

## СТРУКТУРА МИКРООРГАНИЗМОВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.К. Шешегова, доктор биологических наук,  
Л.М. Щеклеина, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого,  
610007, Киров, ул. Ленина, 166а  
E-mail: [immunitet@fanc-sv.ru](mailto:immunitet@fanc-sv.ru)

Исследования проводили с целью определения лабораторной всхожести и видовой структуры микрофлоры оригинального и репродукционного зерна сортов озимой ржи в условиях Кировской области для оценки потенциальных фитосанитарных рисков в ржаных биоценозах. Работу выполняли в 2019–2020 гг. Материалом для исследований служили семена 8 тест-сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения. Проведён микробиологический анализ оригинальных (из пяти научно-исследовательских учреждений) и репродукционных (пересев в ФАНЦ Северо-Востока) семян. Заражение совокупной инфекцией репродукционных семян составляло в среднем 93,0 %, оригинальных – 51,6 %. В семенах идентифицированы представители 12 таксонов: *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *B. sorokiniana*, *Cladosporium* spp., *Stemphylium* spp., *Aspergillus* spp., *Acremoniella* spp., *Curvularia* spp., *Penicillium* spp., *Mucor* spp., *Xanthomonas* spp. и *Bacillus* spp. Установлена значительная нестабильность микобиотических комплексов семян, обусловленная климатическими условиями и генотипом. На репродукционных семенах всех тест-сортов доминировала альтернариозная инфекция – в среднем 75,5 %; доля условно-патогенных грибов составляла 20,0 %, *B. sorokiniana* – 4,0 %, видов *Fusarium* spp. – 6,0 %, бактериальной инфекции – 1,6 %. Микобиота оригинальных семян имела следующие особенности: не выявлен гриб *B. sorokiniana*; фузариозная инфекция представлена только *F. avenaceum* со средней долей 8,4 %; бактериальная инфекция была доминирующей у сортов Саратовская 5 (75,0 %) и Эра (61,5 %), а в среднем находилась на уровне 28,3 %; альтернариозная инфекция выявлена только у сортов Чулпан 7 (50,0 %) и Пышма (71,4 %), доля условно-патогенных грибов составила в среднем 43,1 %. Установлена достоверная связь ( $r = -0,70$ ) между лабораторной всхожестью семян и бактериальной инфекцией.

## STRUCTURE OF WINTER RYE GRAIN'S MICROORGANISMS IN THE CONDITIONS OF THE KIROV REGION

Sheshegova T.K., Shchekleina L.M.

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky,  
610007, Kirov, ul. Lenin, 166a  
E-mail: [immunitet@fanc-sv.ru](mailto:immunitet@fanc-sv.ru)

*Purpose of research: analysis of laboratory germination and species structure of microflora of original and reproductive grain varieties of winter rye in the Kirov region to assess potential phytosanitary risks in rye biocenoses. The research was carried out at the Federal Agricultural Research Center of the North-East in 2019-2020. Seeds of 8 winter rye test cultivars of various ecological and geographical origin were used as the material for study. Microbiological analysis of original (bred in five Research Institutes of the Russian Federation) and reproductive (passing in the FARC of the North-East) seeds was carried out. Contamination with cumulative infection of reproductive seeds averaged 93.0 %, original one - 51.6 %. Representatives of 12 taxa have been identified in seeds: *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *B. sorokiniana*, *Cladosporium* spp., *Stemphylium* spp., *Aspergillus* spp., *Acremoniella* spp., *Curvularia* spp., *Penicillium* and *Bacillus* spp. Significant instability of mycobiotic seed complexes has been established, due to climatic conditions and genotype. In reproductive seeds, alternarian infection was dominated in all test cultivars with an average proportion of 75.5 %; the proportion of conditionally pathogenic fungi was on average 20.0 %; *B. sorokiniana* - 4.0 %; *Fusarium* spp species - 6.0 %; and bacterial infection - 1.6 %. The mycobiota of the original seeds had the following features: the fungus *B. sorokiniana* was not revealed; fusariosis infection is represented only by *F. avenaceum* with an average proportion of 8.4 %; bacterial infection was dominant in cultivars Saratovskaya 5 (75.0 %) and Era (61.5 %) and averaged 28.3 %; alternarian infection was detected only in the cultivars Chulpan 7 (50.0 %) and Pyshma (71.4 %); the proportion of conditionally pathogenic fungi averaged 43.1 %. A statistically significant association ( $r = -0.70$ ) was established between laboratory germination of seeds and level of bacterial infection.*

