. Inst. Cere. Cereale Plante Tehn. Fundulea. Buceresti*. – 1990. – P. 41–59.
402. Geiger, H.H. Genetic basis and phenotypic of male fertility restoration in rye / H.H. Geiger, T. Miedaner // *Pflanzenzücht*. – 1996. – No. 35. – P. 27–38.
403. Genetic variation for resistance to ergot (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) among full-sib families of winter rye (*Secale cereale* L.) / V. Mirdita, B.S. Dhillon, H.H. Geiger. [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2008. – No. 118 (1). – P. 85–90. DOI: 10.1007/s00122-008-0878-0.
404. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interblot interference / T. Miedaner, V. Mirdita, B. Rodemann [et al.] // *Plant Breed*. – 2010a. – Vol. 129. – P. 58–62. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2009.01646.
405. Genetic variation for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance and alkaloid concentrations in cytoplasmic-male sterile winter rye under pollen isolation / T. Miedaner, S. Dänicke, B. Schmiedchen [et al.] // *Euphytica*. – 2010b. – Vol. 173. – P. 299–306. DOI: 10.1007/s10681-009-0083-5.
406. Genetic and transcriptional dissection of resistance to *Claviceps purpurea* in the durum wheat cultivar Green-shank / A. Gordon, C. McCartney, R.E. Knox [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2020. – No. 133. P. 1873–1886. DOI: 10.1007/s00122-020-03561-9.
407. Genomes of plant-associated *Clavicipitaceae* / C. Schardl, C. Young, N. Moore [et al.] // *Advances in Botanical Research*. – 2014. – No. 70. – P. 291–327. DOI: 10.1016/b978-0-12-397940-7.00010-0.
408. Genome mining of ascomycetous fungi reveals their genetic potential for ergot alkaloid production / N. Gerhards, M. Matuschek, C. Wallwey [et al.] // *Archives*

Microbiology. – 2015. – No. 97 (5). – P. 701–713. DOI: 10.1007/s00203-015-1105-4.

409. Genotypic and phenotypic variation in *Claviceps purpurea* from *Spartina* species and the origin of the ergot infection on *S. anglica* in the British Isles / S. Pažoutová, A. F. Raybould, A. Honzátko [et al.] // Mycol. Res., 2002a. – No. 106. – P. 210–214.

410. Grain Genes. A database for Triticale and Avena. Albany, CA; 2021. [Electronic resource]. – Access mode: <https://wheat.pw.usda.gov>.

411. Gregory, R.S. Selection for resistance to ergot in triticale / R.S. Gregory, P.J. Webb // Genetics and breeding of triticale. – 1987. – P. 551–558.

412. Gyenes, J. Über verschiedene Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Mutterkornalkaloide / J. Gyenes, J. Bayer // Pharmazie. – 1961. – Bd. 16. – No. 4. – P. 211–217.

413. Halliwell, B. Ergothioneine, where are we now? / B. Halliwell, I. Cheah. – FEBS Letters. – 2022. – No. 596 (10). – P. 1227–1230. DOI: 10.1002/1873-3468.14350.

414. Hareven, D. Nuclear distribution in the mycelium of *Claviceps* and the problem of strain selection / D. Hareven, V. Koltin // Appl. Microbiol. – 1970. – Vol. 19. – No. 6. – P. 1005–1006.

415. Hecht, W. Zur Frage der Ausbreitung von Mutterkorn Infektionen / W. Hecht. – Die Bodenkultur. – 1953. – No. 7. – P. 4.

416. Homologue in *Claviceps purpurea* is involved in vegetative differentiation and is essential for pathogenicity / J. Scheffer, C. Chen, P. Heidrich [et al.] // AAM Journals. – 2005. – Vol. 4 (7). – P. 1228–1238. <https://doi.org/10.1128/EC.4.7.1228-1238.2005>.

417. Host Specialization of Different Populations of Ergot Fungus (*Claviceps purpurea*) / S. Pažoutová, B. Cagas, R. Kolínská, A. Honzátko // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2002b. – No. 38 (2). – P. 75–81. DOI: 10.17221/6115-CJGPB.

418. Hybrid breeding in wheat. / M.F. Mette, M. Gils, C.F.H. Longin [et al.] // In: Advances in wheat genetics: from genome to field – Springer. – Tokyo, 2015. –

P. 225–232. DOI: 10.1007/978-4-431-55675-624.

419. Identification of the polyketide synthase PKS7 responsible for the production of lecanoric acid and ethyl lecano-rate in *Claviceps purpurea* / F. Lünne, E.-M. Niehaus, S. Lipinski [et al.] // Fungal Genetics and Biology. – 2020. – No. 145. P. 103481. DOI: 10.1016/j.fgb.2020.103481.

420. Improving field production of ergot alkaloids by application of gametocide on rye host plants / H. Hanosová, R. Koprna, J. Valík [et al.] // New Biotechnology. – 2015. – No. 32 (6). – P. 739–746. DOI: 10.1016/j.nbt.2015.01.008.

421. Inactivation of the indole-diterpene biosynthetic gene cluster of *Claviceps paspali* by Agrobacterium-mediated gene replacement / L. Kozák, Z. Szilágyi, B. Vágó [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2018. – No. 102 (7). – P. 3255–3266. DOI: 10.1007/s00253-018-8807-x.

422. Isolation of lysergol, lysogen and hydergine from the saprophytic cultures of ergot fungi / M. Abe, S. Yamato Dani, T. Yamano [et al.] // Kusumoto Agricultural Biological Chemistry. – 1961. – No. 25. – P. 594.

423. In vitro metabolism evaluation of the ergot alkaloid dihydroergotamine: application of microsomal and biomimetic oxidative model / A. Bauermeister, F. Aguiar, L. Marques [et al.] // Planta Medica. – 2016. – No. 82 (15). – P. 1368–1373. DOI: 10.1055/s-0042-111732.

424. Insights into ergochromes of the plant pathogen *Claviceps purpurea* / F. Lünne, J. Köhler, C. Stroh [et al.] // Journal of Natural Products. – 2021. – No. 84 (10). – P. 2630–2643. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.1c00264.

425. Indole-diterpenes and ergot alkaloids in Cynodont dactylion (Bermuda grass) infected with *Claviceps cynodontidis* from an outbreak of tremors in cattle / S. Ühlig, C.J. Botha, T. Vrelstad [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – No. 57 (23). – P. 11112–11119. DOI: 10.1021/jf902208 w.

426. Improving ergometrine production by easo and easp knockout in *Claviceps paspali* / Y.-M. Qiao, Y.-H. Wen, T. Gong [et al.] // Fermentation. – 2022. – No. 8 (6). – P. 263. DOI: 10.3390/fermentation8060263.

427. Jank, B. Mutterkorn – ein Problem in Durumwelzen im Jahre 1985 / B. Jank // Gesunde Pflanzen. – 1986. – No. 38. – P. 219–221.
428. Johnson, D.F. A table of areas under disease progress curves. Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station / D.F. Johnson, R.D. Wilcoxson // Texas. 1981. – No. 1377. – P. 2–10.
429. Johnson, J.W. antibiotic discovery / J.W. Johnson, M.J. Ellis, Z.A. Piquette [et al.]. – ACS Medicinal Chemistry Letters. – 2022. – No. 13 (2). – P. 284–291. DOI: 10.1021/acsmchemlett.1c00648.
430. Jung, M. Zur Morphologie und Cytologie von *Claviceps purpurea* (Tulasne) in saprophytischer kultur / M. Jung, H. Rochelmeyer // Beiträge zur Biologie der Pflanzen. – 1960. – No. 35. – P. 343–378.
431. Kakau, J. Welche Massnahmen helfen gegen Mutterkorn im Getreide / J. Kakau // Landwirtschaft.-Bleser-Ems. – 1997. – No. 33. – P. 19–22.
432. Keller, U. Biosynthesis of ergotamine in protoplasts of *Claviceps purpurea* / U. Keller // J. Gen. Microbial. – 1980. – Vol. 118. – Part. 2. – P. 485–494.
433. Kfen, V. *Claviceps purpurea* (Ergot): Culture and bioproduction of ergot alkaloids / V. Kfen, P. Harazim, Z.X. Malinka // Biotechnology in Agriculture and Forestry: Medicinal and Aromatic Plants VII. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994. – Vol. 28. – P. 139–156. DOI:10.1007/978-3-662-30369-6_10.
434. Kolasinska, I. Factors influencing the ergot infection of male sterile rye / I. Kolasinska, E. Maluszynska // Polish phytopathology soc. Poznan, 2004. – P. 1523.
435. Komersova, I. The ultrastructure of spores of *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / I. Komersova, J. Ludvik, J. Majer // Folia microbiological. – Praha, 1968. – Vol. 14. – No. 2. – P. 141–144.
436. Klotz, J. L. Ergovaline, an endophytic alkaloid. 1. Animal physiology and metabolism / J.L. Klotz, A.M. Nicol // Animal Production Science. – 2016. – No. 56. – P. 1761–1774. DOI: 10.1071/AN14962.
437. Klotz, J.L. Global impact of ergot alkaloids / J.L. Klotz // Toxins (Basel). – 2022. – No. 14 (3). – P. 186. DOI: 10.3390/toxins14030186.

438. Králová, M. CRISPR/Cas9 genome editing in ergot fungus *Claviceps purpurea* / M. Králová, V. Bergougnoux, I. Frébort // Journal of Biotechnology. – 2021a. – No. 325. – P. 341–354. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2020.09.028.
439. Krebs, J. Untersuchungen über den Pilz des Mutterkorns *Claviceps purpurea* Tul. / J. Krebs // Berr. d. Schweiz, Bot. Ges. – 1936. – Bd. 45. – Abb. 1–16. – P. 71–165.
440. Kren, V. *Claviceps purpurea* (Ergot): Culture and Bioproduction of ergot alkaloids / V. Kren, P. Harazim, Z.X. Malinka // Biotechnology in Agriculture and Forestry. V. 28. Medicinal and Aromatic Plants VII. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 1994. – P. 139–156.
441. Lewis, R.W. Artificial inoculation of rye with ergot. A susceptible rye and the control of ergot beetles / R.W. Lewis // Journal of American Pharmaceutical Association, Scientific Edition 37. – 1948. – P. 511–512.
442. Liu, H. Ergot alkaloids: synthetic approaches to lysergic acid and clavine alkaloids / H. Liu, Y. Jia // Natural Product Reports. – 2017. – No. 34 (4). – P. 411–432. DOI: 10.1039/c6np00110f.
443. Liu, M. Neotypification of *Claviceps humidiphila* and recognition of *C. baviensis* sp. nov. / M. Liu, E. Tanaka, M. Kolarik // Mycotoxin. – 2022. – No. 137 (1). – P. 73–87. DOI: 10.5248/137.73.
444. Lorenz, K. Ergot on cereal grains / K. Lorenz. – CRC Crit Rev Food Sci Food Sci Nutr. – 1979. – No. 11. – P. 311–354.
445. Loveless, A.R. Conidial evidence for Host restriction in *Claviceps purpurea*. / A.R. Loveless // Trans. Brit. Mycol. Soc., 1971. – Vol. 56. – P. 419–434.
446. Maier, W. Mutational Biosynthesis in a Strain of *Claviceps purpurea* / W. Maier, D. Erge, D. Gröger // Planta Medica. – 1980. – No. 40 (10). – P. 104–108. DOI: 10.1055/s-2008-1074946.
447. Maluszynska, E. Występowanie sporyszu w ziarnie linii meskosterylnych zyto / E. Maluszynska, I. Kolasinska, L. Madej // Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl. – 1998. – No. 205/206. – P. 117–123.

448. Manipulation of cytokinin level in the ergot fungus *Claviceps purpurea* emphasizes its contribution to virulence / S. Kind, J. Hinsch, J. Vrabka [et al.] // Current Genetics. – 2018. – No. 64 (6). – P. 1303–1319. DOI: 10.1007/s00294-018-0847-3.
449. Mantle, P.G. Comparative Ergot Alkaloid Elaboration by Selected Plectenchymatic Mycelia of *Claviceps purpurea* through Sequential Cycles of Axenic Culture and Plant Parasitism / P.G. Mantle // Biology. – 2020. – No. 9. – P. 1–14. DOI: 10.3390/biology903004.
450. Mapping of genes for male-fertility restoration in «Pampa» CMS winter rye (*Secale cereal* L.) // T. Miedaner, C. Glass, F. Dreyer [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2000. – Vol. 101. – No. 8. – P. 1226–1233.
451. Maternal differences for the reaction to ergot in unfertilized hybrid rye (*Secale cereale*) / A. Kodisch, B. Schmiedchen, J. Eifler [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2022. – No. 163. – P. 181–191. DOI: 10.1007/s10658-022-02467-0.
452. Matossian, M.K. Poisons of the past: molds, epidemics and history / M.K. Matossian // New Heaven: Yale University Press. – 1989. – Vol. XIV. – P. 190.
453. McLaughlin, J.L. Thinlayer chromatography of ergot alkaloides / J.L. McLaughlin, J.E. Goyan, A.G. Paul // J. Am. pharm. Ass. – 1964. – No. 53. – P. 306–316.
454. McCrea, A. The reactions of *Claviceps purpurea* to variations of environment / A. McCrea. – Am. J. Bot. – 1931. – No. 18. – P. 50–80.
455. Menzies, J.G. The reactions of Canadian spring wheat genotypes to inoculation with *Claviceps purpurea*, the causal agent of ergot / J.G. Menzies // Canadian Journal of Plant Science. – 2004. – No. 84 (4). – P. 625–629. DOI: 87810.4141/P03-086.
456. Menzies, J.G. An overview of the ergot (*Claviceps purpurea*) issue in western Canada: challenges and solutions / J.G. Menzies, T.K. Turkington // Canadian Journal of Plant Pathology. – 2015. – No. 37 (1). – P. 40–51. DOI: 10.1080/07060661.2014.986527.
457. Meyer, A. Mutterkorn in der ration. Hannoversche Land- und forstwirsch / A. Meyer // Zeitung. – 1999. – No. 28. – P. 32–33.

458. Miedaner, T. Combining ability of non-adapted sources for male-sterility restoration in Pampa CMS of hybrid rye / T. Miedaner, P. Wilde, H. Wortmann // Plant Breeding. – 2005. – No. 124 (1). – P. 39–43.
459. Miedaner, T. In Buch: Roggen-Getreide mit Zukunft / T. Miedaner // Züchtung. – DLG-Verlag-GmbH. – 2007. – P. 27–51.
460. Miedaner, T. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance / T. Miedaner, V. Mirdita, H.H. Geiger // Book of Abstracts: EUCARPIA International Symposium on Rye Breeding & Genetics Belarus. – Zhodino, 2010c. – P. 83.
461. Miedaner, T. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum and pearl mile / T. Miedaner, H.H. Geiger // Toxins. – 2015. – Vol. 7. – P. 659–778. DOI: 10.3390/toxins7030659.
462. Miedaner, T. Effective pollen-fertility restoration is the basis of hybrid rye production and ergot mitigation / T. Miedaner, V. Korzun, P. Wilde // Plants. – 2022. – No. 11 (9). – P. 1115. DOI: 10.3390/plants11091115.
463. Mielke, H. Untersuchungen zur Bekämpfung des Mutterkorns / H. Mielke // Nacherbe Dt. Pflzschutzd. – 1993. – No. 5/6. – P. 97–102.
464. Mielke, H. Bedeutung des Mutterkorns und pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Bekämpfung bei roggen / H. Mielke, H.G. Betz // Gesunde Pflanzen. – 1995. – No. 5. – P. 76–84.
465. Mielke, H. Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfung Möglichkeiten des Erregers / H. Mielke. – Mitt. aus Biol. Bundesamts für Land- und Forstwirtschaft, Berlin. – 2000. – 66 p.
466. Milovidov, P. Príspevek k mikroskopikomorologickému štúdiu vývoje namele (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) / P. Milovidov // II. Preslia, časopis československé botanické spoločnosti. – 1956. – No. 28 (4). – P. 10–15.
467. Mining indole alkaloid synthesis gene clusters from genomes of 53 *Claviceps* strains revealed redundant gene copies and an approximate evolutionary hourglass model / M. Liu, W. Findlay, J. Dettman [et al.] // Toxins. – 2021. – No. 13 (11).

– P. 799. DOI: 10.3390/toxins13110799.

468. Mirdita, V. Resistance to ergot in self-incompatible germplasm resources of winter rye / V. Mirdita, T. Miedaner // *Journal of Phytopathology*. – 2009. – No. 157 (6). – P. 350–355. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2008.01499. x.

469. Morris, Z. J. Fatty acid composition of *Claviceps* species. Occurrence of (+) threo 9,10-dihydroxyteric acid / Z.J. Morris. – *Lipids*, 1968. – Vol. 3. – No. 3. – P. 261–262.

470. Mycotoxins in infant cereal foods from the Canadian retail market. / G.A. Lombaert, P. Pellaers, V. Roscoe [et al.] // *Food Addit Contam.* – 2003. – No. 20. – P. 494–504.

471. Mycotoxine als antagonistisch oder unterstützende Agenten in der Interaktion zwischen phytopathogenen *Fusarium* und *Alternaria* fungi / M.E. Müller, K. Urban, R. Köppen [et al.] // *World Mycotoxin Journal*. – 2015. – Vol. 8. – P. 311–321.

472. Mühle, E. Krankheiten und Schädlinge der Futter Gräser / E. Mühle, Leipzig, 1971. – P. 153–166.

473. NaPDoS. [Electronic resource] – Access mode: <http://npdomainseeker.ucsd.edu>.

474. NCBI-Nucleotide blast. The National Center for Biotechnology Information, Nucleotide. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>.

475. New draft genome sequence of the ergot disease fungus *Claviceps paspali* / H. Oberti, E. Abreo, R. Reyno [et al.] // *Microbiology Resource Announcements*. – 2020b. – No. 9 (29). – e00498-20. DOI: 10.1128/MRA.00498-20.

476. New *Claviceps* species from warm-season grasses / S. Pažoutová, G.N. Odvody, E. Debra [et al.] // *Fungal Diversity*. – 2011. – No. 49 (1). P. 145–165.

477. On the composition of ergot and the effects of feeding different ergot sources on piglets / S. Mainka, S. Dänicke, H. Bähme [et al.] // *Anim Feed Sci Technol*. – 2007. – No. 139. – P. 52–68. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.12.001.

