

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ,  
ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ  
(БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.11«321»:631.524.86

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_2\_49

EDN: GRZKES

**Источники комплексной устойчивости  
яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР****Татьяна Кузьмовна Шешегова<sup>1✉</sup>, Людмила Владиславовна Волкова<sup>2</sup>,  
Люция Муллаахметовна Щеклеина<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,  
Киров, Россия<sup>1</sup>sheshegova.tatyana@yandex.ru✉

**Аннотация.** В интегрированной защите посевов от патогенов гарантом благополучной фитосанитарной ситуации является возделывание устойчивых сортов. Практическим инструментом поиска эффективных генов устойчивости яровой мягкой пшеницы к грибным болезням являются образцы из мировой коллекции ВИР. Одним из наиболее приемлемых методов определения неспецифической устойчивости к листовым пятнистостям является анализ скорости нарастания инфекции, которая выражается площадью под кривой развития септориоза, темно-бурой пятнистости, мучнистой росы, фузариоза колоса, бурой и желтой ржавчины изучено иммунологическое состояние 140 коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы, у 70 из них проанализированы растительно-микробные взаимодействия с такими патогенами, как *Septoria tritici* Rob. et Desm., *Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Blumeria graminis* DC. с целью поиска генотипов с высокой неспецифической устойчивостью и медленным нарастанием (slow rusting) инфекции в биоценозах. Начиная с первых симптомов поражения и через каждые 10–14 дней проводили учеты болезней, каждую из которых оценивали по 3–5 раз за вегетацию. Выявлено 17 комплексно-устойчивых образцов. Особую ценность представляют 8 отечественных сортов (Московская 35, Омская 41, Тобольская, Сибирская 21, Кинельская юбилейная, Уральская кукушка, Сигма, Воронежская 20), для которых характерен длительный латентный период болезней, что уменьшает количество генераций возбудителей и замедляет нарастание грибной инфекции в полевых биоценозах. Выявленные источники представляют интерес для селекции, поскольку могут стать основой для создания новых устойчивых сортов. По урожайности они уступали стандарту Маргарита, но по отношению к стандарту Баженка сорта Зауралочка, Исеть 45, Чайка, Памяти Леонтьева, Амир, Злата, Воронежская 18 (Россия) и Вопраин (Франция) достоверно (при  $P \geq 0.05$ ) превышали его на 39,5–58,5%.

**Ключевые слова:** сорт, грибные болезни, растительно-микробные взаимодействия, показатель ПКРБ, устойчивость, урожайность, источники

**Для цитирования:** Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М. Источники комплексной устойчивости яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 49–58. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_49-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_49-58).

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,  
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (BIOLOGICAL SCIENCES)

Original article

**Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection  
of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR)****Tatyana K. Sheshegova<sup>1✉</sup>, Lyudmila V. Volkova<sup>2</sup>, Lucia M. Shchekleina<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia<sup>1</sup>sheshegova.tatyana@yandex.ru✉

**Abstract.** In the integrated protection of crops from pathogens, the guarantee of safe phytosanitary situation is the cultivation of resistant varieties. Samples from the world collection of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR) are generally assumed as a practical tool for finding effective genes for resistance of spring soft wheat to fungal diseases. One of the most acceptable methods for determining nonspecific resistance to shot holes is the analysis of the rate of infection increase, which is expressed by the area under disease progress curve (AUDPC). Specialists of Federal Agricultural Research Center of the North-East have studied the immunological state of 140 collection samples of spring soft wheat in harsh natural infectious conditions of development of septoria, dark brown mottling, powdery mildew, fusarium head blight, brown and yellow rust; 70 samples have been studied

for plant-microbial interactions with pathogens such as *Septoria tritici* Rob. et Desm., *Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Blumeria graminis* DC in order to search for genotypes with high nonspecific resistance and slow growth (slow rusting) of infection in biocoenosis. Starting from the first symptoms of disease and every 10-14 days, records of diseases were carried out, and each disease was evaluated 3-5 times during the growing season. As a result, 17 complex-resistant samples were identified, of which 8 domestic varieties (Moskovskaya 35, Omskaya 41, Tobolskaya, Sibirskaya 21, Kinelskaya Yubileynaya, Uralskaya Kukushka, Sigma, and Voronezhskaya 20) are particularly valuable and characterized by a long latent period of diseases, which reduces the number of generations of pathogens and slows the growth of fungal infection in field biocoenosis. The identified sources are of interest for breeding, since they can become the basis for the creation of new resistant varieties. In terms of yield, they were inferior to the Margarita standard, but in relation to the Bazhenka standard, the varieties Zauralochka, Iset 45, Chaika, Pamyati Leontieva, Amir, Zlata, Voronezhskaya 18 (Russia) and Bonpain (France) were significantly (at  $P \geq 0.95$ ) superior by 39.5-58.5%.