**Ключевые слова:** *Secale cereale* L., сорта, оригинальные и репродукционные семена, микроорганизмы, заражённость зерна, всхожесть

**Key words:** *Secale cereale* L., cultivars, original and reproductive seeds, microorganisms, grain contamination, germination

Озимая рожь в Кировской области традиционно считается ведущей зерновой культурой [1]. На сегодняшний день только в 9 субъектах Российской Федерации, в том числе Кировской области, производят более 100 тыс. т зерна этой культуры в год, а селекцию ржи ведут 14 научных учреждений [2].

Известно, что через семена передаются более 60 % различных болезней [3]. Посев заражённым посевным материалом приводит к передаче болезней на вегетирующие растения, тем самым создавая и поддерживая очаги инфекции в полевых условиях. На зерне присутствует множество микроорганизмов, относящихся к различным таксономическим группам, которые успеш-

но выживают и сосуществуют в разнообразных экологических условиях. При этом, например, по данным А.С. Оринои с соавторами [4], на зерне всех зерновых культур доминируют грибы рода *Alternaria*. Многие виды *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Trichotecium* spp., *Aspergillus* spp. продуцируют хозяин-специфичные токсины, которые вызывают гибель растительных клеток, подавляют защитные реакции растений и рассматриваются как факторы патогенности [5, 6, 7]. Кроме того, биологическая опасность плесневых грибов обусловлена их канцерогенным, терратогенным и другими видами воздействия на организм человека и животных [8].

Особенно опасны возбудители фузариозов, альтернариозов и гельминтоспориозов, приводящие к потере более 40 % урожая зерновых культур [9]. Например, заражённое фузариозом зерно становится легковесным, щуплым и теряет жизнеспособность. В одном зерновом образце могут сосуществовать более 10 представителей рода *Fusarium* с доминированием одного или группы видов, наиболее адаптированных к конкретным условиям среды. В зависимости от преобладающих видов в зерне происходит накопление разных токсинов: дезоксиниваленол (ДОН), Т-2 и НТ-2 токсины, ниваленол и др. [5, 10, 11].

Семена, зараженные альтернариозом, как правило, физиологически недоразвиты и имеют низкую всхожесть [12]. По данным Т. Ю. Гагкаевой с соавторами [13], мицелий видов *Alternaria spp.* не проникает в зародыш, а локализуется в плодовой оболочке и эндосперме, чаще над зародышем. В этой связи может иметь место скрытая форма болезни. В случае значительного поражения прилегающей к зародышу зоны в благоприятных для возбудителя условиях может развиваться корневая гниль. Опасность видов *Alternaria spp.* заключается также в загрязнении сельскохозяйственной продукции вторичными метаболитами, более токсичными для человека и животных, поскольку частота встречаемости этого таксона в регионах РФ выше, чем других микроорганизмов. Кроме того, их сложно идентифицировать, поскольку между некоторыми видами этого рода нет четких границ по культурально-морфологическим признакам [14].

Термин «гельминтоспориоз» включает в себя проявление многих болезней, прежде всего, корневых гнилей, гельминтоспориозных пятнистостей листьев, чёрного зародыша. Известно около 47 видов гельминтоспориозных грибов, но на зерновых культурах чаще присутствует гриб *Bipolaris sorokiniana* Schoemaker [15, 16]. В зависимости от культуры встречаемость его может значительно меняться. По данным Е.Ю. Тороповой с соавторами [17, 18], в условиях Западной Сибири частота выявления представителей рода *Bipolaris* в зерне пшеницы обычно значительно ниже, чем грибов рода *Alternaria*. Потенциальная опасность семенной инфекции заключается в том, что гриб может активно развиваться внутри зерновки без проявления внешних признаков.