478. Overexpression of Trp-related genes in *Claviceps purpurea* leading to increased ergot alkaloid production / M. Králová, J. Frébortová, A. Pěňčík [et al.] // New Biotechnology. – 2021b. – No. 61. – P. 69–79. DOI: 10.1016/j.nbt.2020.11.003.
479. Quantitative and qualitative transcriptome analysis of four industrial strains of *Claviceps purpurea* with respect to ergot alkaloid production / M. Čudejková, P. Vojta, J. Valík [et al.] // New Biotechnology. – 2016. – No. 33 (5 Pt B). – P. 743–754. DOI: 10.1016/j.nbt.2016.01.006.
480. Pageau, D. Evaluation of barley cultivars for resistance to ergot fungus, *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul / D. Pageau, J. Wauthy, J. Collin // Canadian Journal of Plant Science. – 1994. – Vol. 74. – No. 3. – P. 663–665. DOI: 10.4141/cjps94-118.
481. Pažoutová, S. The phylogeny and evolution of the genus *Claviceps* / S. Pažoutová // Mycol. Res. – 2001. – Vol. 105. – No. 3. – P. 275–283.
482. Pažoutová, S. Genetic diversity of *Claviceps africana* on sorghum and *Hyparrhenia* / S. Pažoutová, D.E. Frederickson // Plant Pathol. – 2005. – No. 54. – P. 749–763.
483. Perek, M. Ergot and ergot like fungi as the cause of vesicular dermatitis (sod disease) in chickens / M. Perek // J. Am. Med. Assoc. – 1958. – Vol. 132. – P. 529–533.
484. Peterson, R.F. Adigrammatic scale for estimating rust Infinity of Laves and stemme of cereale / R.F. Peterson, A.B. Campbell, A.E. Hannah // Can. J. Res. Sect. 1948. – Vol. 26. – P. 496–500.
485. Phylogeny of Canadian ergot fungi and a detection assay by real-time polymerase chain reaction / P. Shoukouhi, C. Hicks, J. G. Menzies [et al.] // Mycologia. – 2019. – No. 111 (3). – P. 493–505. DOI: 10. 1080/00275514.2019.1581018.
486. Plant-symbiotic fungi as chemical engineers: Multi-genome analysis of the *Clavicipitaceae* reveals dynamics of alkaloid loci / C.L. Schardl, C.A. Young, U. Hesse [et al.] // PLoS Genetetics. – 2013. – No. 9 (2). – e1003323. DOI: 10.1371/journal.pgen.1003323.

487. Platford, R.G. Resistance to *Claviceps purpurea* in spring and durum wheat / R.G. Platford, C.C. Bernier // Nature. – 1970. – No. 226 (5247). – P. 770. DOI: 10.1038/226770a0.
488. Platford, R.G. Reaction of cultivated cereals to *Claviceps purpurea* / R.G. Platford, C.C. Bernier // Canadian Journal of Plant Science. – 1976. – No. 56. – P. 51–58. DOI: 10.4141/cjps76-009.
489. Platford, R.G. Chromosome location of genes conditioning resistance to *Claviceps purpurea* in spring and durum wheat / R.G. Platford, C.C. Bernier, L.E. Evans // Canadian Journal of Genetics and Cytology. – 1977. – No. 19. – P. 679–682. DOI: 10.1139/g77-074.
490. Posner, E.S. Wheat flour milling / E.S. Posner, A.N. Hibbs. – St Paul (MN): American Association of Cereal Chemists. – 1997. – P. 91–123.
491. Production of Ergotamine by a Strain of *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. (Pro Experiments) / A.M. Amici, A. Minghetti, T. Scotti [et al.] // EXPERIENTIA. – 1966. – V. XXII. – No. 6. – P. 415–416.
492. Production by *Claviceps purpurea* of two new peptide ergot alkaloids belonging to a new series containing a-aminobutyric acid / M.L. Bianchi, N. Crespi Perellino [et al.] // J. Nature Prod. – 1982. – Vol. 45. – P. 191–196.
493. Production of ergot alkaloids by the Japanese isolate *Claviceps purpurea* var. agropyri on rice medium / Y. Doi, D. Wakana, H. Takeda [et al.] // Advances in Microbiology. – 2022. – No. 12 (4). – P. 254–269. DOI: 10.4236/aim.2022.124019.
494. Purpuric acid: A new natural alkaloid from *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / A. Roberts, C. Beaumont, A. Manzarpour, P. Mantle // Fungal biology. – 2016. – No. 120. – P. 104–110. DOI: [10.1016/j.funbio.2015.10.011](https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.10.011).
495. QTL analysis of ergot resistance in sorghum / D.K. Parh, D.R. Jordan, E.A.B. Aitken [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2008. – No. 117. – P. 369–382.
496. Rai, K.N. Ergot reaction of pearl millet hybrids affected by fertility restoration and genetic resistance of parental lines / K.N. Rai, R.P. Thakur // Euphytica.

– 1995. – No. 3. – P. 225–231.

497. Ralpn, W.L. Production, storage, and germination of conidia of *Claviceps purpurea*. / W.L. Ralpn // Acta botanica. – Academia scientiarum hungaricae. – 1959. – T. V. – P. 71–77.

498. Rapilly, F. Etudes sur Ergot du ble: *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. / F. Rapilly // Ann. Epiphyt. 19. – 1968. – P. 305–329.

499. Rehacek, Z. Ergot alkaloids – chemistry, biological effects, biotechnology / Z. Rehacek, P. Sajdi // Praha: Amsterdam (The Netherlands): Elsevier. – 1990. – 383 p.

500. Rehacek, Z. Physiological controls and regulation of ergot alkaloid formation / Z. Rehacek // Folia Microbiol. – 1991. – Vol. 36. – No. 4. – P. 323–342.

501. Reis, E.M. First report in the Americas of sorghum ergot disease, caused by a pathogen diagnosed as *Claviceps Africana* / E.M. Reis, P.G. Mantle, H.A.G. Hassan // Plant Disease. – 1996. – No. 80. – P. 463.

502. Reprogramming of the wheat transcriptome in response to infection with *Claviceps purpurea*, the causal agent of ergot / E. Tente, N. Ereful, A. Camargo [et al.] // BMC Plant Biology. – 2021. – No. 21 (316). – P. 2–20. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03086-3>.

503. Reconstituting the complete biosynthesis of D-lysergic acid in yeast / G. Wong, L.R. Lim, Y.Q. Tan [et al.] // Nature Communication. – 2022. – No. 13 (1). – P. 712. DOI: 10.1038/s41467-022-28386-6.

504. Ricinoleic acid as a marker for ergot impurities in rye and rye products / C. Franzmann, J. Wächter, N. Dittmer [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – No. 58 (7). – P. 4223–4229. DOI: 10.1021/jf1006903.

505. Role Organic Acid Metabolism in the Biosynthesis of Peptide Alkaloids / J. Kybal, E. Svoboda, K. Strnodova [et al.] // Folia Microbiol. – 1981. – V. 26 (2). – P. 112–119. DOI: 10.1007/BF02927365.

506. Rothacker, D. Untersuchungen zum Auftreten des Mutterkorns, *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., in Vermehrungsbeständen von Winterroggen / D. Rothacker, K. Frauenstein, K. Oertel // Nacherbe Pflzschutz in DDR. – 1988. –

No. 11. – P. 220–222.

507. Rozumek, K.E. Untersuchungen zur Keimungsphysiologie der Konidien des Mutterkornpilzes, *Claviceps purpurea* Tulasne, in Submers kultur / K.E. Rozumek // Beiträge zur Biologie der Pflanzen. – 1962. – No. 38. – P. 237–274.

508. Saari, E.E. A scale for appraising the foliar intensity of wheat disease / E.E. Saari, J.M. Prescott // Plant Disease Reporter. – 1975. – V. 59 (5). – P. 377–380.

509. Sambrook, J. Molecular cloning: a laboratory manual / J. Sambrook, T. Fritsch, T. Maniatis. – NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press. – 1989. – 1626 p.

510. Saitov, V.E. Experimental substantiation of the effective height of a grain falling by a stream of liquid in an ergot release device / V.E. Saitov, V.G. Farafonov, A.V. Saitov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 341(012123). – P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012123>

511. Seif-El-Nasr, M. M. Ergot Alkaloids (production, characterization and determination) / M. M. Seif-El-Nasr, A. M. Rizk // Herba Hungarica. – 1985. – Vol. 24. – No. 2–3. – P. 197–212.

512. Simple sequence repeats markers that identify *Claviceps species* and strains / B.S. Gilmore, S.C. Alderman, D.J. Knaus [et al.] // Fungal Biology and Biotechnology. – 2016. – Vol. 3. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40694-016-0019-5>.

513. Scalicky, V. Beitrag zur Taxonomie und Nomenklatur der Gattung *Claviceps*. Tul. / V. Scalicky, F. Stary // Presley. – 1962. – Roc. 34. – No. 3. – P. 229–244.

514. Schardl, C.L. Introduction to the toxins special issue on ergot alkaloids / C.L. Schardl // Toxins. – 2015. – No. 7. – P. 4232–4237. DOI:10.3390/toxins7104232.

515. Schmauder, H.P. Selektion of ergot alkaloid Producers by Indices mutagenes / H.P. Schmauder, D. Groger // Acta Biotechnologie. – 1983. – Vol. 3. – No. 4. – P. 379–382.

516. Schultz, T.R. Control of ergot in Kentucky Bluegrass Saeed Produktion Using Fungizides / T.R. Schultz // Plant Dis. – 1993. – Vol. 77. – No. 7. – P. 685–687.

517. Scott, P.M. Analysis of ergot alkaloids — a review / P.M. Scott // *Mycotoxin Research*. – 2007. – No. 23 (3). – P. 113–121.
518. Shaw, S. Untersuchungen über die Bekämpfung von Mutterkornverunreinigungen in Getreidesaatgut mit Baytan / S. Shaw // *Pflanzenschutz-Nacht. Bayer*. – 1986. – No. 1. – P. 47–72.
519. Shaw, S. Further evaluation of triadimenol seed treatments for the control of ergot in cereal seed / S. Shaw // *Brit. crop protection council*. – 1988. – No. 9. – P. 105–112.
520. Sheshegova T.K. Control of Ergot (*Claviceps purpurea* (Fr) Tul.) with New Pesticides / T.K. Sheshegova, L.M. Shchekleina // *Russian Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol. 46. – No. 5. – P. 472–475. DOI: 10.3103/S1068367420050183.
521. Sheshegova, T.K., Problems of phytoimmunity of grain Crops in the Euro-Northeims of the Russian Fédération and was Their Solution / T.K. Sheshegova, L.M. Shchekleina // В сборнике: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). – Tyumen. – 2021. – T. 36. – P. 01011. DOI: 10.1051/bioconf/20213601011.
522. Shchekleina, L.M. Winter rye Varietés tat Can Be User as Sources of Resistance Agonist Fungal Disease in Phytoimmunity Bree ding / L.M. Shchekleina, T.K. Sheshegova // *Russian Agriculture Sciences*. – 2024. – Vol. 50. – No. 2. – P. 142–149. DOI: 10.3103/S1068367424700022.
523. Soos, T. On the variability of spores of *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. strains / T. Soos // *Acta argon. Acad. scent. Hung.* – 1969. – Vol. 18. – No. 1-2. – P. 49–54.
524. Stadler, P. A. The Ergot Alkaloids / P. A. Stadler, P. Stutz // By ed. R.H.F. Manske // *The alkaloids. – Chemistry and physiology* new York, San Francisco, 1. ndon: Academic Press. – 1975. – Vol. 15. – P. 1–40.
525. Stadler, P. A. Neuere Ergebnisse der Mutterkornalkaloid / P. A. Stadler // *Forschung. – Planta medlca*. – 1982. – Vol. 46. – P. 131–143.

526. Status of Wheat Septoria Leaf Blotch (*Septoria tritici* Roberge in Desman.) in South West and Western Shewa Zones of Oromiya Regional State, Ethiopia / A. Takele, A. Lencho, W.G. Ab [et al.] // Research in Plant Sciences. – 2015. – Vol. 3. – P. 43–48. DOI: 10.12691/plant-3-3-1.
527. Stoll, A. The Ergot Alkaloids / A. Stoll, A. Hofmann // The alkaloids. chemistry and physiology. – By ed. R.H.F. Manske. New York, London: Academic press, 1965. – Vol. 8. – P. 725–783.
528. Taber, W.A. The influence of certain factors on the in vitro production of ergot alkaloids by *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne / W.A. Taber // Can. J. Microbiol. – 1958. – Vol. 45. – P. 611–620.
529. Tandowsky, R.M. Clinical evaluation of combined hydrogenated ergot Alkaloids (herginge) in arteriell Hypertension: With Special Preference ot Their Action in ventral Manifestation / R.M. Tandowsky // Circulation. – 1954. – No. 9 (1). – P. 48–56. DOI: 10.1161/01.cir.9.1.48.
530. Tanner, J.R. St. Anthony's fire, then and now: a case report and historical review / J.R. St. Tanner // Can. J. Surg. – 1987. – Vol. 30. – No. 4. – P. 291–293.
531. The invasive ergot *Claviceps purpurea* var. *spartina* recently established in the European Wadden Sea on common cord grasses genetically homo generous and the sclerotia contain high amounts of ergot alkaloids / C. Boestfleisch, A.M. Drotleff, W. Ternes [et al.] // Eury J Plant Pathol. – 2015. – No. 141. – P. 445–461. DOI: 10.1007/s10658-014-0555-x.
532. Theoretical Background of Calculating of the Parameters of the Device for Grain Cleaning from Ergot Sclerotia / V.A. Sysuev, V.E. Saitov, V.G. Farafonov [et al.] // Russian Agriculture Sciences. – 2017. – Vol. 43. – No. 3. – P. 273–276. DOI: 10.3103/S1068367417030156.
533. Therapeutic use of nicergoline / B. Winblad, M. Fioravanti, T. Dolezal [et al.] // Clinical Drug Investigation. – 2008. – No. 28 (9). – P. 533–552. DOI: 10.2165/00044011-200828090-00001.

534. The usage of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in obstetrics and gynecology: a historical perspective / A. Smakosz, W. Kurzyna, M. Rudko [et al.] // *Toxins*. – 2021. – No. 13 (7). – P. 492. DOI: 10.3390/toxins13070492.
535. Tekhnologiya separatsii semyan pshenitsy ot sporyn'i / K. Kolev, D. Khadzhiatanasov, S. Tsachev [et al.] // *Nauchnyy Trude Visch Selskostop. Inst. "V. Kolarov". Bolgariya*, 1983. – P. 149–156.
536. Tenberge, K.B. Biology and life strategy of the ergot fungi / K.B. Tenberge. – In *Ergot the Genus Claviceps*; Křen, V., Cvak, L., Eds.; Harwood Academic Publishers: Amsterdam, The Netherlands, 1999. – P. 25–56.
537. Tente, E. Investigations into the molecular interactions between *Claviceps purpurea*, the causal agent of ergot, and cereal hosts. – Doctoral thesis / Eleni Tente. – 2020. – P. 155. DOI: 10.17863/CAM.64578.
538. The identification of QTL controlling ergot sclerotia size in hexaploidy wheat implicates a role for the Rht dwarfing alleles / A. Gordon, R. Basler, P. Bansept-Basler [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2015. – No. 128. – P. 2447–2460. DOI: 10.1007/s00122-015-2599-5.
539. The etiolation diketopiperazine gene cluster in *Claviceps purpurea*: dysfunctional cytochrome P450 enzyme prevents formation of the previously unknown clapurines / J. Dopstadt, L. Neubauer, P. Tudzynski [et al.] // *PLoS ONE*. – 2016. – No. 11 (7). – e0158945. DOI: 10.1371/journal.pone.0158945.
540. Treatment of Parkinson's disease with bromocriptine / A. Lieberman, M. Kupersmith, E. Estey [et al.] // *New England Journal of Medicine*. – 1976. – No. 295 (25). – P. 1400–1404. DOI: 10.1056/NEJM197612162952504.
541. Tudzynski, P. Biotechnology and genetics of ergot alkaloids / P. Tudzynski, T. Correia, U. Keller // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2001. – Vol. 57. – Iss. 5–6. – P. 593–605. DOI: 10.1007/s002530100801.
542. Tudzynski, P. *Claviceps purpurea*: molecular aspects of a unique pathogenic lifestyle / P. Tudzynski, J. Scheffer // *Molecular Plant Pathology*. – 2004. – No. 5 (5). – P. 377–388. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2004.00237. x.

543. Tyler, V.E. jr. Some factors influencing the saprophytic production of clavine alkaloids by *Claviceps purpurea* / V.E. Tyler jr. // J. Am. Pharm. Assoc. Sci. Ed. – 1958. – Vol. 47. – P. 787–791.

544. Two unusual ergopeptines produced by a saprophytic culture of *Claviceps purpurea* / N. Crespi-Perellino, M. Ballabio, B. Gioia [et al.] // Nature Prod. – 1987. – Vol. 50. – No. 6. – P. 1065–1074.

545. Ülsing, U.J. Analysis of genetic diversity in *Claviceps purpurea* by RAPD markers / U.J. Ülsing, P. Tudzynski // Mycological Research. – 1997. – Vol. 101. – P. 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0953756296001657>.

546. Van Dongen, P.W. History of ergot alkaloids from ergotism to ergometrine / van P.W. Dongen, A.N. de Groot // Eur. J. Obstet. Gynecol. Repro'd. Biol. – 1995. – Vol. 60. – No. 2. – P. 109–116.

547. Weipert, D. Ergot a new approach to one old and persistent pest / D. Weipert // Hrvatska savjetovanje technology susenja i skladistenja s medunarodnim ucescem. – Zagreb, 2002. – P. 11–16.

548. Wegulo, S.N. Ergot of small grain cereals and grasses and its health effects on humans and livestock / S.N. Wegulo, M.P. Carlson // University of Nebraska, Extension, EC1880. – 2011. <http://ianrpubs.unl.edu/live/ec1880/build/ec1880.pdf>.

549. Whole-genome comparisons of ergot fungi reveal the divergence and evolution of species within the genus *Claviceps* are the result of varying mechanisms driving genome evolution and host range expansion / S.A. Wyka, S.J. Mondo, M. Liu [et al.] // Genome Biology and Evolution. – 2021. – No. 13 (2). – evaa267. DOI: 10.1093/gbe/evaa267.

550. Wiewiora, B. Występowanie sporyszu w nasionach traw w Polsce / B. Wiewiora, M. Pronczuk // Genetyka i hodowla traw. – Warszawa, 2001. – P. 307–313.

551. Wiewiora, B. Occurrence of ergot in seed lots of grasses harvested in different regions of Poland / B. Wiewiora, P. Maria // Plant Breed Seed Sc. – 2006. – Vol. 53. – P. 53–62.