**Keywords:** cultivars, fungal diseases, plant-microbial interactions, AUDPC index, resistance, yield capacity, sources

**For citation:** Sheshégova T.K., Volkova L.V., Shchekleina L.M. Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):49-58. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_2\\_49-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_49-58).

## Введение

Пшеница мягкая яровая (лат. *Triticum aestivum* L.) входит в перечень важнейших продовольственных культур в отечественном и мировом земледелии, зерно которой используется на продовольственные, технические и кормовые цели. Ареал ее выращивания очень широк, при этом наибольшие площади посева находятся в России.

Как и другие культурные злаки, пшеница может поражаться различными видами болезней, что снижает урожай и ухудшает его качество. Болезни вызываются грибами, бактериями, вирусами, нематодами. В России широко распространены грибные головневые болезни (головня твердая, пыльная, карликовая, стеблевая, индийская), поражающие колосья. Серьезную опасность представляют ржавчинные болезни пшеницы (желтая; стеблевая, или линейная; бурая, или листовая), мучнистая роса, септориоз листьев и колосьев, фузариоз колоса.

Одной из основных причин низкой урожайности яровой пшеницы является ухудшение фитосанитарного состояния посевов, обусловленного отсутствием в производстве устойчивых к болезням сортов и нарушением технологий выращивания культуры.

Среди множества болезней яровой мягкой пшеницы наибольшее распространение и экономически значимую вредоносность на Евро-Северо-Востоке Российской Федерации имеют пятнистости листьев, обусловленные паразитизмом как гемибиотрофных (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem, *Septoria tritici* Rob. ex Desm. и *Septoria nodorum* Berk.), так и биотрофных (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm., *Blumeria graminis* DC. – syn. *Erysiphe graminis* DC.) фитопатогенных грибов [1, 2, 4, 12].

В интегрированной защите посевов от патогенов гарантом благополучной фитосанитарной ситуации является возделывание устойчивых сортов [3, 5]. В мировой практике обычно создают сорта, защищенные от какого-либо заболевания, как правило, одним широко распространенным геном устойчивости [12, 13, 15, 18]. При этом выбор типа устойчивости на определенной географической территории определяется многими условиями эпидемиологического, агроэкологического и экономического порядка. Чаще всего в производстве эксплуатируется обуславливающая определенный гомеостаз растений неспецифическая устойчивость. Как правило, она сохраняется в течение длительного времени, поскольку полигенна и детерминирована малыми генами с аддитивным эффектом, а популяция патогена имеет меньше шансов накопить мутации вирулентности [10].

Неспецифическая устойчивость проявляется в уменьшении количества пустул на поверхности листа, числа спор в пустуле и увеличении длительности латентного периода [16]. В конечном итоге она выражается в снижении скорости развития эпифитотии [10]. Резистентность по типу замедленного развития (slow rusting) болезней особенно актуальна в условиях постоянного и сильного распространения патогена(ов) и медленной сортосмены.

Практическим инструментом поиска эффективных генов устойчивости яровой мягкой пшеницы к грибным болезням являются образцы из мировой коллекции ВИР, характеризующиеся также широким полиморфизмом по другим признакам и свойствам. Одним из наиболее приемлемых методов определения неспецифической устойчивости к листовым пятнистостям является анализ скорости нарастания инфекции, которая выражается площадью под кривой развития болезни (ПКРБ) [14]. Учет болезни в нескольких точках онтогенеза позволяет проследить за ее развитием и составить более полное представление о вредоносности и возможных ранних эпифитотиях, а также выявить сорта, восприимчивые в начале онтогенеза.

Учитывая вышеизложенное, целью исследований был поиск сортов с комплексной неспецифической устойчивостью и медленным нарастанием (slow rusting) грибной инфекции в полевых биоценозах в течение вегетации.

#### Методика эксперимента

Исследования проводили в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (Киров) в 2018–2020 гг.