Как правило, состав микрофлоры зерна, сформированного в той или иной географической местности, достаточно устойчив. В условиях Кировской области на семенах ржи наиболее распространены возбудители оливковой плесени или кладоспориоза (*Cladosporium herbarum*), черни колоса и зерна (*Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Epicoccum spp.*, *Stemphyllium spp.* и др.), фузариоза колоса и зерна (*F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc., *F. sporotrichioides* Sherb и др.), чёрного зародыша (чаще *Alternaria spp.*, реже – *B. sorokiniana*) и плесневения зерна (*Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Mucor spp.*, *Cladosporium spp.*, *Epicoccum spp.* и др.) [19]. В утрате или расширении биологического разнообразия прогностическое значение имеют и климатические факторы (температура, влажность, осадки) в период вегетации растений. Например, в засушливые годы среди контаминантов преобладают условно-патогенные грибы, а в тёплых и влажных условиях – более вредоносные виды, например, *Fusarium spp.* [14]. Кроме того, следует учитывать, что использование оригинальных семян в различных испытаниях в НИУ и системе Госсортсети чревато интродукцией эндемичных микроорганизмов и, возможно, нетипичным проявлением отдельных болезней.

В связи с изложенным, целью наших исследований был анализ лабораторной всхожести и видовой структуры микрофлоры оригинального и репродукционного зерна сортов озимой ржи в условиях Кировской области для оценки потенциальных фитосанитарных рисков в ржаных биоценозах.

**Методика.** Работу выполняли в 2019–2020 гг. на базе Федерального аграрного научного центра имени Н. В. Рудницкого (ФАНЦ Северо-Востока) в соответствии с планом НИР в рамках государственного задания № 0767-2019-0095. Объект исследований – оригинальные урожаи 2016–2019 гг. (из различных НИУ РФ) и репродукционные (урожаи 2019–2020 гг. пересев в ФАНЦ Северо-Востока) семена. Для анализа использовали отечественные сорта озимой ржи: Фалёнская 4 и Графиня (селекции ФАНЦ Северо-Востока), Эра и Волхова (Ленинградский НИИСХ), Исеть и Пышма (Уральский НИИСХ – филиал Ур ФАНИЦ УрО РАН), Саратовская 5 (ФАНЦ Юго-Востока) и Чулпан 7 (Башкирский НИИСХ).

Для микробиологического анализа отбирали по 10 зерновок каждого сорта в 4-х кратной повторности. Зерно стерилизовали в 0,5 %-ном растворе перманганата калия в течение 20 мин с последующей промывкой бидистиллированной водой. В ламинарном боксе зерновки раскладывали в четыре чашки Петри на картофельно-глюкозный агар (КГА) и инкубировали при температуре около +25 °С. Через 3 суток проводили пересев появившегося вокруг зерновок мицелия на новую среду КГА.

Идентификацию микромицетов проводили на 12...14 сутки после последнего пересева путём прямого микроскопирования с помощью микроскопа Биолам с увеличением х40. При этом использовали общеизвестные методики и справочную литературу: В. И. Билай, Н. М. Подопличко [20]; В. И. Билай [21]; Н. М. Подопличко [22]; Б. Д. Ермакова [23]; Б. А. Хасанов [24] и др. Частоту встречаемости рода (вида) оценивали по числу зерновок, на которых его наблюдали, и выражали в процентах от количества инфицированных. Микробиологический таксон считали доминирующим, если его доля в контаминанте превышала 50 %. Для оценки характера заражённости разными видами микромицетов использовали шкалы, предложенные Т. Ю. Гагкаевой с соавторами [13]. Так, для грибов рода *Fusarium* инфицированность зерна до 4 % считали слабой, до 10 % – средней, до 15 % – высокой и более 15 % – очень высокой. Для другой грибной микрофлоры в связи с ее меньшей вредоносностью, использовали следующие градации: до 15 % – слабая заражённость, до 40 % – средняя, до 60 % – высокая, более 60 % – очень высокая.