552. Wilde, P. Mutterkorn mattsetzen. Hybridsorten mit besserer Pollenbildung kommen / P. Wilde // DLZ Agrarmag. AgroBonus. – 2000. – No. 9. – P. 68–71.
553. Wilde, P. Hybrid rye breeding / P. Wilde, T. Miedaner // In: The rye genome. Compendium of Plant Genomes / M.T. Rabanus-Wallace, N. Stein (eds.). Springer, Cham, Switzerland. – 2021. – P. 13–41.
554. Wild barley: a source of genes for crop improvement in the 21st century / P.R. Ell, F.P. Forster, D. Robinson [et al.] // Journal of Experimental Biology. – 2000. – Vol. 51. – No. 342. – P. 9–17.
555. Willits, D.A. Polymerase chain reaction detection of *Ustilago hordei* in leaves of susceptible and resistant barley varieties / D.A. Willits, J.E. Sherwood // Phytopathology. – 2007. – Vol. 89. – No. 3. – P. 212–217.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.3.212>
556. Windborne spread of ergot disease (*Claviceps africana*) in sorghum A-lines in Zimbabwe / D.E. Frederickson, P.G. Mantle, W.A.J. de Milliano // Plant Pathol. – 1993. – No. 42. – P. 368–377.
557. Wolff, J. Bestimmung von Mutterkornalkaloiden in Getreide und Mahlprodukten durch HPLC / J. Wolff, H.-D. Ocker, H. Zwingenberg // Getreide Mehl Brot. – 1983. – No. 37 – P. 331–335.
558. Workneh, F. Evaluation of relationships between weather patterns and prevalence of sorghum ergot in the Texas Panhandle / F. Workneh, C.M. Rush // Phytopathology. – 2002. – No 6. – P. 659–666.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Климатические показатели агроклиматических зон Кировской области
как части Волго-Вятского района

Показатели	Северная зона	Центральная зона	Южная зона
Средняя температура января	-14...-15°	-12...-15°	-11...-13°
Средняя температура июня	17...18°	18...20°	18...20°
Переход температуры через 0° весной	7–11 апреля	2–11 апреля	1–7 апреля
Переход температуры через +5° весной	24–29 апреля	17–28 апреля	1–7 апреля
Переход температуры через +10° весной	13–15 мая	8–18 мая	1–6 мая
Переход температуры через +15° летом	10–21 июня	29 мая– 14 июня	24 мая– 3 июня
Переход температуры через +10° осенью	4–11 сентября	10–20 сентября	16–23 сентября
Переход температуры через +5° осенью	27 сентября	1–11 октября	6–12 октября
Переход температуры через 0° осенью	17–22 октября	21 октября– 1 ноября	27 октября– 3 ноября
Переход температуры через -5° зимой	7–14 ноября	9–26 ноября	16–26 ноября
Сумма температур выше 0°	2000–2200°	2200–2600°	2500–2700°
Сумма температур выше 5°	1900–2100°	2100–2500°	2300–2500°
Сумма температур выше 10°	1500–1800°	1800–2300°	2200–2400°
Сумма температур выше 15°	800–1200°	1100–1700°	1600–1800°
Продолжительность периода с температурой выше 0°, дни	190–195	195–210	205–215
Продолжительность вегетационного периода, дни	150–160	155–175	165–180
Продолжительность периода с температурой выше 10°, дни	105–120	115–140	130–145
Продолжительность периода с температурой выше 15°, дни	50–70	65–90	85–100
Абсолютный минимум температуры	-45...-49°	-41...-49°	-42...-47°
Абсолютный максимум температуры	36...37°	36...38°	36...39°
Средняя дата прекращения заморозков в воздухе	с 20 мая по 4 июня	4–30 мая	4–16 мая
Средняя продолжительность безморозного периода, дни	90–120	105–150	130–150
Годовая сумма осадков, мм	550–625	400–600	400–575
Сумма осадков за апрель–сентябрь, мм	320–400	250–375	250–350
Средняя дата образования устойчивого снежного покрова, см	2–12 ноября	12–25 ноября	18–23 ноября
Максимальная высота снежного покрова, см	50–80	35–65	20–45
Максимальные запасы воды в почве, мм	115–205	100–175	55–140
Среднее число дней со снежным покровом	165–180	150–165	145–160
Среднее число дней с осадками	200–206	165–185	160–185
ГТК за май–июль	1,4–1,9	1,0–1,5	1,0–1,1

Приложение 2

Среднесуточная температура воздуха, °С (Климатический мониторинг, г. Киров), 1994–2023 гг.

(режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27199&ysclid=leqojtqy1194908927>)

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1994	-8,1	-17,0	-5,1	4,1	8,5	14,7	15,9	14,2	11,3	3,6	-6,8	-10,6
1995	-10,0	-4,0	-1,8	8,4	13,5	18,7	18,2	16,1	12,0	4,0	-6,2	-14,7
1996	-14,1	-12,6	-4,9	1,3	11,4	16,2	18,5	14,9	7,5	2,4	0,5	-11,3
1997	-17,4	-9,6	-3,4	3,8	9,6	17,8	17,0	15,0	9,3	2,8	-9,8	-8,3
1998	-10,1	-17,5	-2,8	-2,2	11,9	19,3	19,7	15,3	9,0	3,5	-6	-12,2
1999	-13,9	-9,3	-6,2	5,6	6,3	18,6	19,5	14,4	9,3	6,0	-9,8	-6,3
2000	-9,9	-7,0	-2,7	8,0	8,9	17,8	21,9	14,8	8,9	3,6	-5,8	-12,6
2001	-7,9	-13,0	-4,0	7,9	10,7	16	20,2	14,2	11,6	1,4	-3,9	-14,1
2002	-9,5	-4,2	-1,6	3,8	8,0	15,5	20,8	12,4	9,6	0,9	-4,7	-18,8
2003	-12,3	-12,7	-5,2	4,2	12,6	12,6	20,3	18,2	9,9	4,8	-2,2	-4,6
2004	-10,5	-10,5	-1,5	0,9	12,4	16,0	20,6	16,4	11,1	2,9	-4,4	-8,7
2005	-7,9	-12,1	-8,4	4,2	15,1	15,2	18,3	17,1	11,5	5,2	0,4	-8,0
2006	-16,5	-13,8	-5,8	3,8	12,0	19,0	16,5	16,0	11,1	1,7	-5,2	-3,5
2007	-5,5	-16,4	-0,9	4,3	12,7	13,8	18,7	19,1	10,4	4,2	-5,8	-9,1
2008	-1,2	-5,6	-1,1	5,2	10,5	15,1	19,6	16,4	8,1	6,3	0,2	-5,2

Окончание приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2009	-11,1	-9,6	-4,1	1,4	12,6	16,9	17,4	15,4	12,6	3,6	-2,2	-13,1
2010	-18,2	-15,4	-4,9	6,0	15,7	17,1	23,1	18,6	10,8	2,5	-2,0	-14,1
2011	-12,5	-17,5	-5,5	3,6	12,8	16,7	21,2	16,1	10,8	4,7	-5,3	-6,2
2012	-11,4	-15,0	-5,6	6,9	12,9	17,3	19,3	16,6	10,6	4,3	-1,5	-14,5
2013	-14,1	-6,9	-10,4	4,1	12,5	19,0	19,7	18,0	10,3	2,8	1,3	-6,1
2014	-13,1	-10,2	-1,2	2,7	14,9	15,3	16,8	17,9	10,5	-1,1	-4,5	-7,6
2015	-11,4	-6,1	-2,1	3,7	15,0	18,7	15,6	14,0	12,9	1,0	-4,0	-5,1
2016	-13,8	-3,2	-3,0	6,2	14,0	16,5	20,8	15,6	10,0	2,1	-8,9	-13,0
2017	-14,6	-8,5	-1,3	2,0	7,6	13,7	17,6	17,1	9,9	3,0	-1,5	-5,3
2018	-9,7	-12,5	-9,3	2,6	11,6	14,4	20,6	16,6	11,0	3,7	-3,7	-9,2
2019	-10,5	-8,3	-2,3	3,8	13,6	15,8	16,0	13,4	8,8	4,5	-3,9	-4,4
2020	-4,6	-4,1	0,4	2,1	12,2	15,3	20,5	15,1	10,6	4,7	-3,7	-11,2
2021	-11,4	-18,2	-5,8	5,2	15,0	19,9	19,2	18,8	7,3	4,6	-1,6	-11,9
2022	-11,0	-4,3	-5,8	4,0	8,5	16,1	20,0	20,0	9,0	4,8	-4,8	-9,8
2023	-11,6	-8,5	-1,5	6,8	13,8	14,1	18,7	17,4	13,0	3,9	-2,7	-11,6

Приложение 3

Сумма осадков, мм (Климатический мониторинг, г. Киров), 1994–2023 гг.

(режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27199&ysclid=leqojtqy1194908927>)

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1994	73	21	43	11	109	139	179	139	34	45	69	35
1995	30	39	45	21	65	45	106	108	22	58	68	40
1996	22	28	10	15	47	100	133	48	76	44	62	30
1997	36	41	40	65	72	89	13	81	64	88	44	61
1998	47	46	31	31	57	97	136	107	23	67	39	90
1999	72	56	18	29	50	14	86	89	32	28	48	60
2000	50	53	29	21	72	57	51	100	51	14	30	41
2001	57	50	62	9	127	24	17	120	76	81	69	45
2002	69	75	71	9	44	73	47	39	66	98	118	40
2003	69	16	17	22	45	181	29	123	47	38	46	80
2004	52	32	42	28	47	98	63	77	54	78	55	52
2005	39	20	84	68	61	80	83	27	15	56	32	65
2006	25	29	62	42	74	76	46	85	62	63	63	83
2007	69	43	22	75	65	16	158	67	76	43	64	47
2008	40	51	50	26	53	83	39	113	67	69	63	37

Окончание приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2009	65	12	39	21	35	115	64	95	28	83	59	62
2010	52	11	41	11	39	124	9	51	53	52	113	53
2011	57	23	29	43	44	86	90	18	82	64	57	88
2012	33	3	33	61	33	103	102	62	86	116	53	53
2013	38	16	85	25	42	45	68	38	97	86	70	63
2014	44	34	35	30	11	109	26	54	23	87	21	68
2015	56	50	14	55	26	68	29	104	25	77	61	61
2016	78	42	20	34	30	25	116	47	98	30	55	56
2017	30	60	46	75	56	89	159	39	81	59	41	76
2018	47	31	29	73	35	85	113	61	65	65	38	34
2019	71	60	54	16	38	94	57	63	25	113	100	77
2020	55	64	70	89	89	41	100	61	49	37	23	30
2021	80	60	35	48	58	63	92	38	79	46	89	63
2022	38	51	14	63	53	118	130	18	81	80	73	79
2023	36	26	75	29	46	29	180	16	12	57	85	56

Биометрические параметры склероциев гриба *Claviceps purpurea*
в зависимости от растения-хозяина, 2017–2019 гг.

Культура, происхождение	Физические величины склероциев (среднее / min–max)		
	длина, мм	ширина, мм	масса, г
2017 год			
Рожь озимая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	19,6 (17,0–22,0)	4,0 (3,0–5,0)	0,18 (0,07–0,34)
Пшеница яровая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	12,2 (8,0–17,0)	5,4 (5,0–6,0)	0,16 (0,08–0,24)
Тритикале яровая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	16,0 (10,0–25,0)	3,8 (2,0–6,0)	0,17 (0,03–0,36)
Рожь озимая (Яранский ГСУ)	14,2 (9,0–20,0)	3,4 (2,0–4,0)	0,10 (0,03–0,15)
Тритикале озимая (Слободской ГСУ)	13,2 (9,0–16,0)	4,2 (3,0–5,0)	0,12 (0,04–0,19)
2018 год			
Рожь озимая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	24,4 (12,0–37,0)	4,4 (2,0–7,0)	0,30 (0,03–0,61)
Ячмень яровой (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	10,8 (5,0–15,0)	3,2 (3,0–4,0)	0,07 (0,04–0,12)
Рожь озимая (Яранский ГСУ)	25,0 (16,0–32,0)	4,6 (3,0–6,0)	0,25 (0,04–0,37)
Рожь озимая (Слободской ГСУ)	20,2 (15,0–26,0)	4,0 (3,0–5,0)	0,15 (0,07–0,25)
2019 год			
Рожь озимая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	24,8 (10,0–36,0)	3,6 (2,0–5,0)	0,26 (0,04–0,52)
Пшеница яровая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	12,2 (9,0–17,0)	5,4 (4,0–6,0)	0,20 (0,08–0,28)
Ячмень яровой (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	20,0 (8,0–22,0)	5,0 (4,0–5,3)	0,24 (0,03–0,12)
Тритикале яровая (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)	19,0 (11,0–26,0)	4,2 (4,0–5,0)	0,21 (0,06–0,31)

Биометрические параметры склероциев гриба *Claviceps purpurea*
в зависимости от растения-хозяина, 2021–2023 гг.

Растение-хозяин	Физические величины склероциев (среднее / min–max)		
	длина, мм	ширина, мм	масса, г
Рожь озимая (<i>Secale cereale</i> L.)	23,9 (10,0–37,0)	4,7 (2,0–7,0)	0,35 (0,04–0,61)
Тритикале озимая (<i>Triticale cereale</i> L.)	12,7 (9,0–16,0)	4,2 (3,0–5,0)	0,13 (0,04–0,19)
Пшеница яровая <i>Triticum aestivum</i> L.	12,5 (8,0–17,0)	4,9 (4,0–6,0)	0,16 (0,08–0,28)
Ячмень яровой (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	12,8 (5,0–20,0)	4,3 (3,0–5,0)	0,14 (0,04–0,24)
Тритикале яровая (<i>Triticale triticum</i> L.)	17,9 (10,0–26,0)	3,8 (2,0–6,0)	0,20 (0,03–0,36)

Приложение 6

Динамика цветения районированных сортов озимой ржи в лабораторном эксперименте, 2012 г.

Сорт	Процент цветущих колосьев на											Не зацвет- ших колось- ев*, %	Продол- житель- ность цветения, дней	Актив- ность цвете- ния, %
	1 день 08.06	2 день 09.06	3 день 10.06	4 день 11.06	5 день 12.06	6 день 13.06	7 день 14.06	8 день 15.06	9 день 16.06	10 день 17.06	11 день 18.06			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Фаленская 4 – ст.	-	-	22,0	20,9	14,3	20,0	5,7	-	-	-	-	17,1	5	77,2
Вятка 2	8,7	4,3	30,0	31,0	8,3	17,7	-	-	-	-	-	-	6	87,0
Крона	-	11,1	30,0	40,4	-	18,5	-	-	-	-	-	-	5	88,9
Кировская 89	-	-	31,0	30,1	22,2	11,1	-	5,6	-	-	-	-	6	94,4
Дымка	-	-	20,0	41,6	11,5	19,2	-	-	-	-	-	7,7	4	92,3
Снежана	-	-	9,0	9,5	6,5	35,5	6,5	11,0	6,5	-	-	15,5	7	59,5
Рушник	-	-	-	15,0	5,0	50,0	20,0	-	-	-	-	10,0	4	90,0
Флора	-	-	-	38,5	19,2	19,2	15,4	7,7	-	-	-	-	5	92,3
Графиня	-	-	-	24,2	12,1	27,3	18,2	12,1	-	-	-	6,1	5	81,8
Альфа	-	-	-	7,7	-	38,4	30,8	7,7	-	-	-	15,4	5	76,9

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Татьяна	-	-	-	38,5	-	38,5	23,0	-	-	-	-	-	4	100
Пурга	-	-	10,0	16,7	13,3	26,7	33,3	-	-	-	-	-	5	90,0
Чулпан 7	-	-	-	6,2	-	50,0	18,8	25,0	-	-	-	-	5	93,8
Популяция БС	-	-	-	25,0	-	12,5	29,2	25,0	-	-	8,3	-	8	66,7
Памяти Кунакбаева	-	3,2	18,0	20,7	-	32,2	9,7	6,5	-	-	-	9,7	7	70,9
Пышма	-	-	-	30,4	-	8,7	17,4	17,4	8,7	-	-	17,4	6	56,5
Паром	-	3,3	20,0	20,0	3,3	23,4	20,0	-	-	-	-	10,0	6	66,7
Исеть	-	-	-	5,3	5,3	21,0	5,3	36,8	5,3	-	-	21,0	6	68,4
Татарская 1	-	-	-	40,9	-	13,6	27,3	9,1	-	-	-	9,1	5	81,8
Эстафета Татарстана	-	6,3	10,0	15,0	-	43,7	12,5	12,5	-	-	-	0	7	71,2
Радонь	-	-	-	27,3	-	36,3	27,3	9,1	-	-	-	0	5	90,9
Огонек	-	5,9	-	5,9	-	23,5	58,8	-	-	-	-	5,9	6	88,2
Саратовская 5	-	-	-	-	-	60,0	20,0	20,0	-	-	-	0	3	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Саратовская 6	10,5	10,5	5,0	5,5	-	15,8	21,1	21,1	-	-	-	10,5	8	58,0
Саратовская 7	-	10,0	5,0	5,0	-	60,0	10,0	-	-	-	-	10,0	6	75,0
Марусенька	5,0	5,0	-	50,0	-	10,0	20,0	10,0	-	-	-	-	8	80,0
Памяти Бамбышева	-	-	-	-	-	12,5	25,0	25,0	-	25,0	-	12,5	5	75,0
Былина	-	5,6	13,0	20,3	-	11,1	22,2	27,8	-	-	-	-	7	61,1
Эра	-	-	5,3	5,3	5,3	15,8	57,8	10,5	-	-	-	-	6	84,1
Волхова	-	-	-	12,5	-	25,0	25,0	37,5	-	-	-	-	5	87,5
Доминантная популяция	-	5,0	10,0	15,0	-	15,0	-	55,0	-	-	-	-	7	70,0
Безенчукская 87	-	16,0	8,0	8,0	8,0	24,0	8,0	8,0	-	-	-	20,0	7	48,0
Антарес	-	-	-	22,2	-	27,8	22,2	27,8	-	-	-	-	5	77,8
Роксана	-	-	-	9,5	-	28,6	38,1	23,8	-	-	-	-	5	90,5
Ольга	-	-	-	11,1	-	33,3	33,3	11,1	-	-	-	11,2	5	77,7

* – не зацветшие колосья идут плюсом к общей продолжительности цветения

Динамика цветения сортов озимой ржи в лабораторном эксперименте, 2013 г.

Сорт	Продолжительность цветения, дней	Зацветших колосьев в пробе, %					Активность цветения, %
		1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаленская 4 – ст.	4	14,3	7,1	71,4	7,1	-	92,8
Вятка 2	3	46,2	23,1	30,8	-	-	100
Крона	5	11,1	22,2	33,3	5,6	27,8	88,9
Кировская 89	4	8,3	41,7	33,3	16,7	-	91,7
Снежана	4	31,3	18,8	31,3	18,8	-	81,4
Рушник	4	5,6	38,9	33,3	22,2	-	94,4
Флора	3	40,0	33,3	26,7	-	-	100
Графиня	5	6,3	6,3	50,0	31,3	6,3	87,6
Альфа	4	65,5	17,4	13,0	4,3	-	95,9
Татьяна	5	34,6	30,8	23,1	7,7	3,8	88,5
Московская 12	5	50,0	25,0	6,3	12,5	6,3	81,3
Пурга	5	53,3	26,7	6,7	6,7	6,7	86,7
Чулпан 7	5	34,8	17,4	39,1	4,3	4,3	91,3
Популяция БС	3	12,5	75,0	12,5	-	-	100
Памяти Кунакбаева	4	50,0	7,7	38,5	3,8	-	96,2
Пышма	4	37,5	25,0	25,0	12,5	-	87,5
Паром	3	17,6	58,8	23,5	-	-	100
Исеть	3	7,7	61,5	30,8	-	-	100
Татарская 1	5	29,4	5,9	47,1	5,9	11,8	82,4

Окончание приложения 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Эстафета Татарстана	5	5,3	26,3	47,4	15,8	5,3	89,5
Радонь	4	21,4	7,1	64,3	7,1	-	92,8
Огонек	4	60,0	5,0	25,0	10,0	-	90,0
Саратовская 5	4	18,8	50,0	12,5	18,8	-	81,3
Саратовская 6	4	35,3	17,6	23,5	23,5	-	76,4
Саратовская 7	3	53,3	33,3	13,4	-	-	100
Марусенька	3	64,3	14,3	21,4	-	-	100,0
Эра	4	11,1	11,1	33,3	44,4	-	88,8
Волхова	4	12,5	25,0	37,5	25,0	-	87,5
Антарес	3	37,5	37,5	25,0	-	-	100
Роксана	4	11,8	23,5	41,2	23,5	-	88,2
Ольга	5	26,7	26,7	33,3	6,7	6,7	86,7
Былина	4	18,8	25,0	50,0	6,3	-	93,8

Приложение 8

Анализ продолжительности и характера цветения сортов озимой ржи в лабораторном опыте, 2021 г.