В полевых условиях проведена иммунологическая и селекционная оценка 140 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Основная часть образцов (83 ед.) была представлена сортами из Российской Федерации (РФ), 16 – новыми образцами из Китая, 13 – из Европейского союза, 10 – из США, оставшиеся 18 – из Казахстана, Беларуси, Австралии, Украины и Непала.

Изучение генофонда проходило в коллекционном питомнике на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> в двухкратной повторности.

У первой половины коллекционных образцов мониторинг грибных болезней (темно-бурая пятнистость, септориоз колоса и листьев, мучнистая роса, фузариоз колоса, бурая и желтая ржавчина) проводили однократно в период наибольшего их развития, у второй – были проанализированы растительно-микробные взаимодействия с такими наиболее распространенными патогенами, как *S. tritici*, *S. nodorum*, *P. recondita*, *B. sorokiniana* и *B. graminis*.

Начиная с первых симптомов поражения и через каждые 10–14 дней проводили учеты болезней в динамике онтогенеза растений и нарастания грибной инфекции. Каждую болезнь оценивали по 3–5 раз за период вегетации растений.

При учете степени поражения бурой ржавчиной и типа реакции на патоген использовали методику и шкалы Т.Д. Страхова и Л.Ф. Русакова [8], при оценке поражения желтой ржавчиной – методику Гайснера и Штрайба [6].

Интенсивность поражения мучнистой росой проводили по общепринятой методике ГСИ [7].

При учете септориоза применяли универсальную шкалу Саари – Прескотта [17], которая позволяет оценивать состояние болезни не только на листьях, но и на колосе.

Взаимоотношения в патосистеме «*Triticum aestivum* – *Cochliobolus sativus* Drechs. ex Dastur (анаморфа *B. sorokiniana*)» оценивали по развитию темно-бурой пятнистости на листьях по методикам, описанным в источниках [1, 9].

При изучении характера растительно-микробных взаимодействий в патоконкомплексах использовали показатель ПКРБ: чем больше его значение, тем интенсивнее идет нарастание инфекции на конкретном сорте [14].

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

где  $X_1$  – интенсивность развития болезни (повреждения) в первый учет, %;

$X_2$  – интенсивность развития болезни (повреждения) во второй учет, %;

$X_n$  – интенсивность развития болезни (повреждения) в последний учет, %;

$t_2 - t_1$  – количество дней между первым и вторым учетом;

$t_n + t_{n-1}$  – количество дней между последним и предпоследним учетом.

Погодные условия были преимущественно избыточно увлажненными в межфазный период «выход в трубку – восковая спелость», о чем свидетельствует уровень гидротермического коэффициента (ГТК): 1,89 (2018 г.), 1,44 (2019 г.) и 1,67 (2020 г.). Это стимулировало ускоренное развитие фитопатогенов грибной этиологии и способствовало сильному поражению растений.

Статистическую обработку данных проводили с использованием «Пакета программ селекционно-ориентированных и биометрик генетических методов AGROS версия – 2.07».

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Взаимодействия в патосистеме «Triticum – Septoria spp.»*

Первые симптомы септориоза на листьях пшеницы проявились в слабой степени (0,2–3,3%) в фазе 32 по шкале Цадокса у 16 образцов.

При втором учете происходило нарастание поражения до 16,5% у индикаторного сорта Дуэт; у большинства других фенотипическое проявление болезни было на уровне 2,0–11,0%, а у 26 образцов симптомы поражения отсутствовали.

При третьем учете (фазы 65–69) развитие септориоза достигало 22,0% (индикаторный сорт Бурятская 551). Высокую устойчивость (степень поражения не более 5%) в эти фазы проявили 34 образца, в том числе сорт Ингала из Тюменской области, который не имел симптомов болезни. Интенсивное нарастание септориозной инфекции на листьях и колосе происходило при последующих учетах, приуроченных к фазам 71 и 85.

Наибольшее развитие болезни при четвертом учете составило 32% (Бурятская 551). В этих условиях 8 образцов (Long Chun 8 и Yan Zhan 1 – Китай; Mellissos – Германия; Ульяновская 105, Экада 109, Воронежская 20, Красноярская 12 и Уральская кукушка – РФ) сохранили высокую устойчивость. Симптомы болезни на уровне 1,0–3,0% начали проявляться и на колосковых чешуйках у 16 образцов.