Метеоусловия в период формирования и налива зерна в 2019 и 2020 гг. были схожими, о чём косвенным образом свидетельствует величина гидротермического коэффициента (ГТК) в межфазный период 75-91 (по шкале Цадокса), который находился на уровне соответственно 1,51 и 1,32 (13,4 °С и 15,1 °С – температура воздуха, 63 мм и 61 мм – осадки).

Статистическую обработку осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализа с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и Microsoft Office Excel.

**Результаты и обсуждение.** Всхожесть оригинальных семян ржи варьировала от 60,0 % (Саратовская 5) до 90,0 % (Чулпан 7), а в среднем составила 78,3 %. Относительно низкие величины этого показателя могут быть связаны с длительным сроком хранения семян

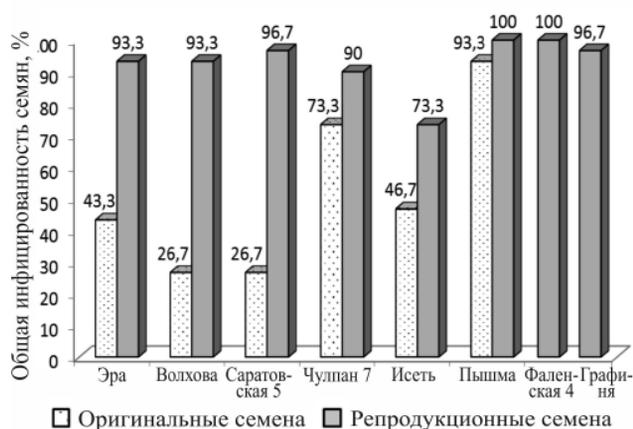


Рис. 1. Общая инфицированность оригинальных и репродукционных семян озимой ржи.

(4...6 лет) в НИУ-оригинаторах, а также с доминированием бактериальной инфекции у отдельных сортов. Всхожесть репродукционных семян урожая 2019 г. в среднем составила 75,5 %, варьируя от 47,0 % (Исеть) до 96,0 % (Фалёнская 4). Ухудшение посевных свойств, вероятно, обусловлено значительным инфицированием семян в условиях повышенной влажности во время налива зерна, о чём косвенно свидетельствует уровень ГТК, равный 1,81.

В ходе микробиологического анализа выявлено, что совокупная инфицированность репродукционных семян в среднем по четырём повторениям составила 93,0 % (рис. 1, 2), варьируя от 73,3 % (Исеть) до 100 % (Фалёнская 4, Пышма) ( $НСР_{05} = 20,1$ ), оригинальных – 51,6 % с вариацией от 26,7 % (Волхова, Саратовская 5) до 93,3 % (Пышма) ( $НСР_{05} = 27,7$ ).

Несмотря на то, что разнообразие микрофлоры зерна довольно велико, её видовой идентификации в Российской Федерации уделяется недостаточное внимание [5]. В наших исследованиях во всех образцах идентифицировано 12 родовых таксонов, среди которых были виды *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *B. sorokiniana*, *Cladosporium spp.*, *Stemphylium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Acremoniella spp.*, *Curvularia spp.*, *Penicillium spp.*, *Mucor spp.*, *Xanthomonas spp.* и *Bacillus spp.* Таким

образом, среди контаминантов оригинальных и репродукционных семян преобладали грибные культуры.

Выделенные сообщества микроорганизмов были условно разделены на 3 группы. Первая – грибы с тёмноокрашенным мицелием (*Alternaria spp.*, *B. sorokiniana*, *Cladosporium spp.*, *Penicillium spp.*, *Mucor spp.*, *Stemphylium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Acremoniella spp.*, *Curvularia spp.*); вторая – грибы с розовоокрашенным мицелием, представленная видами рода *Fusarium* Link. (*F. oxysporum* Schlecht., *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. sporotrichioides* Sherb.); третья – бактерии (*Xanthomonas spp.* и *Bacillus spp.*).

Доминирующими представителями эпифитной микрофлоры репродукционных семян были грибы рода *Alternaria* (75,5 %), которые образуют колонии с обильным воздушным мицелием различных оттенков: от светло-серого до тёмно-оливкового и почти чёрного. Различные виды этого рода идентифицированы на семенах всех тест-сортов с частотой от 53,6 % (Эра) до 90,0 % (Фалёнская 4).