Сорт	Продолжи- тельность цветения, дней	Количество цветущих колосьев, шт. / Процент цветущих колосьев								Активность цветения, %
		1 день 08.06.	2 день 09.06.	3 день 10.06.	4 день 11.06.	5 день 12.06.	6 день 13.06.	7 день 14.06.	8 день 15.06.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фаленская 4 – ст.	5	-	3 / 6,5	5 / 10,9	6 / 13,0	20 / 43,5	12 / 26,1	-	-	93,5
Вятка 2	6	3 / 5,4	5 / 8,9	11 / 19,6	11 / 19,6	20 / 35,7	6 / 10,7	-	-	85,6
Кировская 89	5	-	1 / 2,0	10 / 20,0	11 / 22,0	19 / 38,0	9 / 18,0	-	-	98,0
Снежана	6	-	1 / 2,2	5 / 11,1	5 / 11,1	10 / 22,2	10 / 22,2	14 / 31,1	-	86,6
Флора	6	1 / 1,7	4 / 6,9	9 / 15,5	9 / 15,5	24 / 41,4	11 / 18,9	-	-	91,3
Рушник	6	-	8 / 11,9	16 / 23,9	15 / 22,4	16 / 23,9	9 / 13,4	3 / 4,5	-	83,6
Лика	6	-	5 / 9,4	11 / 20,8	7 / 13,2	16 / 30,2	8 / 15,1	6 / 11,3	-	79,3
Графиня	5	-	1 / 2,3	8 / 18,6	6 / 13,9	18 / 41,9	10 / 23,3	-	-	97,7
Крона	7	-	2 / 4,0	5 / 10,0	10 / 20,0	15 / 30,0	8 / 16,0	3 / 6,0	7 / 14,0	76,0
Немчиновский F ₁	6	-	8 / 21,6	4 / 10,8	4 / 10,8	10 / 27,0	4 / 10,8	5 / 13,5	-	70,2
Паром	6	-	2 / 4,3	11 / 23,4	9 / 19,1	13 / 27,7	7 / 14,9	5 / 10,6	-	85,1
Чусовая	7	-	1 / 4,3	1 / 4,3	1 / 4,3	8 / 34,8	6 / 26,1	4 / 17,4	2 / 8,7	87,0

Продолжение приложения 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дарвет	7	-	2 / 5,8	3 / 7,1	5 / 11,9	10 / 3,8	15 / 35,7	4 / 9,5	3 / 7,1	80,9
Виркас	6	-	1 / 2,3	2 / 4,7	10 / 23,3	11 / 25,6	12 / 27,9	7 / 16,3	-	93,1
Алиса	5	-	-	-	1 / 4,0	3 / 8,0	9 / 36,0	10 / 40,0	3 / 12,0	96,0
Янтарная	5	-	-	2 / 6,9	1 / 3,4	10 / 34,5	9 / 31,0	7 / 24,1	-	93,0
Пуховчанка	6	-	-	3 / 12,5	5 / 20,8	7 / 29,2	4 / 16,7	3 / 12,5	2 / 8,3	79,2
Таловская 33	6	-	-	1 / 3,4	1 / 3,4	8 / 27,6	6 / 20,7	7 / 24,1	6 / 20,7	93,1
Памяти Кунакбаева	6	-	-	3 / 7,1	1 / 2,4	18 / 42,9	9 / 21,4	8 / 19,0	3 / 7,1	90,4
Чулпан 7	7	-	3 / 8,3	2 / 5,6	3 / 8,3	14 / 38,9	5 / 13,9	5 / 13,9	4 / 11,1	77,8
Солнечная	8	3 / 8,8	6 / 17,6	5 / 14,7	7 / 20,6	7 / 20,6	2 / 5,9	1 / 2,9	3 / 8,8	73,5
Памяти Бамбышева	7	-	2 / 4,9	2 / 4,9	7 / 17,1	17 / 41,5	7 / 17,1	3 / 7,3	3 / 7,3	83,0
Солнышко	7	-	1 / 3,4	5 / 17,2	2 / 6,9	5 / 17,2	9 / 31,0	5 / 17,2	2 / 6,9	72,3
Марусенька	7	3 / 9,4	7 / 21,9	12 / 37,5	1 / 3,2	5 / 15,6	2 / 6,3	2 / 6,3	-	78,2
Саратовская 7	7	6 / 15,8	9 / 23,7	9 / 23,7	4 / 10,5	4 / 10,5	3 / 7,9	3 / 7,9	-	73,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Саратовская 10	6	5 / 12,8	13 / 33,3	7 / 17,9	5 / 12,8	7 / 17,9	2 / 5,1	-	-	81,9
Антарес	8	3 / 7,3	5 / 22,2	6 / 14,6	7 / 17,0	8 / 19,5	6 / 14,6	4 / 9,8	2 / 4,9	73,3
Безенчукская 87	8	5 / 11,1	2 / 4,4	3 / 6,8	3 / 6,8	7 / 15,6	8 / 17,8	9 / 20,0	8 / 17,8	71,2
Роксана	6	4 / 7,3	4 / 7,3	3 / 5,5	12 / 21,8	23 / 41,8	9 / 16,4	-	-	85,5
Грань	6	-	-	3 / 6,8	4 / 9,1	11 / 25,0	16 / 36,4	5 / 11,4	5 / 11,4	84,2
ГП-901	7	3 / 5,6	4 / 7,4	9 / 16,7	13 / 24,1	10 / 18,5	12 / 22,2	3 / 5,6	-	81,5
Парча	7	2 / 4,4	5 / 11,1	16 / 35,6	8 / 17,8	8 / 17,8	3 / 6,7	3 / 6,7	-	82,3
ГП-985	7	1 / 1,5	8 / 11,9	13 / 19,4	19 / 28,4	17 / 25,4	6 / 8,9	3 / 4,5	-	85,1
Таловская 44	8	1 / 2,5	2 / 5,0	3 / 7,5	6 / 15,0	13 / 32,5	9 / 22,5	2 / 5,0	4 / 10,0	77,5
Таловская 45	5	-	-	-	11 / 33,3	3 / 9,1	9 / 27,3	5 / 15,2	5 / 15,2	84,9
Таловская без назв.	6	-	-	2 / 4,8	2 / 4,8	13 / 30,9	7 / 16,7	15 / 35,7	3 / 7,1	90,4
Дана	7	2 / 3,0	8 / 12,1	12 / 18,2	15 / 22,7	20 / 30,3	6 / 9,1	3 / 4,5	-	83,3
Эврика	7	1 / 2,0	3 / 6,0	12 / 24,0	7 / 14,0	13 / 26,0	10 / 20,0	4 / 8,0	-	84,0
Эра	5	-	-	8 / 14,8	9 / 16,7	24 / 44,4	7 / 12,9	6 / 11,1	-	88,8

Приложение 9

Динамика цветения возделываемых сортов озимой ржи в полевом эксперименте, 2013 г.

Сорт	Дата цветения		Продолжительность цветения, дней	Зацветших колосьев в пробе, %										Активность цветения, %
	начало	конец		1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день	8 день	9 день	10 день	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Фаленская 4 – ст.	11.06.	18.06.	7	-	-	1,1	7,0	16,1	17,2	20,7	34,5	3,4	-	88,5
Вятка 2	11.06.	15.06.	5	-	10,4	10,4	12,5	27,1	39,6	-	-	-	-	89,6
Крона	10.06.	17.06.	8	1,2	12,0	14,7	4,0	34,7	6,7	16,0	10,7	-	-	68,1
Кировская 89	11.06.	17.06.	8	-	3,6	7,1	-	27,4	9,5	17,9	30,9	3,6	-	85,7
Снежана	12.06.	17.06.	9	1,3	-	12,9	-	38,2	11,8	18,4	14,5	2,9	-	82,9
Рушник	12.06.	19.06.	8	-	-	5,3	5,3	12,6	15,8	15,8	28,4	10,5	6,3	72,6
Флора	11.06.	18.06.	8	-	1,1	8,0	4,5	18,2	11,4	30,7	23,9	2,2	-	84,2
Графиня	11.06.	16.06.	7	-	2,3	14,5	-	41,0	9,6	19,3	13,3	-	-	83,2
Альфа	10.06.	17.06.	8	8,5	33,9	15,3	1,7	24,6	5,9	5,9	4,2	-	-	75,5

Продолжение приложения 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Татьяна	11.06.	17.06.	7	-	9,7	29,1	2,9	38,8	4,9	11,7	2,9	-	-	80,5
Московская 12	10.06.	15.06.	7	24,5	37,8	24,4	1,2	8,5	-	3,6	-	-	-	87,9
Пурга	11.06.	15.06.	6	-	35,2	27,8	5,6	25,9	-	5,5	-	-	-	94,5
Чулпан 7	11.06.	17.06.	7	-	4,0	12,0	6,0	40,0	10,0	14,0	14,0	-	-	78,0
Популяция БС	11.06.	16.06.	6	-	10,1	17,4	1,4	52,2	4,3	14,6	-	-	-	75,3
Памяти Кунакбаева	11.06.	16.06.	6	-	5,7	22,9	4,8	48,2	2,4	16,0	-	-	-	78,3
Пышма	10.06.	16.06.	7	5,4	24,4	2,7	5,4	27,0	27,0	8,1	-	-	-	59,5
Паром	12.06.	17.06.	6	-	-	14,5	7,3	30,9	9,1	21,8	16,4	-	-	78,2
Исеть	13.06.	17.06.	7	-	2,0	-	12,2	20,4	12,2	20,4	32,8	-	-	85,8
Татарская 1	11.06.	17.06.	7	-	8,5	14,9	10,6	27,7	6,4	17,0	14,9	-	-	66,0
Эстафета Татарстана	11.06.	17.06.	7	-	4,5	9,1	9,1	29,5	18,2	22,7	6,9	-	-	79,5
Радонь	11.06.	18.06.	8	-	4,0	8,0	8,0	24,0	10,0	20,0	20,0	6,0	-	74,0

Окончание приложения 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Огонек	11.06.	17.06.	7	-	16,6	14,8	13,0	29,6	11,1	9,3	5,6	-	-	74,0
Саратовская 5	11.06.	16.06.	7	-	15,8	21,1	2,6	42,1	-	10,5	7,9	-	-	81,6
Саратовская 6	10.06.	16.06.	7	10,5	21,1	18,4	2,6	15,8	15,8	15,8	-	-	-	57,9
Саратовская 7	10.06.	15.06.	6	13,1	22,2	27,8	7,4	25,9	3,6	-	-	-	-	83,3
Марусенька	10.06.	15.06.	6	15,1	30,2	28,3	7,5	13,2	5,7	-	-	-	-	81,1
Эра	11.06.	17.06.	7	-	1,6	10,0	1,7	31,7	18,3	16,7	20,0	-	-	86,7
Волхова	12.06.	18.06.	7	-	-	21,4	1,4	30,0	10,0	14,3	18,6	4,3	-	72,9
Антарес	10.06.	15.06.	6	4,1	16,3	30,6	10,2	26,5	12,3	-	-	-	-	83,6
Роксана	12.06.	16.06.	5	-	-	8,5	18,6	22,0	20,3	30,6	-	-	-	91,5
Ольга	11.06.	16.06.	6	-	2,5	17,5	12,5	40,0	22,5	5,0	-	-	-	92,5
Безенчукская 87	10.06.	15.06.	6	13,6	27,3	9,1	22,7	22,8	4,5	-	-	-	-	81,9
Памяти Бамбышева	10.06.	17.06.	8	3,6	8,9	23,3	1,8	39,3	7,1	7,1	8,9	-	-	73,3

Анализ продолжительности и характера цветения сортов озимой ржи в полевых условиях, 2014 г.

Сорт	Продол- житель- ность, дней	Количество цветущих колосьев, шт. / Процент цветущих колосьев										Актив- ность, %
		1 день 03.06.	2 день 04.06.	3 день 05.06.	4 день 06.06.	5 день 07.06.	6 день 08.06.	7 день 09.06.	8 день 10.06.	9 день 11.06.	10 день 12.06.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Фаленская 4 – ст.	10	6 / 7,7	19 / 24,4	18 / 23,1	6 / 7,7	11 / 14,1	5 / 6,4	5 / 6,4	3 / 3,8	-	5 / 6,4	69,3
Вятка 2	10	1 / 0,7	40 / 29,3	26 / 19,0	16 / 11,7	31 / 22,6	9 / 6,6	5 / 3,6	5 / 3,6	1 / 0,7	3 / 2,2	82,6
Кировская 89	8	4 / 4,7	24 / 28,3	11 / 12,9	14 / 16,5	11 / 12,9	1 / 1,2	15 / 17,6	5 / 5,9	-	-	70,6
Дымка	10	7 / 6,4	33 / 30,8	24 / 22,4	20 / 19,0	8 / 7,5	4 / 3,7	6 / 5,6	1 / 0,9	1 / 0,9	3 / 2,8	79,7
Снежана	10	2 / 2,5	21 / 25,9	15 / 18,5	9 / 11,1	7 / 8,6	10 / 12,3	8 / 9,9	3 / 3,7	2 / 2,6	4 / 4,9	64,1
Рушник	10	3 / 2,6	56 / 47,1	22 / 18,4	13 / 10,9	12 / 10,1	2 / 1,7	9 / 7,6	-	1 / 0,8	1 / 0,8	86,5
Флора	6	5 / 5,0	57 / 57,0	15 / 15,0	15 / 15,0	6 / 6,0	2 / 2,0	-	-	-	-	93,0
Графиня	7	9 / 7,5	53 / 44,2	27 / 22,5	12 / 10,0	6 / 5,0	5 / 4,1	8 / 6,7	-	-	-	81,7
Рада	7	1 / 1,9	16 / 29,6	8 / 14,8	6 / 11,1	8 / 14,8	7 / 13,0	8 / 14,8	-	-	-	70,3

Окончание приложения 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Памяти Кунакбаева	9	-	8 / 15,1	11 / 20,8	8 / 15,1	6 / 11,3	8 / 5,1	6 / 11,3	3 / 5,7	-	3 / 5,6	62,3
Паром	7	1 / 2,2	5 / 1,4	10 / 22,7	8 / 18,2	12 / 27,3	4 / 9,1	4 / 9,1	-	-	-	79,6
Исеть	7	1 / 1,4	15 / 20,5	16 / 21,9	12 / 16,4	19 / 26,1	4 / 5,5	6 / 8,2	-	-	-	84,9
Татарская 1	9	-	2 / 4,9	5 / 12,2	9 / 22,0	8 / 19,3	-	9 / 22,1	-	1 / 2,4	7 / 17,1	63,4
Эстафета Татарстана	9	-	3 / 5,7	6 / 11,4	7 / 13,2	13 / 24,5	4 / 7,5	11 / 20,8	5 / 9,4	-	4 / 7,5	66,0
Радонь	7	-	9 / 23,7	7 / 18,4	2 / 5,3	13 / 34,2	1 / 2,6	5 / 13,2	1 / 2,6	-	-	81,6
Огонек	10	2 / 8,3	3 / 12,5	8 / 33,3	3 / 12,5	1 / 4,2	3 / 12,5	3 / 12,5	-	-	1 / 4,2	62,5
Эра	9	-	4 / 9,8	5 / 12,2	8 / 19,5	11 / 26,8	4 / 9,8	4 / 9,8	3 / 7,3	-	2 / 4,9	68,3
Волхова	9	-	4 / 8,5	7 / 14,9	4 / 8,5	14 / 29,8	5 / 10,6	7 / 14,9	4 / 8,5	-	2 / 4,3	63,8
Безенчукская 87	6	1/4,0	8 / 32,0	6 / 24,0	6 / 24,0	2 / 8,0	2 / 8,0	-	-	-	-	88,0
Антарес	10	11/18,3	21 / 35,0	12 / 20,0	3 / 5,0	6 / 10,0	-	3 / 5,0	1 / 1,7	1 / 1,7	2 / 3,3	78,3
Роксана	10	6/14,3	17 / 40,5	3 / 7,1	3 / 7,1	3 / 7,1	6 / 14,3	2 / 4,8	-	-	2 / 4,8	69,0

Состояние элементов продуктивности растений
при разной пораженности растений озимой ржи склероциями спорыньи
при искусственной инокуляции, 2016 г.

Сорт	Пораже- ние, %	Засорен- ность зерна склеро- циями, %	Масса склеро- циев, г/м ²	Масса, г			Масса зерна, г/м ²
				склеро- ция	зерна с растения	1000 зерен	
Фаленская 4 – ст.	62,5	6,63	0,83	0,10	15,7	35,2	385,0
Кировская 89	80,0	4,72	1,14	0,05	16,1	36,3	743,0
Флора	50,0	2,39	0,48	0,07	10,2	38,3	618,0
Графиня	56,5	5,71	2,04	0,11	15,5	36,6	899,0
Татьяна	44,4	8,35	1,99	0,14	13,2	36,1	733,0
Московская 12	30,0	5,40	0,80	0,13	14,8	42,8	456,0
Крона	66,7	17,79	2,78	0,12	10,4	32,1	481,0
Памяти Кунакбаева	42,9	7,23	0,86	0,12	16,9	37,2	366,0
Популяция БС	84,6	10,18	1,51	0,07	11,4	39,8	457,0
Саратовская 7	37,5	4,66	0,55	0,05	14,8	41,8	364,0
Марусенька	43,8	15,02	2,32	0,17	9,7	40,0	475,0
Антарес	60,0	8,36	1,55	0,08	13,2	36,2	570,0

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность сортов и популяций ржи при искусственной инокуляции, 2017 г.