При последнем учете высокоустойчивых образцов уже не обнаружено; устойчивость на уровне 7,0–15,0% выявлена у 11 образцов (Long Chun 8, Yun Mai 27 и Yun Mai 35 – Китай; Xenos – Германия; Маргарита, Московская 35, Тюменская 29, Тобольская, Воронежская 20, Уральская кукушка и Сибирская 21 – РФ); 8 образцов резко перешли в группу умеренно-устойчивых и восприимчивых. У остальных образцов между фазами 71 и 85 происходило незначительное варьирование степени поражения, которое не выходило за пределы соответствующей градации шкалы. Степень поражения колоса у изучаемых образцов изменялась от 2,0% (Волошинка, Зауралочка, Yan Zhan 1) до 21,0% (Dian 662-525-2), а у трех образцов (Вопраин – Франция, Сигма и Курагинская – РФ) симптомы болезни на колосе не обнаружены.

Уровень ПКРБ варьировал в значительных пределах – от 129 до 895 единиц. Судя по показателю ПКРБ, динамика нарастания септориозной инфекции устойчивых образцов была примерно в 2 раза меньше, чем у восприимчивых генотипов. По географическому происхождению они представлены отечественными и китайскими образцами, что косвенным образом может свидетельствовать о генотипическом сходстве достаточно отдаленных популяций *S. tritici* и *S. nodorum*.

Практический интерес представляют 15 образцов, характеризующихся длительным латентным периодом инфекции и медленным нарастанием септориоза в онтогенезе (табл. 1).

У 7 образцов (Московская 35, Тюменская 29, Омская 41, Тобольская, Красноярская 12, Сигма и Уральская кукушка) поражение колоса не превышало 5%, что важно для снижения инфицирования формирующегося зерна.

Таблица 1. Устойчивые коллекционные образцы яровой мягкой пшеницы с длительным латентным периодом микозов и медленным нарастанием болезней (slow rusting) в онтогенезе растений

Септориоз	Темно-бурая пятнистость	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
		<b>Московская 35</b>	
		Вонрайн	
	<b>Московская 35</b>	Альмата	
	Tian Xuan 16	Уралосибирская	
	<b>Тобольская</b>	Тюменская 29	
	Уралосибирская	Long Chun 8	<b>Московская 35</b>
	Тюменская 29	Xenos	Тулайковская 10
	Yun Mai 27	Melissos	Экада 70
	Yun Mai 35	Naxos	Уралосибирская
<b>Московская 35</b>	<b>Омская 41</b>	Екатерина	Yun Mai 35
Тюменская 29	Korinta	Yan Zhan 1	<b>Омская 41</b>
Yun Mai 27	Melissos	Черноземоуральская 2	Екатерина
Yun Mai 35	Naxos	Хуторянка	<b>Тобольская</b>
<b>Омская 41</b>	Памяти Леонтьева	<b>Тобольская</b>	Ульяновская 105
Xenos	Екатерина	<b>Кинельская Юбилейная</b>	<b>Воронежская 20</b>
<b>Тобольская</b>	Yan Zhan 1	<b>Омская 41</b>	Дуэт
Ульяновская 101	<b>Уральская кукушка</b>	Combination X	Черноземоуральская 2
<b>Воронежская 20</b>	Long Chun 8	Ульяновская 105	Добрыня
Красноярская 12	Combination X	Ульяновская 101	<b>Сигма</b>
<b>Сигма</b>	Eminent	<b>Уральская кукушка</b>	<b>Кинельская Юбилейная</b>
<b>Уральская кукушка</b>	Ульяновская 101	Дуэт	Хуторянка
Long Chun 8	<b>Кинельская Юбилейная</b>	Добрыня	Зауралочка
<b>Сибирская 21</b>	<b>Воронежская 20</b>	Красноярская 12	Курагинская 2
<b>Кинельская Юбилейная</b>	Ульяновская 105	<b>Сигма</b>	Алтайская жница
	<b>Сигма</b>	Курагинская 2	<b>Уральская кукушка</b>
	Зауралочка	Воронежская 18	<b>Сибирская 21</b>
	Красноярская 12	Рима	KWS Torridon
	<b>Сибирская 21</b>	<b>Воронежская 20</b>	Кинельская 2010
	Исеть 45	<b>Сибирская 21</b>	Канюк
	Канюк	KBC Torridon	
	Волошинка	Ингала	
		Канюк	
		Волошинка	

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – V. sorokiniana»*

Грибы рода *Helminthosporium*, кроме участия в патогенезе корневых инфекций, вызывают темно-бурую пятнистость листьев, чернь колоса и черный зародыш.