Высокая встречаемость их согласуется с данными Ф. Б. Ганнибала [14], который отмечал, что грибы рода *Alternaria* заражают зерно озимой ржи независимо от сорта почти в равной степени. При этом в наших исследованиях обнаружены значительные различия по заражённости. Относительно меньше альтернариозной инфекции (53,6...63,6 %) было на сортах Эра, Волхова и Исеть (рис. 3).

Второе место по встречаемости в тёмноокрашенной группе мицелиальных грибов занимали условно-патогенные виды *Cladosporium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* и др., доля которых в совокупности составляла от 3,3 % (Фалёнская 4, Пышма) до 25,0 % (Эра). Гриб *B. sorokiniana* выявлен на семенах сортов Чулпан 7 (3,7 %), Пышма (6,7 %), Саратовская 5 (10,3 %) и Эра (11,4 %). Гельминтоспориозная инфекция не выделена у сортов Фалёнская 4, Графиня, Волхова и Исеть. Таким образом, можно полагать, что благодаря конкурентным отношениям внутри сообщества микроорганизмов преимущество получили виды *Alternaria spp.*, обладающие более высокой скоростью роста. Большинство тест-сортов характеризовались высокой и очень высокой заражённостью совокупной микрофлорой с тёмноокрашенным мицелием.

Среди грибов с розовоокрашенным мицелием в ре-

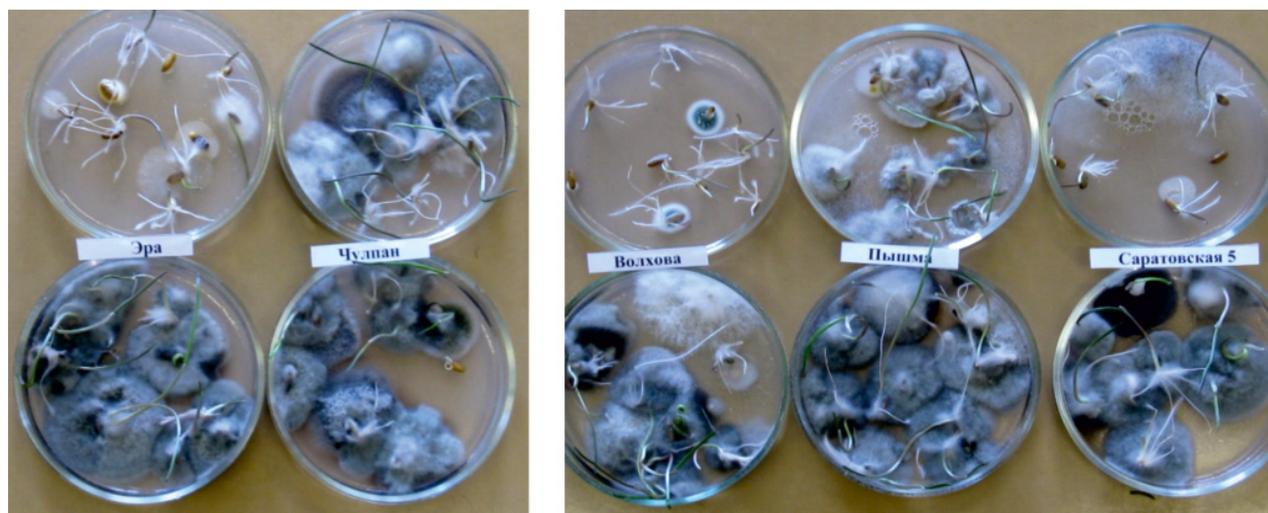


Рис. 2. Общий вид оригинальных (вверху) и репродукционных (внизу) семян ржи на 5-ый день инкубации на КГА (фрагмент опыта).