Сорт, популяция	Количество склероциев, шт.	Масса, г/м ²		Масса, г		Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %
		склероциев	зерна	зерна с растения	1000 зерен		
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаленская 4 – ст.	969	61,4	300,6	13,7	35,7	90,0	18,7
Кировская 89	744	28,2	150,5	11,6	30,4	90,0	20,4
С-30/07	434	19,5	154,3	10,3	31,0	90,0	12,6
Рада	554	37,8	423,1	14,9	32,4	80,0	8,9
Талица	726	37,7	399,4	14,8	33,9	88,0	9,4
Грация	968	47,1	333,7	14,5	34,1	90,0	14,1
Графит	320	25,0	314,9	15,8	36,3	70,0	7,9
Перепел	318	22,9	320,6	12,3	31,2	72,3	7,1
Фаленская универсальная	376	20,2	216,5	14,4	31,9	100	9,3
Московская 12	503	34,7	180,3	12,0	30,9	70,0	19,2
Татьяна	1006	57,9	332,5	13,8	34,8	70,0	17,4
Чулпан 7	715	50,1	324,9	13,5	41,4	95,8	15,4
Памяти Кунакбаева	875	78,4	306,1	11,3	41,2	90,0	25,6
Популяция БС	521	22,9	139,0	9,1	33,2	90,0	23,1
Антарес	427	31,3	118,6	9,1	34,6	60,0	16,4
Безенчукская 87	543	61,0	476,6	12,4	40,2	70,0	24,5
Памяти Бамбышева	643	63,5	196,3	10,3	42,2	90,0	32,3

1	2	3	4	5	6	7	8
Саратовская 7	437	53,8	190,7	11,2	42,5	60,0	18,2
Марусенька	397	25,6	177,1	12,4	41,8	71,7	13,2
Солнечная	555	45,9	96,3	7,4	40,1	90,0	47,7
Таловская 41	510	37,7	170,1	10,0	38,4	100	22,2
Алиса	486	32,9	320,8	18,8	34,5	100	10,3
Янтарная	1088	66,7	246,1	16,5	34,1	90,0	27,1
Волхова	553	29,6	106,2	8,1	36,1	90,0	27,9
Былина	375	16,2	126,3	15,7	34,8	90,0	12,8
Славия	501	32,2	399,5	13,5	33,5	74,1	8,1

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность сортов и популяций озимой ржи при искусственной инокуляции, 2018 г.

Сорт, популяция	Пора- жение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Количество склероциев, шт.	Биометрия 1 склероция			Масса склеро- циев, г/м ²	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г/м ²	Масса зерна с растения, г
				длина, мм	ширина, мм	масса, г				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фаленская 4 – ст.	68,3	8,3	103	16,8	2,8	0,09	2,9	30,7	560,0	11,0
Кипрез	31,0	1,8	320	18,0	3,0	0,09	11,2	30,7	620,0	10,7
Ниоба	36,5	3,4	263	20,8	3,4	0,14	17,5	36,5	520,0	10,0
Садко	51,0	3,3	365	18,8	3,2	0,12	16,6	33,0	500,0	10,2
Роса	51,1	1,3	123	19,0	3,4	0,14	5,5	28,9	440,0	9,8
Сара	42,4	2,5	124	15,2	3,0	0,08	7,9	32,5	320,0	9,7
Кировская 89	43,0	1,6	53	15,8	2,8	0,04	2,4	36,4	400,0	10,3
Дымка	27,3	1,8	160	18,4	3,2	0,05	7,9	36,5	440,0	8,0
Рада	20,0	1,1	117	20,2	3,0	0,09	4,5	36,0	400,0	6,7
Флора	56,3	1,9	177	19,6	3,0	0,13	5,8	36,1	410,0	11,6
Графит	50,0	3,7	102	17,2	3,2	0,08	5,9	34,8	360,0	13,1
Грация	72,2	4,5	224	18,0	3,0	0,13	9,1	32,6	200,0	11,1
Перепел	22,5	3,5	137	21,2	3,8	0,09	8,4	31,8	340,0	9,6

Продолжение приложения 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Волна	90,0	9,4	185	17,8	2,8	0,09	9,2	35,0	110,0	11,0
С-30/07	30,0	8,0	345	19,8	3,2	0,11	12,8	37,8	160,0	14,5
Талица	62,9	3,0	183	18,0	3,4	0,08	10,2	35,8	340,0	12,6
Чулпан 7	63,6	2,9	71	18,6	3,4	0,17	5,4	31,9	190,0	17,3
Памяти Кунакбаева	83,3	2,3	80	15,8	3,2	0,11	3,2	41,7	140,0	13,3
Безенчукская 87	50,0	8,1	44	20,0	3,0	0,09	8,9	41,4	210,0	11,0
Антарес	60,0	10,8	46	23,2	3,6	0,23	4,2	40,6	238,0	10,9
Памяти Бамбышева	74,1	5,3	233	20,2	3,4	0,17	20,0	43,9	380,0	14,1
Саратовская 7	18,6	1,2	117	18,0	2,6	0,08	5,1	42,7	440,0	16,3
Солнечная	73,3	7,0	163	20,8	3,4	0,11	11,2	40,0	160,0	10,7
Таловская 33	62,5	6,2	200	22,2	4,2	0,22	19,1	35,2	310,0	7,8
Таловская 41	79,2	3,9	148	21,4	3,4	0,09	8,7	35,2	220,0	9,2

Окончание приложения 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Паром	46,7	6,2	52	19,4	3,2	0,18	6,8	28,6	110,0	7,3
Алиса	50,0	2,6	105	21,0	3,0	0,08	5,2	34,8	200,0	15,3
Янтарная	38,5	2,1	80	16,2	2,8	0,06	3,0	31,7	240,0	10,8
Чусовая	40,0	2,7	21	18,0	3,0	0,13	1,6	35,1	260,0	8,0
Вираз	50,0	3,1	130	15,6	2,8	0,05	6,4	33,4	210,0	9,5
Волхова	8,8	0,6	106	14,6	2,8	0,07	3,0	36,6	520,0	15,3
Памяти Попова	77,8	9,4	392	23,4	3,4	0,15	30,2	40,4	320,0	11,9
Былина	59,3	3,8	225	17,8	3,2	0,11	10,3	38,8	270,0	10,0
Славия	40,0	1,5	66	19,0	2,8	0,13	3,3	37,1	220,0	8,8
Московская 12	60,0	5,4	99	14,6	3,0	0,06	6,5	40,1	120,0	12,0
Татьяна	40,6	1,0	45	18,6	3,0	0,08	3,1	40,7	310,0	9,7

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность сортов и популяций озимой ржи при искусственной инокуляции, 2019 г.

Сорт, популяция	Количество склероциев, шт.	Масса, г/м ²		Масса, г		Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Биометрия 1 склероция		
		склероций	зерна	1000 зерен	1000 склероций			длина, мм	ширина, мм	масса, г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фаленская 4 – ст.	341	5,7	498,0	38,0	62,0	69,2	3,50	16,0	2,6	0,09
Талица	557	32,27	592,0	39,2	60,7	50,7	5,45	21,4	3,6	0,18
Грация	89	7,50	98,0	42,7	94,6	87,5	7,68	21,8	5,8	0,27
Графит	450	30,69	733,0	40,6	79,0	58,5	4,19	24,6	4,4	0,34
Перепел	752	44,99	915,0	41,7	73,0	60,8	4,92	28,8	4,0	0,30
Ниоба	440	21,58	407,0	41,4	62,3	78,5	5,30	25,2	4,6	0,30
Садко	526	26,04	678,0	41,5	61,1	56,3	3,84	23,6	4,2	0,23
Роса	509	23,50	499,0	39,8	60,0	76,3	4,70	22,0	3,8	0,19

Окончание приложения 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сара	376	19,82	638,0	41,8	53,4	73,9	1,44	22,2	3,4	0,17
Лица	245	10,48	726,0	41,8	42,9	46,3	3,11	18,0	2,8	0,09
Гармония	306	10,07	792,0	39,9	30,8	35,7	1,27	17,4	3,2	0,10
Симфония	262	9,33	741,0	40,2	32,9	19,5	1,26	15,8	2,8	0,09
Батист	90	4,99	761,0	41,7	39,3	14,2	0,66	15,8	3,6	0,13
Среднее	383,5	20,11	632,0	41,0	57,5	57,4	3,65	21,4	3,9	0,20
НСР ₀₅	-	-	-	0,5	1,4	-	-	9,1	1,3	0,2

Приложение 15

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность возделываемых сортов
и перспективных популяций озимой ржи при искусственной инокуляции, 2020 г.

Сорт, популяция	Количество склероциев, шт.	Масса, г/м ²		Масса 1000 зерен, г	Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Физические величины склероциев		
		склероциев	зерна				длина, мм	ширина, мм	масса, г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фаленская 4 – ст.	14	0,38	268,0	37,0	16,7	0,56	10,0	2,0	0,04
Снежана	54	3,93	241,0	37,7	60,0	2,79	19,3	3,0	0,12
Рушник	12	0,75	465,0	37,1	15,0	0,28	16,0	3,3	0,15
Флора	42	3,04	476,0	34,2	27,8	1,10	22,0	3,0	0,16
Графиня	6	0,41	469,0	36,8	14,3	0,24	15,0	3,7	0,10
Рада	73	5,61	519,0	36,9	35,0	1,76	21,7	3,7	0,18
Лица	41	2,60	569,0	34,2	23,8	0,70	21,7	3,3	0,14
Графит	35	2,09	521,0	34,2	30,0	0,90	19,7	2,7	0,10
Перепел	38	2,29	513,0	34,9	12,0	0,56	14,7	3,3	0,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гармония	41	2,94	558,0	33,2	36,8	1,14	20,7	4,0	0,17
Симфония	74	1,91	529,0	34,9	32,0	0,58	14,7	2,7	0,07
Кипрез	65	3,56	305,0	35,5	44,0	1,17	20,0	4,0	0,15
Талица	43	1,96	595,0	34,3	61,1	2,8	18,3	2,7	0,11
Фаленская универсальная	128	9,70	231,0	33,2	80,0	7,42	25,0	3,3	0,21
Ниоба	111	8,39	204,0	35,4	66,7	4,12	24,0	4,3	0,24
Батист	52	3,01	285,0	33,7	26,7	1,63	15,3	4,0	0,15
Садко	15	1,42	254,0	36,2	16,7	0,56	17,7	4,0	0,12
Роса	70	2,30	277,0	35,8	37,5	3,00	17,0	3,0	0,10
Сармат	67	2,94	685,0	36,4	42,9	0,40	16,7	3,0	0,11

Проявление спорыньи на сортах и популяциях озимой ржи и влияние болезни на урожайность,
биометрические признаки склероциев при искусственной инокуляции, 2021 г.

Сорт, популяция	Урожай- ность, г/м ²	Масса склеро- циев, г/м ²	Пораже- ние, %	Засорен- ность зерна склеро- циями, %	Физические величины склероциев					
					длина, мм		ширина, мм		масса, г	
					сред- нее	пределы варьи́рова- ния	сред- нее	пределы варьи́рова- ния	сред- нее	пределы варьи́рова- ния
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Сорта коллекции ВИР</i>										
Ника 2 НП	336,0	21,7	95,0	6,5	24,7	15...34	3,7	2...5	0,17	0,02...0,35
Донская НП	359,0	39,8	95,2	11,1	18,3	11...22	4,0	2...6	0,23	0,04...0,49
Енрушсиб НП 77-8	105,0	14,7	91,7	14,0	20,7	15...27	3,0	2...4	0,17	0,04...0,27
Вавиловская НП	203,0	25,2	92,8	12,4	25,0	11...40	3,3	2...5	0,21	0,02...0,47
Фаленская универсальная НП	201,0	8,3	72,7	4,1	17,0	9...30	3,3	2...5	0,15	0,03...0,32
НВАК 285/15 НП	111,0	17,6	100	15,8	23,3	16...37	3,7	3...5	0,19	0,03...0,42
Шнурик НП	323,0	7,4	77,3	2,3	24,0	17...36	4,0	3...5	0,15	0,04...0,28
<i>Сорта и популяции селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока</i>										
Фаленская 4 – ст.	381,0	16,7	63,6	4,4	22,3	11...33	4,0	2...6	0,28	0,04...0,55
Вятка 2	220,0	39,3	88,0	17,9	22,3	15...32	3,3	2...5	0,17	0,06...0,36

Окончание приложения 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кировская 89	363,0	17,2	80,0	4,8	28,3	13...40	4,7	2...6	0,33	0,04...0,49
Дымка	328,0	27,5	96,6	8,4	21,7	14...32	3,7	2...5	0,18	0,05...0,38
Снежана	529,0	4,5	60,0	1,9	25,0	16...33	3,7	2...6	0,25	0,04...0,55
Рушник	529,0	5,7	50,0	1,1	14,7	9...24	2,7	2...4	0,08	0,02...0,20
Флора	415,0	27,0	46,9	1,0	21,3	12...27	3,7	3...5	0,18	0,08...0,26
Графиня	527,0	6,0	42,9	1,2	19,7	10...26	4,0	2...6	0,19	0,03...0,33
Графиня 2Д	404,0	11,0	81,5	2,7	28,0	11...47	3,7	2...5	0,23	0,02...0,49
Фаленская универсальная	442,0	7,0	78,9	1,6	19,3	14...27	3,7	2...5	0,18	0,05...0,38
Лика	509,0	4,2	36,4	1,4	18,0	12...22	3,3	2...4	0,11	0,03...0,16
Румба крупнозерная	379,0	3,1	59,3	0,8	17,0	12...25	3,0	2...4	0,08	0,03...0,16
Графит	595,0	3,2	68,8	1,7	15,7	12...22	3,0	2...4	0,10	0,02...0,20
Графит ФП	594,0	4,1	75,0	2,1	19,3	12...30	3,3	2...5	0,11	0,02...0,28
Гармония	403,0	3,5	46,7	1,7	16,0	12...22	3,0	2...4	0,11	0,04...0,23
Симфония	424,0	4,1	44,7	1,8	17,3	10...26	2,7	2...3	0,11	0,04...0,23
Перепел	499,0	7,8	57,8	2,6	22,7	15...34	3,3	2...5	0,15	0,06...0,24
Батист	349,0	25,5	89,3	7,3	24,3	12...34	3,3	2...5	0,20	0,02...0,39
Сармат	356,0	41,4	40,9	1,6	31,7	12...45	4,0	2...6	0,30	0,03...0,46
В среднем	-	-	-	-	20,4±5,5		3,3±0,8		0,20±0,1	
НСР ₀₅	-	-	-	-	7,0	-	3,8	-	1,7	-

Проявление спорыньи и влияние болезни на урожайность сортов и популяций озимой ржи,
биометрические признаки склероциев при искусственной инокуляции, 2022 г.

Сорт, популяция	Поражение, %	Физические величины склероциев			Урожайность, г/м ²	Засоренность зерна склероциями, %
		длина, мм	ширина, мм	масса, г		
	среднее ± отклонение					
1	2	3	4	5	6	7
Сорта и популяции селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока						
Фаленская 4 – ст.	18,7±4,4	17,8±2,6	3,3±0,5	0,13±0,03	700,0	0,46±0,03
Вятка 2	9,9±5,5	19,0±4,2	2,8±0,4	0,11±0,04	490,0	0,91±0,18
Кировская 89	38,4±6,2	20,0±4,9	3,3±0,5	0,20±0,09	250,0	3,03±0,80
Дымка	14,0±6,4	21,2±4,6	3,3±0,3	0,14±0,05	620,0	0,36±0,10
Снежана	13,0±7,8	18,7±2,7	3,0±0,4	0,10±0,03	710,0	0,54±0,19
Рушник	16,3±1,3	18,0±3,5	3,7±0,6	0,13±0,04	680,0	0,67±0,14
Флора	21,1±5,3	16,5±1,8	3,7±0,4	0,12±0,03	840,0	0,44±0,21
Графиня	29,1±4,2	18,2±4,3	3,2±0,6	0,13±0,04	660,0	0,71±0,66
Кипрез	46,6±2,2	19,5±3,9	2,8±0,5	0,10±0,05	880,0	1,24±0,20
Рада	14,2±6,5	19,3±3,2	3,8±0,7	0,18±0,07	790,0	0,28±0,06
Фаленская крупнозерная	12,5±8,1	18,5±1,8	3,3±0,2	0,11±0,03	930,0	0,29±0,26
Лица	14,1±7,2	15,3±4,5	3,2±0,8	0,12±0,07	900,0	0,47±0,47

Продолжение приложения 17

1	2	3	4	5	6	7
Гармония	17,7±3,1	14,2±2,4	3,2±0,5	0,10±0,04	695,0	0,59±0,44
Симфония	13,1±3,6	16,7±4,2	3,0±0,5	0,14±0,05	890,0	0,53±0,51
Перепел	18,9±2,5	15,8±2,7	3,3±0,6	0,10±0,04	970,0	0,84±0,76
Графит	25,7±4,6	22,0±3,5	3,8±0,4	0,14±0,05	680,0	0,82±0,21
Графит ФП	20,8±2,8	19,5±3,5	3,7±0,7	0,15±0,05	870,0	0,56±0,37
Талица	19,6±5,4	16,3±2,9	2,8±0,4	0,10±0,03	740,0	0,54±0,06
Фаленская универсальная	24,9±5,6	23,2±3,4	4,2±0,7	0,22±0,07	720,0	1,27±0,78
Румба крупнозерная	14,7±1,9	16,0±2,7	3,0±0,4	0,10±0,04	980,0	0,31±0,05
НВАК 285/15	67,2±22,8	20,0±2,9	3,7±0,3	0,14±0,05	400,0	3,90±0,28
Сармат	31,8±12,6	22,8±4,8	4,3±0,9	0,28±0,02	540,0	1,95±0,08
Ниоба	12,6±3,2	17,2±2,9	3,0±0,4	0,08±0,02	850,0	0,92±0,09
Роса	12,9±0,4	18,3±2,3	3,7±0,7	0,12±0,04	660,0	0,42±0,17
Батист	21,6±2,0	25,3±8,8	3,7±0,9	0,25±0,04	1060,0	0,75±0,06
Садко	7,1±3,8	17,0±3,2	3,3±0,3	0,11±0,05	840,0	0,54±0,07
<i>Сорта других НИУ РФ</i>						
Дана	26,1	17,0±5,9	3,3±0,9	0,15±0,09	1000,0	0,86
Эра	23,4	22,3±9,4	4,0±1,5	0,28±0,03	920,0	0,78
Эврика	11,1	18,0±9,1	3,0±1,0	0,16±0,02	1010,0	0,52

Окончание приложения 17

1	2	3	4	5	6	7
Янтарная	33,3	17,7±6,2	3,7±0,9	0,18±0,01	700,0	1,87
Чусовая	16,7	16,7±5,7	3,3±0,7	0,13±0,07	840,0	0,19
Дарвет	26,3	17,9±5,4	4,0±0,6	0,24±0,05	780,0	0,92
Викрас	11,9	22,3±6,0	4,0±1,2	0,17±0,07	720,0	0,45
Саратовская 7	16,7	16,3±2,1	3,0±1,0	0,08±0,04	900,0	0,31
Саратовская 10	34,7	20,7±4,3	3,7±0,9	0,21±0,03	840,0	1,78
Солнышко	27,1	21,3±6,9	4,0±1,0	0,15±0,08	820,0	1,07
Марусенька	13,1	19,7±6,2	3,0±0,6	0,11±0,07	900,0	0,47

Проявление спорыньи на сортах и популяциях озимой ржи
при искусственной инокуляции, 2023 г.