Первые симптомы темно-бурой пятнистости (не более 0,5%) зафиксированы в фазе 29–30 у 11 образцов.

При последующих учетах нарастание болезни было незначительным: 2-й учет – до 5,5%, 3-й учет – до 13,2%.

Последний учет (фаза 71) выявил преобладание устойчивых к темно-бурой пятнистости образцов при степени поражения не более 15%, а сорт Воронежская 20 поражался на уровне 5,0%.

Показатель ПКРБ изменялся от 95 (Tian Xuan 16 – Китай, Naxos – Германия) до 273 (Тулайковская 10 – РФ).

Относительно невысокое развитие болезни, вероятно, связано с биоэкологическими особенностями гриба *V. sorokiniana*, так как его фитопатогенное значение возрастает в засушливые годы. Кроме того, возможен антагонизм с другими аэрогенными патогенами.

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – V. graminis»*

В фазы 59–61 у 25 образцов яровой мягкой пшеницы зафиксировано начало появления налета мучнистой росы на листьях. Степень поражения варьировала от 1,0% (Ульяновская 105, Воронежская 20 – РФ, Eminent – Германия) до 13,2% (Dai Chun 2 – Китай).

При втором учете у трех китайских образцов (Dai Chun 2, Dian 662-525-2 и Shen 68-71) степень поражения увеличилась в 2–3 раза, и они перешли в другую градацию восприимчивости. Остальные образцы в большинстве своем сохранили свой иммунологический статус.

При последнем учете (фаза 75) степень поражения индикаторного сорта Dian 662-525-2 составила 44,0%. На этом фоне высокая устойчивость сохранилась у 34 образцов при степени поражения от 1,0 до 10,0%. Кроме того, 18 образцов не имели симптомов болезни. Среди них сорта, устойчивость которых детерминирована *Pm*-генами: Терция (*Pm4b*), Сигма и Ингала (*Pm8*), Екатерина, Экада 70 и Маргарита (*Pm38*), Дарья и Виза (*Pm1*) [11].

Однако было отмечено, что отдельные сорта (Бурятская 551, Уралосибирская, Светлана), несущие гены *Pm38* и *Pm8*, поражаются в средней степени. Это может свидетельствовать о наличии генов-супрессоров, ослабляющих экспрессию *Pm*-генов в новой генетической среде.

Неэффективными к местной популяции *V. graminis* оказался ген *Pm5a*, контролирующей устойчивость к мучнистой росе у сорта Зауралочка, степень поражения которого составила в среднем 26,0%.

Сорта Тюменская 29, Тобольская, Сигма, Сибирская 21 и Long Chun 8 проявили также неспецифическую устойчивость и к септориозу, и к темно-бурой пятнистости.

*Взаимодействия в патосистеме «Triticum – P. recondita»*

Первые единичные пустулы бурой ржавчины проявились в фазы 65–69 лишь на пяти образцах яровой мягкой пшеницы.

При последующем мониторинге развитие болезни было на уровне 3,0–18,0%, а у 33 образцов пустулы отсутствовали.

В фазе 75 степень поражения индикаторного австралийского образца W 3534 была на уровне 38,8% при восприимчивом (*S*) типе реакции на патоген. На этом фоне выявлено 10 высокоустойчивых образцов с уровнем поражения не более 5,0% и устойчивым (*R*) типом реакции и 17 образцов без симптомов болезни. Эффективными к местной популяции *P. Recondita* оказались гены *Lr9* (Зауралочка и Терция), *Lr19* (Хуторянка и Добрыня), *Lr24* (КВС Аквилон), *Lr26* (Уралосибирская 2 и Сигма), *Lr34* (Екатерина), *Lr48 + Lr34 + Lr10* (Экада 70), *Lr9 + Lr44* (Дуэт), *Lr6Agi2* (Тулайковская 10), неэффективными – ген *Lr20* (Дарья и Виза), а также сочетание генов *Lr9 + Lr10* (Челяба 2), *Lr34 + Lr10* (Светлана). Их присутствие в сортах не снижало темпов нарастания ржавчинной инфекции в биоценозах, а развитие бурой ржавчины составило в среднем 29,8–30,8% при *S*-типе реакции. Относительно высокая степень поражения (16,5–22,0%) сортов Маргарита (*Lr48 + Lr34 + Lr10*), Ингала (*Lr26*) и Бурятская 551 (*Lr34*) может быть вызвана влиянием генов-супрессоров.