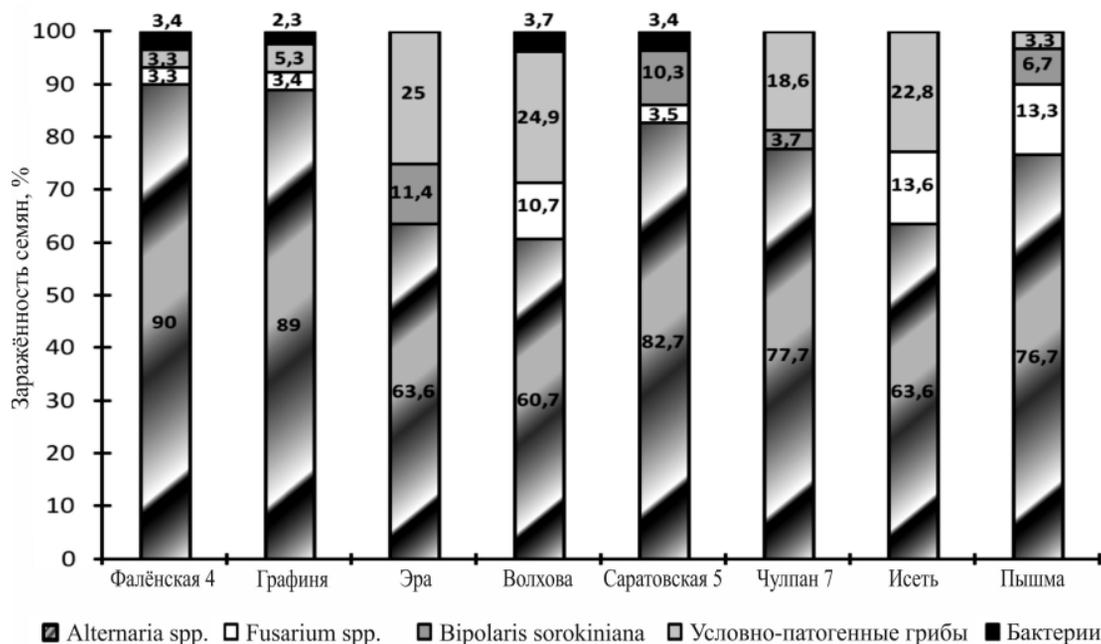


Рис. 3. Заражённость репродукционных семян ржи группами микроорганизмов.

продукционных семенах с частотой от 3,3 % до 13,6 % идентифицировано 3 вида *Fusarium spp.*: *F. oxysporum*, *F. culmorum* и *F. sporotrichioides*. Вид *F. oxysporum* изолирован из семян сортов Саратовская 5 (3,5 %), Волхова (7,1 %), Пышма (13,3 %) и Исеть (13,6 %); *F. culmorum* – из сортов Фалёнская 4 (3,3 %) и Графиня (3,4 %), а *F. sporotrichioides* – только из сорта Волхов а (3,6 %). На зерновках сортов Эра и Чулпан 7 фузариозная инфекция не выделена. Оценивая семена по степени заражения видами *Fusarium spp.*, можно отметить сорта Эра, Чулпан 7, Фалёнская 4 и Графиня с отсутствием или слабым развитием фузариозной семенной инфекции.

Бактериальная инфекция в репродукционных семенах идентифицирована с небольшой частотой, которая у сорта Фалёнская 4 составила 3,4 %, Графиня – 2,3 %, Волхова – 3,7 %, Саратовская 5 – 3,4 %. Следует отметить, что отдельные виды *Xanthomonas spp.* и *Bacillus*

*spp.* вызывают чёрный бактериоз колосковых чешуек ржи и могут инфицировать формирующее зерно.

В микробиоте оригинальных семян идентифицированы преимущественно те же таксоны, что и у репродукционных. Однако в зависимости от эколого-географического происхождения сорта частота встречаемости того или иного вида (рода) была различной. Так, среди грибов с тёмноокрашенным мицелием виды *Alternaria spp.* изолированы только из семян сортов Чулпан 7 (50,0 %) и Пышма (71,4 %). Другие грибы этой группы (в основном виды *Cladosporium spp.* и *Acremonium spp.*) выделены из семян всех сортов с частотой от 7,7 % (Эра) до 87,5 % (Волхова). Гриб *B. sorokiniana* во всех образцах оригинальных семян не выявлен (рис. 4).