Сорт, популяция	Урожайность, г/м ²	Склеротии		Засоренность зерна склеротиями, %	Поражение, %
		количество, шт.	масса, г/м ²		
Фаленская 4 – ст.	380,0	180	12,0	3,16	64,9
Гармония	410,0	231	18,2	2,71	46,7
Симфония	440,0	187	13,9	2,11	40,0
Перепел	480,0	225	16,5	4,34	58,1
Графит	460,0	237	15,6	6,00	80,8
Графит ФП	420,0	102	8,4	3,79	76,9
Популяция 21/1	480,0	387	26,4	6,95	86,9
Московская 18	340,0	224	17,7	5,20	94,4
НВАК 285/15	90,0	330	24,7	27,41	96,4
Флора	640,0	185	14,5	2,27	63,6
Лица	640,0	284	19,4	3,03	72,9
Вятка 2	410,0	261	28,8	7,02	92,5

Биометрические показатели склероциев гриба *S. purpurea* у сортов и популяций озимой ржи при искусственной инокуляции, 2023 г.

Сорт, популяция	Физические величины склероциев								
	длина, мм			ширина, мм			масса, г		
	среднее± отклоне- ние	пределы варьирования		среднее± отклоне- ние	пределы варьирования		среднее± отклоне- ние	пределы варьирования	
		min	max		min	max		min	max
Фаленская 4 – ст.	24,3±3,7	10,0	32,0	3,7±0,4	2,0	5,0	0,16±0,03	0,03	0,23
Гармония	28,0±5,1	11,0	42,0	3,8±0,4	2,0	5,0	0,22±0,06	0,02	0,34
Симфония	21,7±3,8	11,0	36,0	4,2±0,6	2,0	6,0	0,21±0,06	0,03	0,42
Перепел	22,8±5,4	13,0	42,0	3,7±0,5	2,0	5,0	0,21±0,07	0,02	0,52
Графит	25,7±6,0	12,0	50,0	3,5±0,7	2,0	6,0	0,20±0,09	0,04	0,58
Графит ФП	21,7±4,2	8,0	36,0	3,3±0,6	2,0	5,0	0,16±0,05	0,03	0,32
Популяция 21/1	24,3±4,5	9,0	36,0	3,2±0,5	2,0	5,0	0,23±0,06	0,04	0,44
Московская 18	26,2±5,2	10,0	42,0	3,3±0,5	2,0	5,0	0,26±0,07	0,04	0,50
НВАК 285/15	27,5±4,1	17,0	41,0	3,8±0,5	2,0	5,0	0,25±0,06	0,08	0,45
Флора	29,2±4,7	16,0	43,0	4,2±0,4	3,0	5,0	0,24±0,06	0,09	0,41
Лика	23,8±4,1	11,0	37,0	3,8±0,6	2,0	5,0	0,18±0,05	0,02	0,32
Вятка 2	28,2±4,1	19,0	41,0	3,0±0,5	2,0	5,0	0,17±0,05	0,03	0,35
В среднем	25,3	-		3,6	-		0,21	-	

Поражение коллекционных образцов озимой ржи спорыньей
и влияние болезни на урожайность при искусственной инокуляции, 2019–2021 гг.

№ каталога ВИР	Сорт	Поражение, %	Засоренность зерна склероциями, %	Урожайность, г/м ²
1	2	3	4	5
14857	Фаленская 4 – ст.	40,7	3,5	396,0
10470	Имериг 2	50,0	2,1	112,0
11170	Новозыбковская 2	87,5	7,0	246,0
11182	Гетера 2	100	6,9	163,0
11305	Харьковская 55-2	62,5	1,6	135,0
11320	Имериг 4	50,0	7,9	36,0
11376	Харьковская 60-2	28,5	1,5	263,0
11378	Чулпан 4	31,2	1,4	243,0
11439	Черниговская	60,0	6,5	53,0
11450	Восход 1-2	60,0	13,1	40,0
11451	Заречанская 3	50,0	2,6	63,0
11488	Комбайниния 2	62,5	7,8	139,0
11489	Беняконская 2	100	8,3	69,0
11493	Чулыш	22,2	11,2	78,0
11513	Компус	50,0	37,0	33,0
11530	Ил 23/94	75,0	2,9	75,0
11531	К-11-76	66,6	2,2	108,0
11547	Тринодис 2	75,0	15,2	64,0
11671	Россиянка 2	17,6	0,9	425,0
11674	Таловская 2	25,0	1,9	327,0
11677	Чулпан 2	14,2	0,6	285,0
11682	Волжанка 2	33,3	1,7	348,0
11321	Отелло 3	50,0	3,3	228,0
11835	Амило 2	60,0	2,9	238,0
11804	Янтарная НП	43,7	1,9	547,0
11814	Новая Эра НП	25,0	2,4	494,0
11816	Подарок НП	5,8	0,3	538,0

Окончание приложения 20

1	2	3	4	5
11818	Красноярская универсальная НП	18,7	0,8	453,0
11819	Вавиловская НП	15,3	1,0	405,0
11820	Рушник 2 НП	37,5	2,6	235,0
11822	Берегиня НП	40,0	3,0	482,0
11855	Московская ВИР-12-244/16 НП	41,1	1,8	447,0
11856	Тринодис 4 Минвак – 139/09 НП	16,6	0,6	469,0
-	Ника 2 НП	95,0	6,5	672,0
-	Донская НП	95,2	11,1	718,0
-	Енрушсиб НП 77-8	91,7	14,0	210,0
-	Фаленская универсальная НП	72,7	4,1	401,0
-	НВАК 285/15 НП	100	15,8	223,0
-	Шнурик НП	77,3	2,3	645,0
Индикаторный сорт		100	37,0	23,0
НСР ₀₅		-		87,2

Морфо-биометрические показатели склероциев гриба *C. purpurea*
у коллекционных образцов озимой ржи
при искусственной инокуляции, 2019–2021 гг.

№ каталога ВИР	Образец	Количество склероциев, шт.	Биометрия 1 склероция		
			длина, мм	ширина, мм	масса, г
1	2	3	4	5	6
14857	Фаленская 4 – ст.	341	15,8	2,8	0,08
10470	Имериг 2	14	15,6	3,0	0,09
11170	Новозыбковская 2	160	20,0	2,8	0,15
11171	Крупнозерная 2	9	14,8	2,8	0,10
11182	Гетера 2	163	15,0	2,8	0,09
11305	Харьковская 55-2	9	12,6	2,8	0,06
11320	Имериг 4	18	17,8	3,0	0,12
11376	Харьковская 60-2	60	13,8	3,2	0,05
11378	Чулпан 4	30	15,0	2,8	0,08
11379	Сарумрос 5	38	14,8	3,2	0,08
11439	Черниговская	35	18,4	3,6	0,13
11440	И-24/88	36	15,2	3,4	0,11
11450	Восход 1-2	34	19,6	3,6	0,17
11451	Заречанская 3	15	15,8	2,6	0,07
11488	Комбайнинияй 2	66	17,2	3,6	0,14
11489	Беняконская 2	44	13,4	3,2	0,08
11493	Чулыш	104	19,0	3,2	0,12
11513	Компус	69	20,2	3,8	0,20

1	2	3	4	5	6
11530	Ил 23/94	26	12,4	3,6	0,06
11531	К-11-76	24	14,2	3,0	0,07
11547	Тринодис 2	97	19,2	4,0	0,12
11671	Россиянка 2	59	14,8	2,8	0,07
11674	Таловская 2	51	19,6	3,2	0,08
11677	Чулпан 2	31	13,6	2,8	0,07
11682	Волжанка 2	75	17,2	3,4	0,13
11321	Отелло 3	114	15,4	3,2	0,08
11835	Амило 2	82	18,4	2,8	0,13
11804	Янтарная НП	93	18,6	2,6	0,11
11814	Новая Эра НП	110	17,4	3,6	0,17
11816	Подарок НП	17	11,2	2,4	0,05
11818	Красноярская универсальная НП	48	15,0	2,8	0,09
11819	Вавиловская НП	57	14,0	2,6	0,04
11820	Рушник 2 НП	59	19,0	2,6	0,12
11822	Берегиня НП	77	22,0	3,0	0,16
11855	Московская ВИР-12-244/16 НП	69	18,0	3,0	0,15
11856	Тринодис 4 Минвак – 139/09 НП	25	15,6	3,4	0,12
НСР ₀₅		-	5,2	0,9	0,08

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе на коллекционных образцах
и селекционных линиях яровой мягкой пшеницы
при искусственной инокуляции, 2019–2021 гг.

№ каталога ВИР	Сорт, линия, происхождение	Количество склероциев, шт.	Масса склероциев, г/м ²	Анализ склероциев			Поражение, %
				длина, мм	ширина, мм	масса, г	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Селекционные линии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока</i>							
64851	Маргарита – ст.	4	0,31	9,0	3,8	0,08	0,2...3,2
64780	Баженка – ст.	8	0,83	10,6	4,6	0,13	0,4...7,4
-	Награда	47	4,91	11,6	4,8	0,15	0,6...11,2
-	П-57	36	3,36	11,4	4,8	0,14	0,8...21,7
-	С-65	9	0,57	9,2	4,0	0,09	0,3...1,9
-	С-84	19	1,63	9,8	4,6	0,11	0,8...5,1
-	Т-38	22	1,97	9,4	4,6	0,12	0,9...7,8
-	Популяция	22	1,63	9,6	4,0	0,09	0,8...8,6
-	Традиция	-	-	-	-	-	0
-	Т-79	62	3,42	9,2	4,2	0,09	4,4...21,7
-	Темп	3	0,27	10,0	5,0	0,09	2,0...5,2
-	У-28	13	1,18	10,4	4,4	0,12	0,6...4,7
-	У-80	3	0,44	11,0	5,3	0,14	2,9...4,1
-	Т-15	7	0,63	9,4	4,6	0,10	0,2...8,0
-	Т-123	5	0,24	6,6	3,8	0,03	0,4...5,1
-	Т-154	4	0,29	9,5	3,8	0,05	0,9...7,8

1	2	3	4	5	6	7	8
-	У-103	9	0,30	7,4	3,2	0,04	13,3...15,2
-	У-112	2	0,13	9,5	4,5	0,06	0,6...5,6
-	У-120	4	0,20	7,0	3,3	0,05	0,4...8,5
-	У-163	20	1,82	10,2	4,8	0,14	0,9...7,3
-	У-259	12	0,95	10,4	4,2	0,12	4,4...14,0
-	У-200	10	0,57	8,2	4,4	0,07	8,0...13,2
<i>Образцы из коллекции ВИР</i>							
65820	Новосибирская 18, Новосибирская обл.	-	-	-	-	-	0
65826	Оренбургская 23, Оренбургская обл.	3	0,35	10,7	4,3	0,11	1,4...3,7
65827	Тулайковская Надежда, Самарская обл.	1	0,03	-	-	0,03	0,2...1,3
65818	ЛТ-3, Ленинградская обл.	30	2,16	10,2	4,0	0,10	6,8...13,9
65825	Кайыр, Казахстан	2	0,26	14,5	4,5	0,13	0,2...1,3
65823	Самгау, Казахстан	5	0,57	9,6	4,6	0,10	2,5...6,7
65800	Amaretto, Германия	3	0,29	12,3	4,0	0,10	0,2...3,8
65801	Epos, Германия	3	0,19	10,7	4,0	0,06	0,2...2,1
65807	Ul Alta Blanca, США	2	0,19	10,5	4,0	0,09	1,5...1,6
65801	Long Chun 7, Китай	13	0,90	8,8	4,4	0,08	1,3...6,1
НСП ₀₅		-	-	3,4	1,10	0,10	-

Приложение 23

Характер проявления спорыньи в посеве и зерновой массе у сортов и популяций озимой ржи
селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока при искусственной инокуляции, 2016–2023 гг.

2016 год			2017 год			2018 год			2019 год		
Сорт, популяция	П	З	Сорт, популяция	П	З	Сорт, популяция	П	З	Сорт, популяция	П	З
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вятка 2	72,7	4,3	Кировская 89	90,0	20,4	Кировская 89	43,0	1,6	Вятка 2	69,2	1,4
Кировская 89	80,0	4,7	С-30/07	90,0	12,6	Флора	56,3	1,9	Триумф (Талица)	50,7	5,5
Флора	50,0	2,4	Рада	80,0	8,9	С-30/07	30,0	8,0	Грация	87,5	7,7
Графиня	56,5	5,7	Триумф (Талица)	88,0	9,4	Рада	20,0	1,1	Графит	58,5	4,2
			Грация	90,0	14,1	Триумф (Талица)	62,9	3,0	Перепел	60,8	4,9
			Графит	70,0	7,9	Грация	72,2	4,5	Ниоба	78,5	5,3
			Перепел	72,3	7,1	Графит	50,0	3,7	Садко	56,3	3,8
			Фаленская универсальная	90,0	9,3	Перепел	22,5	3,5	Роса	76,3	4,7
						Кипрез	61,0	2,8	Сара	73,9	1,4
						Ниоба	36,5	3,4	Румба (Лика)	46,3	3,1
						Садко	51,0	3,3	Гармония	35,7	1,3

Продолжение приложения 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						Роса	51,1	1,3	Симфония	19,5	1,3
						Сара	42,4	2,5	Леда (Батист)	14,2	0,7
						Дымка	27,3	1,8			
						Волна	90,0	9,4			
Фаленская 4 – ст.	62,5	6,6	Фаленская 4 – ст.	90,0	18,7	Фаленская 4 – ст.	68,3	8,3	Фаленская 4 – ст.	69,2	3,5
Индикаторный сорт	80,0	6,6	Индикаторный сорт	100	30,4	Индикаторный сорт	90,0	9,4	Индикаторный сорт	87,5	7,7
2020 год			2021 год			2022 год			2023 год		
Снежана	60,0	2,8	Снежана	60,0	1,9	Снежана	13,0	0,5			
Рушник	15,0	0,3	Рушник	50,0	1,1	Рушник	16,3	0,7			
Флора	27,8	1,1	Флора	46,9	1,0	Флора	21,1	0,4	Флора	63,6	2,3
Графиня	14,3	0,2	Графиня	42,9	1,2	Графиня	29,1	0,7			
Рада	35,0	1,8	Графиня 2 Д	81,5	2,7	Рада	14,2	0,3			
Лика	23,8	0,7	Лика	36,4	1,4	Лика	14,1	0,5	Лика	72,9	3,0
Графит	30,0	0,9	Графит	68,8	1,7	Графит	25,7	0,8	Графит	80,8	6,0
Перепел	12,0	0,6	Перепел	57,8	2,6	Перепел	18,9	0,8	Перепел	58,1	4,3
Гармония	36,8	1,1	Гармония	46,7	1,7	Гармония	17,7	0,6	Гармония	46,7	2,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Симфония	32,0	0,6	Симфония	44,7	1,8	Симфония	23,1	0,5	Симфония	40,0	2,1
Кипрез	44,0	1,2	Батист	89,3	7,3	Кипрез	46,6	1,2			
Талица	21,1	0,7				Талица	19,6	0,5			
Фаленская универсальная	80,0	7,4	Фаленская универсальная	78,9	1,6	Фаленская универсальная	24,9	1,3			
Батист	26,7	1,6				Ниоба	12,6	0,9			
Садко	16,7	0,6	Батист	89,3	7,3	Батист	21,6	0,8			
Роса	37,5	3,0	Дымка	96,6	8,4	Садко	7,2	0,5			
Сармат	42,9	0,4	Вятка 2	88,0	17,9	Роса	12,9	0,4			
Ниоба	66,7	4,1	Сармат	40,9	1,6	Сармат	31,8	1,9			
						Вятка 2	9,9	0,9	Вятка 2	92,5	7,0
			Кировская 89	80,0	4,8	Кировская 89	38,4	3,0			
						Дымка	14,0	0,4			
			Румба КЗ	59,3	0,8	Румба КЗ	14,7	0,3	Популяция 21/1	86,9	6,9
			Графит ФП	75,0	2,1	Графит ФП	20,8	0,6	Графит ФП	76,9	3,8
Фаленская 4 – ст.	16,7	0,6	Фаленская 4 – ст.	63,6	4,4	Фаленская 4 – ст.	18,7	0,5	Фаленская 4 – ст.	64,9	3,2
Индикаторный сорт	80,0	7,4	Индикаторный сорт	96,6	17,9	Индикаторный сорт	67,2	3,9	Индикаторный сорт	92,4	7,0

П – поражение спорыньей, %; З – засоренность зерна склеротциями, %

Приложение 24

Урожайность и некоторые элементы продуктивности у сортов и популяций озимой ржи
селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока при искусственной инокуляции, 2016–2019 гг.

2016 год				2017 год				2018 год				2019 год		
Сорт, популяция	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт, популяция	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт, популяция	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт, популяция	У	М ₁₀₀₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Вятка 2	10,4	385,0	32,2					Дымка	8,0	440,0	36,5			
Кировская 89	16,1	743,0	36,3	Кировская 89	11,6	151,0	30,4	Кировская 89	10,3	400,0	36,4			
Флора	10,2	618,0	38,3	Фаленская универсальная	14,4	217,0	31,9	Флора	11,6	410,0	36,1			
Графиня	15,5	899,0	36,6					Кипрез	10,7	620,0	30,7			
				С-30/07	10,3	154,0	31,0	С-30/07	14,5	160,0	37,8			
				Рада	14,9	423,0	32,4	Рада	6,7	400,0	36,0	Батист	761,0	41,7
				Талица	14,8	400,0	33,9	Талица	12,6	340,0	35,8	Талица	592,0	39,2
				Грация	14,5	334,0	34,1	Грация	11,1	200,0	32,6	Грация	98,0	42,7
				Графит	15,8	315,0	36,3	Графит	13,1	360,0	34,8	Графит	733,0	40,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
				Перепел	12,3	321,0	31,2	Перепел	9,6	340,0	31,8	Перепел	915,0	41,7
								Ниоба	10,0	520,0	36,5	Ниоба	407,0	41,4
								Садко	10,2	500,0	33,0	Садко	678,0	41,5
								Роса	9,8	440,0	28,9	Роса	500,0	39,8
								Сара	9,7	320,0	32,5	Сара	638,0	41,8
								Волна	11,0	110,0	35,0	Лика	726,0	41,8
												Гармония	792,0	39,9
												Симфония	741,0	40,2
Фаленская 4 – ст.	15,7	385,0	35,2	Фаленская 4 – ст.	13,7	301,0	35,7	Фаленская 4 – ст.	11,0	560,0	30,7	Фаленская 4 – ст.	498,0	38,0

М_р – масса зерна с 1 растения, г; У – урожайность, г/м²; М₁₀₀₀ – масса 1000 зерен, г

Приложение 25

Урожайность и масса 1000 зерен у сортов и перспективных популяций озимой ржи
селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока при искусственной инокуляции, 2020–2023 гг.