В целом среди 140 коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы выявлено 17 образцов, устойчивых к шести местным популяциям возбудителей грибных болезней (табл. 2).

Следует отметить, что в 2019 г. впервые были диагностированы характерные симптомы эндемичного и опасного заболевания – желтой ржавчины (*Puccinia striiformis*) в виде продольных лимонно-желтых, расположенных рядами вдоль жилок листа пустул с уредоспорами.

Таблица 2. Иммунологическое состояние устойчивых образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР

Сорт, происхождение	Степень поражения, %						
	темно-бурой пятнистостью	септориозом		мучнистой росой	бурой ржавчиной / тип реакции	желтой ржавчиной	фузариозом колоса
		на листьях	на колосе				
Маргарита – стандарт, Ульяновская область	7,6	20,0	4,7	5,0	23,1 / S	0	3,5
Баженка – стандарт, Кировская область	13,1	21,1	3,9	9,0	23,2 / S	0	2,5
Московская 35, Московская область	10,0	12,0	2,0	0	4,0 / R	0	2,5
Тюменская 29, Тюменская область	7,5	12,0	5,0	0	10,5 / R	0	4,0
Омская 41, Омская область	7,7	16,5	5,5	4,0	0	0	3,0
Сигма, Омская область	7,0	13,0	0	0	3,0 / R	0	0
Терция, Омская область	0	4,4	0	0	0	0	0
Нива 2, Омская область	10,0	4,5	0	0	0	0	0
Тобольская, Алтайский край	10,0	7,5	3,0	0	0	0	2,0
Воронежская 20, Воронежская область	5,0	15,4	6,0	4,5	0	0	0
Уральская кукушка, Челябинская область	9,0	14,3	3,0	5,0	3,0 / R	0	0
Сибирская 21, Новосибирская область	6,5	14,3	7,5	0	0	0	0
Новосибирская 18, Новосибирская область	5,0	15,4	3,5	5,5	2,0 / R	0	0
Скала, Иркутская область	5,0	9,0	0	0	0	0	0
Фора, Курганская область	0	11,0	5,0	0	0	0	0
Дарья, Беларусь	9,0	0	0	0	30,8 / S	0	0
Харьковская 28, Украина	0	11,0	2,0	0	0	0	0
SSL 19-24, США	0	10,0	3,0	8,6	0	0	0
Ерос, Германия	5,5	5,0	0	0	0	0	0
<i>Индикаторные сорта:</i>							
Dian 662-525-2, Китай	16,5	–	21,0	44,0	–	–	–
Ranger, США	–	35,2	–	–	–	–	–
W 3534, Австралия	–	–	–	–	38,8 / S	–	11,0
Юго-Восточная 3, Саратовская область	–	–	–	–	–	42,5	–

Что касается урожайности, то коллекционные образцы в агроэкологических условиях Кировской области существенно (при  $P \geq 095$ ) уступали среднеспелому стандарту Маргарита.

По отношению к раннеспелому стандарту Баженка выделились такие сорта, как Зауралочка, Исеть 45, Чайка, Памяти Леонтьева, Амир, Злата, Воронежская 18 (Россия)

и Voprain (Франция), достоверно превысившие его на 39,5–58,5%. Урожайностью выше стандарта (на 34,2–36,1%) отличались также отечественные сорта Московская 35, Экада 70, Сибирская 21 и Черноземоуральская 2.

Самая низкая урожайность в региональных условиях отмечена у образцов китайской селекции, которая по отношению к сорту Баженка составила 33,7–96,4%, Маргарите – 27,5–78,8%.

В ходе корреляционного анализа выявлено, что наиболее сильное негативное влияние на урожайность коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы оказывала ржавчинная инфекция ( $r = -0,38$ ), хотя это может быть связано и с накоплением к концу вегетации в полевых биоценозах сочетанной грибной инфекции.

### Выводы

Безусловной эффективностью к кировской популяции *P. Recondita* характеризуются гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr9 + Lr44* и *Lr6Agi2*, к *B. Graminis* – *Pm1* и *Pm4b*.

Выявленные устойчивые образцы яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР представляют практический интерес для селекции.