Фузариозная инфекция в оригинальных семенах была представлена одним видом – *F. avenaceum*, достаточно эндемичным для Кировской области. Гриб изолирован из образцов сортов Пышма (7,2 %), Волхова (12,5 %) и Эра (30,8 %).

Обращает на себя внимание доминирование бактериальной инфекции на сортах Саратовская 5 (75,0 %) и Эра (61,5 %), обусловленное, вероятно, специфическими климатическими условиями при формировании их зерновок. Бактериальная инфекция выявлена также у сортов Исеть (21,4 %), Пышма (7,1 %) и Чулпан 7 (4,5 %). На семенах сорта Волхова бактерии не обнаружены. В наших исследованиях среди всех групп микроорганизмов достоверное (при  $P \geq 0,95$ ) влияние на лабораторную всхожесть тест-сортов оказала лишь совокупная бактериальная инфекция:  $r = -0,70$ . Несмотря на доминирование грибной семенной инфекции, её влияние на величину этого показателя статистически не доказано. В целом, среди контаминантов оригинальных семян озимой ржи преобладает микробиота с тёмноокрашенным мицелием (без *B. sorokiniana*) со средней долей 63,3 % и бактериальная инфекция с долей 28,3 %.

Таким образом, новые экспериментальные данные представляют интерес для фитопатологов и специали-

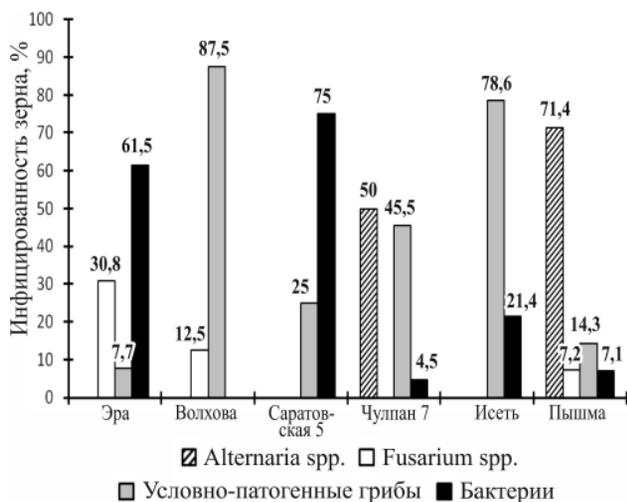


Рис. 4. Заражённость оригинальных семян ржи группами микроорганизмов.

стов по защите растений с целью выбора эффективных протравителей и целевого использования партий зерна. Выявленная в ходе исследований значительная нестабильность микобиотических комплексов оригинальных и репродукционных семян тест-сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения, вероятно, обусловлена специфичностью агроэкологических факторов в период формирования зерновок. В условиях повышенной влажности 2019 г. в микробиоте репродукционных семян всех сортов доминировала альтернариозная инфекция. У оригинальных семян, наряду с грибами с тёмноокрашенным мицелием, была выше доля бактериальной инфекции. Просматривается также изменчивость в структуре географических популяций фузариозных грибов и некоторая сортоспецифичность в заражении отдельными видами *Fusarium spp.* Так, Кировская популяция рода *Fusarium* представлена 3 видами: *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* и *F. oxysporum*, северо-западная и уральская – *F. avenaceum*. Сорт Эра в сильной степени поражался *F. avenaceum*, но не имел другой фузариозной инфекции. В оригинальных семенах не обнаружено гельминтоспориозной инфекции, а в репродукционных доля *B. sorokiniana* достигала 11,4%. Установлено достоверное влияние ( $r = -0,70$ ) бактериальной инфекции на лабораторную всхожесть семян.