2020 год			2021 год		2022 год		2023 год	
Сорт, популяция	У	М ₁₀₀₀	Сорт, популяция	У	Сорт, популяция	У	Сорт, популяция	У
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Снежана	241,0	37,7	Снежана	529,0	Снежана	710,0		
Рушник	465,0	37,1	Рушник	530,0	Рушник	680,0		
Флора	476,0	34,2	Флора	415,0	Флора	840,0	Флора	640,0
Графиня	469,0,	36,8	Графиня	527,0	Графиня	660,0		
Рада	519,0	36,9	Кировская 89	363,0	Кировская 89	250,		
Лика	569,0	34,2	Лика	509,0	Лика	900,0	Лика	640,0
Графит	521,0	34,2	Графит	595,0	Графит	680,0	Графит	460,0
Перепел	513,0	34,9	Перепел	499,0	Перепел	970,0	Перепел	480,0
Гармония	558,0	33,2	Гармония	403,0	Гармония	695,0	Гармония	410,0
Симфония	529,0	34,9	Симфония	424,0	Симфония	890,0	Симфония	440,0
Кипрез	305,0	35,5	Дымка	328,0	Сармат	540,0		

Окончание приложения 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Талица	595,0	34,3	Графиня 2Д	404,0	Кипрез	880,0		
Фаленская универсальная	231,0	33,2	Фаленская универсальная	442,0	Фаленская универсальная	720,0		
Ниоба	204,0	35,4			Рада	790,0		
Батист	285,0	33,7	Батист	349,0	Батист	1060,0		
Садко	254,0	36,2			Садко	840,0		
Роса	277,0	35,8	Румба КЗ	380,0	Фаленская КЗ	930,0		
Сармат	685,0	36,4	Сармат	356,0	Талица	740,0		
			Вятка 2	220,0	Вятка 2	490,0	Популяция 21/1	480,0
					Дымка	620,0	Вятка 2	410,0
			Графит ФП	594,0	Графит ФП	870,0	Графит ФП	420,0
Фаленская 4 – ст.	268,0	37,0	Фаленская 4 – ст.	381,0	Фаленская 4 – ст.	700,0	Фаленская 4 – ст.	380,0

У – урожайность, г/м²; М₁₀₀₀ – масса 1000 зерен, г

Характер проявления спорыньи в посеве и зерновой массе у сортов озимой ржи из других НИУ РФ
при искусственной инокуляции, 2016–2018, 2022–2023 гг.

2016 год			2017 год			2018 год			2022 год			2023 год		
Сорт	П	З	Сорт	П	З	Сорт	П	З	Сорт	П	З	Сорт	П	З
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Татьяна	44,4	8,4	Татьяна	60,0	7,4	Татьяна	40,6	1,0	НВАК 285/15	67,2	13,9	НВАК 285/15	96,4	27,4
Московская 12	30,0	5,4	Московская 12	70,0	19,2	Московская 12	60,0	5,4				Московская 18	94,4	5,2
Памяти Кунакбаева	42,9	7,2	Памяти Кунакбаева	90,0	25,6	Памяти Кунакбаева	83,3	2,3						
Популяция БС	84,6	10,2	Популяция БС	90,0	23,1	Паром	46,7	6,2						
Саратовская 7	37,5	4,7	Саратовская 7	60,0	18,2	Саратовская 7	18,6	1,2	Саратовская 7	16,7	0,3			
Марусенька	43,8	15,0	Марусенька	71,7	13,2	Вираз	50,0	3,1	Марусенька	13,1	0,5			
Волхова	23,1	4,0	Волхова	90,0	27,9	Волхова	8,8	0,6						
Антарес	30,0	8,4	Антарес	60,0	16,4	Антарес	60,0	10,8	Солнышко	27,1	1,1			
Крона	66,7	17,8	Чулпан 7	95,8	15,4	Чулпан 7	63,6	2,9	Саратовская 10	34,7	1,8			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			Памяти Бамбышева	900	32,3	Памяти Бамбышева	74,1	5,3	Викрас	11,9	0,5			
			Безенчукская 87	70,0	24,5	Безенчукская 87	50,0	8,1	Дарвет	26,3	0,9			
			Солнечная	90,0	47,7	Солнечная	73,3	6,9	Эврика	11,1	0,5			
			Таловская 41	100	22,2	Таловская 41	79,2	3,9	Эра	23,4	0,8			
			Алиса	100	10,3	Алиса	50,0	2,6	Дана	26,1	0,9			
			Янтарная	90,0	27,1	Янтарная	38,5	2,1	Янтарная	33,3	1,9			
			Былина	90,0	12,8	Былина	59,3	3,8						
			Славия	74,1	8,1	Славия	40,0	1,5						
						Таловская 33	62,5	6,2						
						Чусовая	40,0	2,7	Чусовая	16,7	0,2			
						Памяти Попова	77,8	9,4						
Индикатор- ный сорт	84,6	17,8	Индикатор- ный сорт	100	47,7	Индикатор- ный сорт	90,0	10,8	Индикатор- ный сорт	67,2	13,9	Индикатор- ный сорт	96,4	27,4

П – поражение спорыньей, %; З – засоренность зерна склеротциями, %

Урожайность и некоторые элементы продуктивности у сортов озимой ржи из других НИУ РФ
при искусственной инокуляции, 2016–2018 гг., 2022 г.

2016 год				2017 год				2018 год				2022 год	
Сорт	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт	М _р	У	М ₁₀₀₀	Сорт	У
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Татьяна	13,2	733,0	36,1	Татьяна	13,8	333,0	34,8	Татьяна	9,7	310,0	40,7		
Московская 12	14,8	456,0	42,8	Московская 12	12,0	180,0	30,9	Московская 12	12,0	120,0	40,1		
Крона	10,4	481,0	32,1										
Памяти Кунакбаева	16,9	366,0	37,2	Памяти Кунакбаева	11,3	306,0	41,2	Памяти Кунакбаева	13,3	140,0	41,7		
Популяция БС	11,4	457,0	39,8	Популяция БС	9,1	139,0	33,2						
Саратовская 7	14,8	364,0	41,8	Саратовская 7	11,2	191,0	42,5	Саратовская 7	16,3	440,0	42,7	Саратовская 7	900,0
Марусенька	9,7	475,0	40,0	Марусенька	12,4	177,0	41,8					Марусенька	900,0
Антарес	13,2	570,0	36,2	Антарес	9,1	119,0	34,6	Антарес	10,9	239,0	40,6		
				Чулпан 7	13,5	325,0	41,4	Чулпан 7	17,3	190,0	31,9		

Продолжение приложения 27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				Безенчукская 87	12,4	477,0	40,2	Безенчукская 87	11,0	210,0	41,4		
				Памяти Бамбышева	10,3	196,0	42,2	Памяти Бамбышева	14,1	380,0	43,9		
				Солнечная	7,4	96,0	40,1	Солнечная	10,7	160,0	40,0		
				Таловская 41	10,0	170,0	38,4	Памяти Попова	11,9	320,0	40,4		
				Алиса	18,8	321,0	34,5	Алиса	15,3	200,0	34,8		
				Янтарная	16,5	246,0	34,1	Янтарная	10,8	240,0	31,7	Янтарная	700,0
				Волхова	8,1	106,0	36,1	Волхова	15,3	520,0	36,6		
				Былина	15,7	126,0	34,8	Былина	10,0	270,0	38,8		
				Славия	13,5	400,0	33,5	Славия	8,8	220,0	37,1		
								Таловская 41	9,2	220,0	35,2		
								Паром	7,3	110,0	28,6		
								Чусовая	8,0	260,0	35,1	Чусовая	840,0
								Вираз	9,5	210,0	33,4		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
												НВАК 285/15	840,0
												Дана	1000,0
												Эра	920,0
												Эврика	1010,0
												Дарвет	780,0
												Викрас	720,0
												Саратовская 10	840,0
Фаленская 4 – ст.	15,7	385,0	35,2	Фаленская 4 – ст.	13,7	301,0	35,7	Фаленская 4 – ст.	11,0	560,0	30,7	Фаленская 4 – ст.	700,0

M_p – масса зерна с 1 растения, г; Y – урожайность зерна, г/м²; M_{1000} – масса 1000 зерен, г

Приложение 28

Урожайность и хозяйственно ценные признаки новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2019 г.)

Сорт, популяция	Урожайность		Отрастание после поражения снежной плесенью*, %	Зимостой кость, балл	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см
	т/га	± к стандарту				
Фаленская 4 – ст.	6,50	-	85,0	9,4	8,0	119,0
Перепел	5,98	-0,52	93,0	9,0	8,7	120,0
Гармония	5,43	-1,07	100	9,0	8,0	123,0
Симфония	6,19	-0,31	95,0	9,0	8,0	128,0
НСР ₀₅	0,41	-	3,9	0,4	0,2	3,8

* – поражение снежной плесенью (*M. nivale*) в питомнике составило 100%

Приложение 29

Элементы структуры урожая новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2019 г.)

Сорт, популяция	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса, г	
			колосков в колосе	зерен в колосе	зерна с колоса	1000 зерен
Фаленская 4 – ст.	4,1	11,2	33,7	53,1	1,9	31,7
Перепел	3,6	10,3	32,4	53,1	1,8	33,2
Гармония	5,6	11,9	35,2	59,3	2,1	32,0
Симфония	3,4	9,6	31,0	47,1	1,6	31,2
НСР ₀₅	0,3	1,4	1,0	1,0	0,1	0,6

Урожайность и хозяйственно ценные признаки новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2020 г.)

Сорт, популяция	Урожайность		Снежная плесень		Зимо- стой- кость, балл	Устой- чивость к полега- нию, балл	Высота расте- ний, см	Масса 1000 зерен, г
			пораже- ние, %	отрас- тание, %				
Фаленская 4 – ст.	3,33	-	90,8	92,0	8,6	8,5	147,0	28,4
Симфония	3,83	+0,50	87,0	99,0	8,9	8,7	147,0	29,9
Перепел	3,64	+0,31	83,0	95,0	8,7	8,7	142,0	30,8
НСР ₀₅	0,27	-	13,2	6,7	0,3	0,4	6,2	2,4

Приложение 31

Урожайность и хозяйственно ценные признаки новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2021 г.)

Сорт, популяция	Урожайность		Снежная плесень		Зимо- стой- кость, балл	Устой- чивость к поле- ганию, балл	Высота расте- ний, см	Масса 1000 зерен, г
			пораже- ние, %	отраста- ние, %				
Фаленская 4 – ст.	4,49	-	88,0	91,0	8,6	8,0	127,6	24,8
Графит ФП	4,37	-0,12	92,0	82,0	8,1	8,0	123,0	25,7
Симфония	4,28	-0,21	70,0	85,0	8,3	8,0	122,3	23,7
Перепел	4,23	-0,26	100	86,0	8,3	9,0	115,9	25,9
Гармония	4,08	-0,41	100	87,0	8,3	9,0	117,2	25,3
НСР ₀₅	0,34	-	10,7	9,4	0,7	0,1	7,8	0,6

Приложение 32

Элементы структуры урожая новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2021 г.)

Сорт, популяция	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса, г	
			колосков в колосе	зерен в колосе	с колоса	с растения
Фаленская 4 – ст.	3,6	10,5	32,5	52,6	1,3	3,9
Гармония	3,6	11,1	32,2	48,9	1,9	4,9
Перепел	3,6	10,9	31,5	51,9	1,4	3,7
НСР ₀₅	1,5	0,4	2,4	8,7	2,8	0,9

Урожайность и хозяйственно ценные признаки новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2022 г.)

Сорт, популяция	Урожайность		Снежная плесень		Зимо- стой- кость, балл	Устой- чивость к поле- ганию, балл	Вы- сота расте- ний, см	Масса 1000 зерен, г
			пораже- ние, %	отрас- тание, %				
Фаленская 4 – ст.	4,47	-	98,0	96,0	8,8	8,0	151,2	26,7
Гармония	3,62	-0,85	100	78,0	8,9	8,7	135,7	29,0
Перепел	4,14	-0,33	100	83,0	8,2	8,8	138,0	27,6
Графит ФП	4,61	+0,14	98,0	87,0	8,3	8,7	136,7	27,3
НСР ₀₅	0,45	-	6,3	6,5	0,3	0,6	9,2	1,0

Элементы структуры урожая новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2022 г.)

Сорт, популяция	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса зерна, г	
		колосков в колосе	зерен в колосе	с колоса	с растения
Фаленская 4 – ст.	10,6	33,3	52,3	1,5	2,5
Гармония	11,0	30,2	53,6	1,7	4,9
Перепел	11,9	36,0	56,1	1,6	5,2
Графит ФП	10,7	34,2	58,1	1,7	3,8
НСР ₀₅	0,3	3,2	10,6	0,4	2,7

Приложение 35

Урожайность и хозяйственно ценные признаки новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2023 г.)

Сорт, популяция	Урожайность		Снежная плесень		Зимо- стой- кость, балл	Устой- чивость к поле- ганию, балл	Вы- сота расте- ний, см	Масса 1000 зерен, г
			пора- жение, %	отрас- тание, %				
Фаленская 4 – ст.	5,01	-	78,3	91,7	8,6	7,2	137,0	30,6
Перепел	4,77	-0,24	96,7	73,3	8,7	7,3	126,4	32,3
Графит ФП	4,74	-0,27	98,3	79,2	8,0	8,2	122,6	33,7
Гармония	4,89	-0,12	100,0	76,7	8,8	7,2	124,6	31,2
НСР ₀₅	0,42	-	8,9	8,6	0,4	0,5	11,9	2,4

Приложение 36

Элементы структуры урожая новых популяций озимой ржи
(питомник конкурсного испытания, 2023 г.)

Сорт, популяция	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Количество, шт.		Масса зерна, г	
			колосков в колосе	зерен в колосе	с колоса	с растения
Фаленская 4 – ст.	3,3	11,2	33,6	51,2	1,5	2,9
Перепел	3,4	11,9	34,9	57,9	1,9	5,1
Графит ФП	3,7	11,5	36,3	55,8	1,8	5,6
Гармония	3,9	11,9	34,7	57,1	1,9	5,7
НСР ₀₅	2,5	1,3	4,6	11,6	0,6	3,8

Патент на селекционное достижение № 5590 Рожь озимая Флора

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 5590

Рожь озимая
Secale cereale L.

ФЛОРА

Патентообладатель
ГУ ЗОНАЛЬНЫЙ НИИСХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМ. Н.В. РУДНИЦКОГО
ГНУ ФАЛЕНСКАЯ СЕЛЕКЦИОННАЯ СТАНЦИЯ НИИСХ СЕВЕРО-ВОСТОКА
ИМ. Н.В.РУДНИЦКОГО

Авторы -
КЕДРОВА ЛИДИЯ ИВАНОВНА
САВЕЛЬЕВ ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ
УТКИНА ЕЛЕНА ИГОРЕВНА
ШЕШЕГОВА ТАТЬЯНА КУЗЬМОВНА
ЩЕКЛЕИНА ЛЮЦИЯ МУЛЛАХМЕТОВНА

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9464429 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 27.12.2005 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 19.10.2010 г.

Председатель  В.В. Шмаль



Зак. 99-6120. МТ Гознак.

Патент на селекционное достижение № 8221 Рожь озимая Графиня

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 8221

Рожь озимая
Secale cereale L.

ГРАФИНЯ

Патентообладатель

ФГБНУ 'НИИСХ СЕВЕРО-ВОСТОКА'

**ФГБНУ 'ФАЛЕНСКАЯ СЕЛЕКЦИОННАЯ СТАНЦИЯ НИИСХ
СЕВЕРО-ВОСТОКА'**

Авторы -

КЕДРОВА ЛИДИЯ ИВАНОВНА
ПАРФЕНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА
УТКИНА ЕЛЕНА ИГОРЕВНА
ШАМОВА МАРИНА ГЕННАДЬЕВНА
ШЕШЕГОВА ТАТЬЯНА КУЗЬМОВНА
ШЛЯХТИНА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА
ЩЕКЛЕИНА ЛЮЦИЯ МУЛЛАХМЕТОВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8757321 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 10.12.2012 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 26.01.2016 г.

Председатель

В.С. Волощенко

Патент на селекционное достижение № 14240 Рожь озимая Лика

ЛИКА**Общая информация**

Культура: Рожь озимая (*Secale cereale* L.)

Группа: Зерновые

Код сорта: 7852648

Автор(ы): НАБАТОВА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА; НОВИКОВА ЕЛЕНА ЯКОВЛЕВНА; ПАРФЕНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА; РЫЛОВА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА; УТКИНА ЕЛЕНА ИГОРЕВНА; ШАМОВА МАРИНА ГЕННАДЬЕВНА; ШЕШЕГОВА ТАТЬЯНА КУЗЬМОВНА; ШЛЯХТИНА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА; ЩЕКЛЕИНА ЛЮЦИЯ МУЛЛААХМЕТОВНА

Характеристики:

- Категория: сорт-популяция

- Срок созревания (гр. спелости): среднепоздний

Допуск

Номер заявки на допуск: 84036

Заявители: ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО'

Дата регистрации заявки на допуск: 29 июня 2021г.

Год включения в реестр допущенных: 2025

Регион(ы): Северный (1), Волго-Вятский (4)

Оригинатор(ы): ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО' (610007, Г. КИРОВ, УЛ. ЛЕНИНА, Д. 166А)

R Патент

Номер заявки на охрану: 84037

Дата регистрации заявки на охрану: 29 июня 2021г.

Патентообладатель(и): ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО' (610007, Г. КИРОВ, УЛ. ЛЕНИНА, Д. 166А)

Дата регистрации патента: 16 июля 2025г.

Номер патента: 14240

Расчетная дата окончания: 31 декабря 2055г.

Пошлина за текущий год поддержания оплачена

Уведомление о приеме заявки Рожь озимая Талица

ФГБУ "ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ"

107078, г.Москва, Орликов пер., 1/11

Тел.: +7(495) 604-82-66, +7(495)411-83-66; E-mail: gsk@gossortrf.ru

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ ЗАЯВКИ

Кому : ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА
ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО'

Адрес : 610007, Г. КИРОВ, УЛ. ЛЕНИНА, Д. 166А

Культура Рожь озимая
Сорт / Гибрид ТАЛИЦА

Ваша заявка на допуск к использованию прошла процедуру предварительной экспертизы.

Заявке присвоен № **89029 / 7652942** Дата регистрации **10.05.2023**

Планируемый год начала испытаний **2024** Дата приоритета **10.05.2023**

Источник финансирования (бюджет/внебюджет) будет определен после утверждения
госзадания на 2025 г.