#### Литература.

1. Сысоев В.А., Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 14–20. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
2. Гончаренко А.А. Состояние производства и селекция озимой ржи в Российской Федерации // Нива Урала. 2012. № 6. С. 4–6.
3. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Гусев И.В. Фунгициды против комплекса микромицетов на семенах озимой ржи в северо-восточной части Центрального черноземного региона // Международный научно-исследовательский журнал (International research journal). 2018. № 10 (76). Ч. 1. С. 81–84. doi: 10.23670/IRJ.2018.76.10.016.
4. Микромицеты *Alternaria spp.* и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском Федеральном округе / А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева и др. // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54. № 5. С. 365–377. doi: 10.31857/S0026364820050086.
5. Сравнение методов выявления в зерне токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова, А.С. Орина, и др. // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51. № 5. С. 292–298. doi: 10.15389/agrobiol.2017.5.98beng.
6. Симбиотические взаимоотношения грибов *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса / А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева и др. // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. С. 986–994. doi: 10.15389/agrobiol.2017.5.98brus.
7. New sesquiterpenoids from the plant fungal pathogen *Bipolaris sorokiniana* / C.-S. Phan, L. Hang, S. Kessler, et al. // Beilstein J. Org. Chem. 2019. Vol. 15. P. 2020–2028. doi:10.3762/bjoc.15.198.
8. Левитин М.М., Джавахия В.Г. Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 5–11.
9. Occurrence of beauvericin and enniatins in wheat affected by *Fusarium avenaceum* head blight / A. Logrieco, A. Rizzo, R. Ferracane, et al. // Appl. Environ. Microb. 2002. 68 (1). P. 82–85. doi: 10.1128/AEM.68.1.82-85.2002.
10. Rotem J. The genus *Alternaria*. Biology, epidemiology and pathogenicity. St. Paul: APS Press, 1994. 326 p.
11. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicity and toxicity and toxicokinetics / S. Fraeyman, S. Croubels, M. Devreese, et al. // Taxis. 2017. Vol. 9 (7). P. 228. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6651/9/7/228> (дата обращения: 20.12.202). doi: 10.3390/toxins9070228.
12. Семенов А.Я., Мухина М.Ю., Горденко В.И. Видовой состав микроскопических грибов на семенах озимой ржи в Горьковской области / Бюллетень ВИЗР. 1988. с. 84.
13. Гагкаева Т.Ю., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А. Микробиота зерна – показатель его качества и безопасности // Защита и карантин растений. 2012. № 9. С. 14–18.
14. Ганнибал Ф.Б. Изучение факторов, влияющих на развитие альтернариоза зерна у злаков, возделываемых в европейской части России // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 605–615. doi: 10.15389/agrobiol.2018.3.605rus.
15. Zhong S., Steffenson B.J. Virulence and molecular diversity in *Cochliobolus sativus*. Phytopathol. 2001. Vol. 91. P. 469–476. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.5.469.
16. Зависимость грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, И.Г. Щенникова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 58–62.
17. Заселенность почвы засушливой Кулундинской зоны Алтай фитопатогеном *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. / Е.Ю. Торопова, А.Е. Кудрявцев, Г.Я. Стецов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 12–15. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10102.
18. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, И.Г. Воробьева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 35–41. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10907.
19. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году. / Говоров Д.Н., А.В. Живых, Е.С. Новочёлов и др. М., 2020. 897 с. URL: [https://rosselhocenter.com/files/users/42/Moskva/2020/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80\\_2019\\_%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%93%D0%9E%D0%92%D0%AB%D0%99\\_29f29.pdf](https://rosselhocenter.com/files/users/42/Moskva/2020/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80_2019_%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%93%D0%9E%D0%92%D0%AB%D0%99_29f29.pdf) (дата обращения 28.12.2020).
20. Билай В.И., Подошничко Н.М. Токсикообразующие микроскопические грибы. Киев: Наукова Думка, 1970. 290 с.
21. Билай В.И. Фузариозы. Минск: Наукова Думка, 1977. 441 с.
22. Подошничко Н.М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель. Минск: Наукова думка, 1977. Т. 2. 299 с.
23. Ермекова Б.Д. Почвенные грибы и обыкновенная корневая гниль колосовых зерновых. Алма-Ата: Изд. «Наука» Казахской ССР, 1988. 144 с.
24. Хасанов Б.А. Определитель грибов – возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera*, *Exserohilum*. Ташкент, 1992. 232 с.

Поступила в редакцию 26.01.2021  
После доработки 20.03.2021  
Принята к публикации 30.04.2021