Решение по Вашей заявке будет принято после:

- оценки на хозяйственную полезность по ДАННЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ в регионах РФ (семена должны быть высланы по разнарядке ФГБУ "Госсорткомиссия" на сортоучастки заявленных регионов)
- оценки на ООС по результатам испытаний на ГСУ. В указанные в разнарядке пункты выслать необходимое количество семян (посадочного материала) с отметкой "идентификация" ;
- иммунологических испытаний. В указанные в разнарядке пункты выслать необходимое количество семян (посадочного материала) с отметкой "фитониспытания";
- отправки семян для коллекции ВИР и ФГБУ "Госсорткомиссия" с отметкой "ВИР"

"22" 05. 2023

Зам. нач. отд. регистрации, госреестров,
международного взаимодействия и
методики

А.Н. Куликова

А.Н. Куликова

Исп.: Данилова А.А.

Заявление на выдачу патента на селекционное достижение Рожь озимая Талица

Приложение к правилам составления
и подачи заявки на выдачу патента

Форма 301

ФГБУ Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений
107139, Москва, Орликов пер. 1/11

Номер заявки

--	--	--	--	--	--	--	--

Дата регистрации

--	--	--	--	--	--	--	--

(год, месяц, число)

ЗАЯВЛЕНИЕ НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

1(а) Заявители (Указать имя юридического или физического лица и его адрес)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

ИНН 4346008410

Телефон 8 (8332) 33-10-26

E-mail: priemnaya@fanc-sv.ru

Телефакс 8 (8332) 33-10-25

1(б) Гражданство

2(а) Адрес для переписки по заявке

6	1	0	0	0	7
---	---	---	---	---	---

 г. Киров, ул. Ленина, 166а

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

Телефон 8 (8332) 33-10-26

Телефакс 8 (8332) 33-10-2

ИНН 4346008410

E-mail: priemnaya@fanc-sv.ru

2(б) Это адрес:

☒ одного из заявителей

☐ одного из авторов

☐ доверенного лица

3(а) Род, вид

Рожь озимая
(русское название)

3(б) Род, вид

Secale cereale
(латинское название)

4(а) Предлагаемое название

Талица

4(б) Селекционный номер

03/2004

5(а) Действительными авторами являются:

☐ заявители

☒ следующие лица

Фамилия	Имя	Отчество	Адрес
Уткина	Елена	Игоревна	610007, г. Киров, ул. Ленина, д.164/5, кв.67
Шляхтина	Елена	Анатольевна	612500, п. Фалёнки, Кировская обл., ул. Тимирязева, д.10, кв. 2
Парфенова	Елена	Сергеевна	610007, г. Киров, ул. Ленина, д.164/4, кв. 5
Шамова	Марина	Геннадьевна	610035, г. Киров, ул. Воровского, д. 62, кв. 24
Набатова	Наталья	Александровна	610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Южная, д.23, кв. 53
Псарева	Екатерина	Александровна	610013, г. Киров, Нововятский р-н, ул. Ленина, д.20, кв.73
Щеклеина	Люция	Муллахметовна	610007, г. Киров, ул. Ленина, д.164/4, кв. 40
Рылова	Ольга	Николаевна	612500 Кировская обл., п. Фаленки, ул. Тимирязева, д. 5г, кв.3
Новикова	Елена	Яковлевна	612500 Кировская обл., п. Фаленки, ул. Тимирязева, д. 2б, кв.1

По имеющейся у нас информации других действительных авторов нет.

5(б) Селекционное достижение получено заявителями:

☒ по договору

☐ по наследству

☐ иначе (указать)

5(в) Селекционное достижение выведено в стране

Россия

6 Предыдущие заявки	Зарегистрированы		Номер заявки	Стадия	Под каким названием
	в стране	дата			
(а) на предост- тавление охраны	нет				
(б) на допуск к исполь- зованию	нет				

Мы заявляем, что материал, переданный с первой заявкой, представляет данный сорт и соответствует настоящей заявке

7 Предлагался ли сорт (порода) к продаже или продавался
(а) в стране подачи заявки: ☒ - нет ☐ - да впервые (дата)
под названием

(б) в других странах: ☒ - нет ☐ - да впервые (страна, дата)
под названием

Прилагаемые к заявлению документы заявки (отметьте знаком [x] квадрат, соответствующий прилагаемым документам):

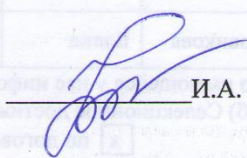
☒ анкета селекционного достижения, 3 экз.
☐ доверенность (для посредника)
☐ копия первой заявки
☒ документ об уплате пошлины за подачу заявки и проведение ее предварительной экспертизы
☐ документ о передаче права на подачу заявки (для правопреемников)
☐ информация о ранее произведенной продаже
☒ фотографии

Мы просим выдать патент и авторские свидетельства на заявленное селекционное достижение. Мы заявляем, что по имеющимся у нас сведениям информация, необходимая для рассмотрения заявки и внесенная в настоящее заявление и в приложения, является окончательной и правильной. Мы подтверждаем, что образцы получены должным образом и представляют репрезентативную выборку селекционного достижения. Мы подтверждаем наличие договора заявителей с авторами сорта.

ПОДПИСИ ЗАЯВИТЕЛЕЙ

Директор ФГБНУ
ФАНЦ Северо-Востока

МЕСТО ПЕЧАТИ

 И.А. Устюжанин

Уведомление о приеме заявки Пшеница мягкая яровая Традиция

ФГБУ "ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ"

107996, г. Москва, Орликов пер., 1/11

Тел.: +7(495) 604-82-66, +7(495)411-83-66; E-mail: gsk@gossortrf.ru

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ ЗАЯВКИ

Кому : ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СЕВЕРО-ВОСТОКА
ИМЕНИ Н.В. РУДНИЦКОГО'

Адрес : 610007, Г. КИРОВ, УЛ. ЛЕНИНА, Д. 166А

Культура Пшеница мягкая яровая
Сорт / Гибрид ТРАДИЦИЯ

Ваша заявка на допуск к использованию прошла процедуру предварительной экспертизы.

Заявке присвоен № **86188 / 7754277**

Дата регистрации **25.02.2022**

Год начала испытаний **2023**

Дата приоритета **25.02.2022**

Решение по Вашей заявке будет принято после:

- оценки на хозяйственную полезность по ДАННЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ в регионах РФ (семена должны быть высланы по разнарядке ФГБУ "Госсорткомиссия" на сортоучастки заявленных регионов)
- оценки на ООС по результатам испытаний на ГСУ. В указанные в разнарядке пункты выслать необходимое количество семян (посадочного материала) с отметкой "идентификация" ;
- иммунологических испытаний. В указанные в разнарядке пункты выслать необходимое количество семян (посадочного материала) с отметкой "фитоиспытания";
- отправки семян для коллекции ВИР и ФГБУ "Госсорткомиссия" с отметкой "ВИР"

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА РЕГИСТРАЦИИ
И ГОСРЕЕСТРОВ



"16" марта 2022 г.

О.М. ПЕРЦУХОВА

Заявление на выдачу патента на селекционное достижение РФ

Пшеница мягкая яровая Традиция

ФГБУ Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений
107996, Москва, Орликов пер. 1/1

Приложение к правилам составления
и подачи заявки на выдачу патента
Форма 301

Номер заявки
□ □ □ □ □ □ □ □

Дата регистрации
□ □ □ □ □ □ □ □
(год, месяц, число)

ЗАЯВЛЕНИЕ НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

1(а) Заявитель(и)
(Указать имя юридического или физического лица и его адрес)
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)
610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, 166А

ИНН 4346008410 Телефон 8(8332) 33-10-03 E-mail: priemnaya@fanc-sv.ru
Телефакс 8(8332) 33-10-25

1(б) Гражданство

2(а) Адрес и наименование лица, уполномоченного вести переписку по заявке
610007 Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, 166А
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока)
Телефон: (8332) 33-10-03 Телефакс (8332) 33-10-25
ИНН: 4346008410 E-mail: priemnaya@fanc-sv.ru

2(б) Это адрес:
☒ одного из заявителей
☒ одного из авторов
☐ доверенного лица

3(а) Род, вид Пшеница мягкая яровая
(русское название)
3(б) Род, вид Triticum aestivum L.
(латинское название)

4(а) Предлагаемое название Традиция
4(б) Селекционный номер Т-66

5(а) Действительным(и) автором(ами) является(ются):
☐ заявитель(и) (все) ☒ следующее(ие) лицо(а)

Фамилия	Имя	Отчество	Адрес
Волкова	Людмила	Владиславовна	610033, г. Киров, ул. Лепсе, 46, кв. 25
Амунова	Оксана	Сергеевна	610007, г. Киров, ул. Ленина, д. 191/1, кв. 15
Шешегова	Татьяна	Кузьмовна	610007 г. Киров, ул. Ленина, д. 164/6, кв. 71
Щеклеина	Люция	Муллаахметовна	610007 г. Киров, ул. Ленина, д. 164/4, кв. 40
Харина	Анастасия	Владимировна	610913 г. Киров, п. Костино, ул. 60 лет СССР, д.9, кв.11

По имеющейся у меня (нас) информации других действительных авторов нет.

5(б) Селекционное достижение получено заявителем(ями):
☒ по договору
☐ по наследству
☐ иначе (указать)

5(в) Селекционное достижение выведено в стране(ах) **Россия**

6 Предыдущие заявки	Зарегистрированы		Номер заявки	Стадия	Под каким названием
	в стране	дата			
(а) на предоставление охраны	нет				
(б) на допуск к использованию	нет				

Я(мы) заявляю(ем), что материал, переданный с первой заявкой, представляет данный сорт (породу) и соответствует настоящей заявке

7 Предлагался ли сорт (порода) к продаже или продавался
 (а) в стране подачи заявки: ☒ - нет ☐ - да впервые (дата)
 под названием

(б) в других странах: ☒ - нет ☐ - да впервые (страна, дата)
 под названием

Прилагаемые к заявлению документы заявки (отметьте знаком [x] квадрат, соответствующий прилагаемым документам):

- ☒ анкета селекционного достижения, 3 экз.
- ☐ доверенность (для посредника)
- ☐ копия первой заявки
- ☒ документ об уплате пошлины за подачу заявки и проведение ее предварительной экспертизы
- ☐ документ о передаче права на подачу заявки (для правопреемников)
- ☐ информация о ранее произведенной продаже
- ☒ фотографии

Я(мы) прошу(просим) выдать патент и авторское(ие) свидетельство(а) на заявленное селекционное достижение.
 Я(мы) заявляю(ем), что по имеющимся у меня(нас) сведениям информация, необходимая для рассмотрения заявки и внесенная в настоящее заявление и в приложения, является окончательной и правильной.
 Я(мы) подтверждаю(ем), что образцы получены должным образом и представляют репрезентативную выборку селекционного достижения.
 Я(мы) подтверждаю(ем) наличие договора заявителя(ей) с автором(ами) сорта (породы).

ПОДПИСЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ(ЕЙ)

 МЕСТО ПЕЧАТИ(И)

Зам. директора по селекционной работе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, академик РАН
 Г.А. Баталова
По доверенности № 22 от 28.09.21г.

Описание селекционного достижения Пшеница мягкая яровая Традиция

ФГБУ "Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений"

Описание селекционного достижения

(в соответствии с методикой RTG/0003/2 от 27.10.2004)

Культура: Пшеница мягкая яровая

(*Triticum aestivum* L.)

Сорт: ТРАДИЦИЯ

Код: 7754277

Место (год) проведения испытаний: ЗАП СИБИРСКИЙ ЦЕНТР (2023), ЕГОРЬЕВСКИЙ (2023, 2024), СИБИРСКИЙ (2024)

Признак	Ст. выраженности	Индекс	Примечание
1. Колеоптиле: антоциановая окраска	отсутствует или очень слабая	1	
2. Растение: тип куста	полупрямостоячий - промежуточный	4	
3. Флаговый лист: антоциановая окраска ушек	отсутствует или очень слабая	1	
4. Растение: количество растений с наклоненным флаговым листом	среднее - большое	6	
5. Время колошения	среднее	5	
6. Флаговый лист: восковой налет на влагалище	средний - сильный	6	
7. Колос: восковой налет	средний - сильный	6	
9. Растение: длина	среднее	5	
10. Соломина: выполненность в поперечном сечении	выполнена слабо	3	
11. Колос: форма в профиль	пирамидальный	1	
12. Колос: плотность	рыхлый - средний	4	
13. Колос: длина (исключая ости или остевидные отростки)	средней длины	5	
14. Ости или остевидные отростки: наличие	остевидные отростки	2	
15. Ости или остевидные отростки на конце колоса: длина	очень короткие - короткие	2	
16. Колос: цвет	белый	1	
17. Верхушечный сегмент оси колоса: опушение с выпуклой стороны	слабое - среднее	4	
18. Нижняя колосковая чешуя: ширина плеча	среднее	5	
19. Нижняя колосковая чешуя: форма плеча (в средней трети колоса)	закругленное - прямое	4	
20. Нижняя колосковая чешуя: длина зубца	короткий	3	
21. Нижняя колосковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	прямой - слегка изогнут	2	
22. Нижняя колосковая чешуя: опушение внутренней стороны	слабое	3	
23. Нижняя цветковая чешуя: форма зубца (в средней трети колоса)	слегка изогнут	3	
24. Зерновка: окраска	окрашенная	2	
25. Зерновка: окрашивание фенолом	отсутствует или очень слабое	1	
26. Тип развития	яровой	3	

Заключение: сорт ТРАДИЦИЯ явно отличается от любого другого общезвестного сорта, соответствует требованиям однородности и стабильности

" 31 " октября 2024 г.

Начальник отдела

/ Makeeva T.A. /

Описание подготовил

/ Белова Т.И. /

С описанием согласен

/Батянова Г.А.

Примечание: при несогласии с описанием заявитель представляет обоснование.



Патент на Полезную модель № 214128

Машина для отделения склеротий гриба *Claviceps purpurea* Tul. от семян ржи

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ
№ 214128

**МАШИНА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СКЛЕРОТИЙ ГРИБА
CLAVICEPS PURPUREA TUL. ОТ СЕМЯН РЖИ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный аграрный научный центр
Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого" (RU)*

Авторы: *Сысуев Василий Алексеевич (RU), Саитов Алексей
Викторович (RU), Фарафонов Вячеслав Георгиевич (RU),
Гатауллин Ринат Габдуллович (RU), Саитов Виктор Ефимович
(RU), Уткина Елена Игоревна (RU), Щеклеина Люция
Муллаахметовна (RU), Парфенова Елена Сергеевна (RU)*

Заявка № **2022105545**
Приоритет полезной модели **26 апреля 2021 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **12 октября 2022 г.**
Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает **26 апреля 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e40f0a94edbd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.12.2022 по 26.05.2023

Описание Полезной модели к патенту № 214128

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**214 128** ⁽¹³⁾ **U1**(51) МПК
B03B 5/48 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B03B 5/48 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022105545, 26.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2021Дата регистрации:
12.10.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2021

(45) Опубликовано: 12.10.2022 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а, Федеральное
государственное бюджетное научное
учреждение "Федеральный аграрный научный
центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого"

(72) Автор(ы):

Сысуев Василий Алексеевич (RU),
Сайтов Алексей Викторович (RU),
Фарафонов Вячеслав Георгиевич (RU),
Гатауллин Ринат Габдуллович (RU),
Сайтов Виктор Ефимович (RU),
Уткина Елена Игоревна (RU),
Щеклеина Люция Муллаахметовна (RU),
Парфенова Елена Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

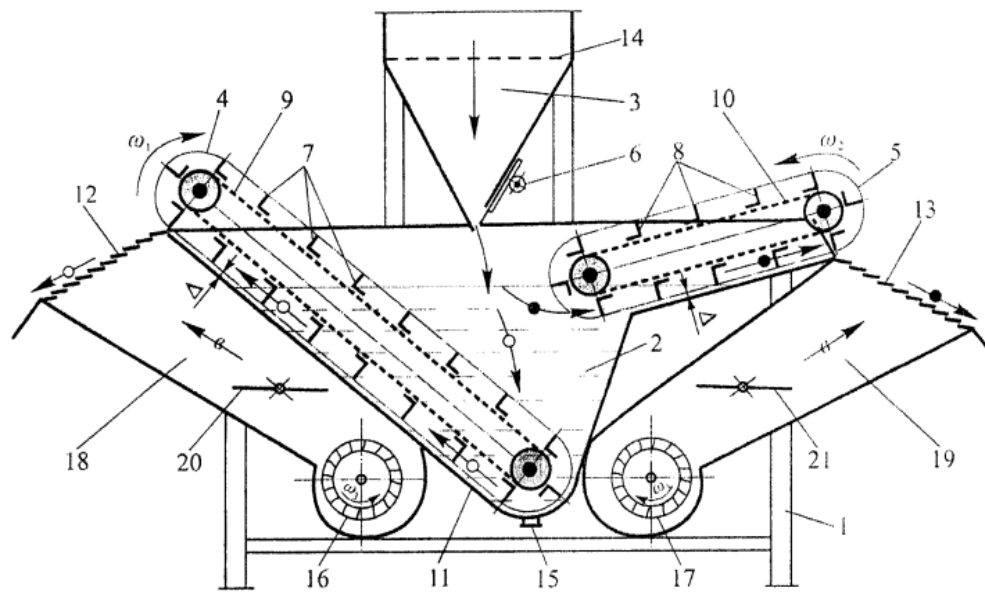
Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
аграрный научный центр Северо-Востока
имени Н.В. Рудницкого" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2689470 C1, 28.05.2019. SU 120387
A1, 01.01.1959. RU 2205988 C1, 10.06.2003. RU
2193303 C2, 27.11.2002. RU 2424647 C2,
27.07.2011. RU 2175897 C2, 20.11.2001. WO
1989004723 A1, 01.06.1989. CN 407634 A,
15.02.1966. SU 909498 A1, 28.02.1982.(54) МАШИНА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СКЛЕРОЦИЙ ГРИБА *CLAVICEPS PURPUREA TUL.* ОТ СЕМЯН
РЖИ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к
сельскохозяйственному и пищевому
производству. Предложена машина для отделения
склероций гриба *claviceps purpurea tul.* от семян
ржи по удельной массе в растворе калийной соли,
состоящая из рамы и расположенных на ней
ванны, загрузочного бункера, транспортеров для
семян ржи и склероций гриба *claviceps purpurea tul.*
с установленными на них скребками в виде Г-
образных лопаток, обращенных захватывающей
стороной по направлению вращениятранспортеров. Под ванной со стороны
расположения транспортеров установлены
генераторы воздушного потока, нагнетательные
патрубки которых, с расположенными внутри
регуляторами расхода воздуха, соединены на
выходе со скатными досками семян ржи и
склероций гриба *claviceps purpurea tul.*,
выполненными в виде жалюзи. Машина
обеспечивает уменьшение удельной
себестоимости выполняемого технологического
процесса, исключение потерь семян. 1 ил.

RU 214128 U1

RU 214128 U1



- ▶ - поток зернового материала;
- ▶ - поток семян ржи;
- ▶ - поток склеротий гриба *claviceps purpurea* tul.;
- a▶ - воздушный поток

RU 214128 U1

RU 214128 U1