Особую ценность представляют 8 отечественных сортов (Московская 35, Омская 41, Тобольская, Сибирская 21, Уральская кукушка, Сигма, Воронежская 20 и Кинельская юбилейная), для которых характерен длительный латентный период септориоза, темно-бурой пятнистости, мучнистой росы и бурой ржавчины, что уменьшает количество генераций возбудителей за период вегетации и замедляет нарастание (slow rusting) грибной инфекции в полевых биоценозах. Обладая высокой неспецифической устойчивостью, такие генотипы обеспечивают определенное генетическое равновесие между растением-хозяином и патогеном, поскольку не происходит сильного давления генотипа на популяцию патогена.

### Список источников

1. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гемибиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция: сборник статей. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2005. С. 592–615.
2. Волкова Л.В., Шешегова Т.К. Урожайность и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой пшеницы при поражении септориозом // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3. С. 17–25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-17-25.
3. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Министерство сельского хозяйства СССР. Одесса: [б. и.], 1971. 180 с.
4. Гульятеева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Шаманин В.П. и др. Генетическая структура российских и казахстанских популяций возбудителя бурой ржавчины *Puccinia triticina* Erikss. по вирулентности и SSR-маркерам // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiology. 2018.1.85rus.
5. Киселева М.И., Коломиец Т.М., Пахолкова Е.В. и др. Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по устойчивости к наиболее вредоносным возбудителям грибных болезней // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 3. С. 299–309. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.299rus.
6. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Скатенок О.О., Пахолкова Е.В. Создание генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 44–46.



7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва: [б. и.], 1989. 197 с.
8. Мироненко Н.В., Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений в патосистеме *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* // Микология и фитопатология. 2013. № 47(2). С. 132–138.
9. Михайлова Л.А. Генетика устойчивости пшеницы к бурой ржавчине // Типы устойчивости растений к болезням: материалы научного семинара (Санкт-Петербург, 06 марта 2003 г.). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), 2003. С. 45–60.
10. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2016. № 5. 41 с.
11. Сочалова Л.П., Пискарев В.В. Устойчивость образцов мягкой пшеницы к *Blumeria graminis* и *Puccinia recondita* с известными генами устойчивости // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 11. С. 34–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108.
12. Gebrewahid T.W., Yao Z.-J., Yan X.-C. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // Plant Disease. 2017. Vol. 101(10). Pp. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE.
13. Hanzalová A., Bartoš P., Sumíková T. Pathotypes of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss.) and resistance of registered cultivars in the Czech Republic in 2012–2015 // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2017. Vol. 53(3). Pp. 122–126. DOI: 10.17221/121/2016-CJGPB.
14. Johnson D.F., Wilcoxon R.D. A table of area under disease progress curve // Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. 1981. Vol. 137. Pp. 2–10.
15. Johnston, P.A., Munro C., Butler, R.C. et al. The future of Lr34 in modern, high-input wheat breeding programs // Crop Science. 2017. Vol. 57(2). Pp. 671–680. DOI: 10.2135/cropsci2016.03.0158.
16. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita* // Phytopathology. 2008. Vol. 120(2). Pp. 136–142. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1987.tb04426.x.
17. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant Disease Reporter. 1975. Vol. 59(5). Pp. 377–380.
18. Sadovaya A.S., Gulyaeva E.I., Mitrofanova O.P. et al. Leaf rust resistance in common wheat varieties and lines from the collection of the Vavilov Plant Industry Institute carrying alien genetic material // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2015. Vol. 5(3). Pp. 233–241. DOI: 10.1134/S2079059715030144.

#### References

1. Afanasenko O.S. Uстойчивost' yachmenya k gemibiotrofnym patogenam [Resistance of barley to hemibiotrophic pathogens]. Identifitsirovannyj genofond rastenij i selektsiya: sbornik statej [Identified plant genepool and breeding: collection of articles]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Press; 2005:592-615. (In Russ.).
2. Volkova L.V., Sheshhegova T.K. Urozhajnost' i sodержanie fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yarovoj pshenitsy pri porazhenii septoriozom [Crop yield and concentration of photosynthetic pigments in the leaves of spring wheat when suffering from Septoria blight]. Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2019;3:17-25. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-17-25. (In Russ.).
3. Geshele E.E. Metodicheskoe rukovodstvo po fitopatologicheskoy otsenke zernovykh kul'tur. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva SSSR [Methodological guide on phytopathological assessment of grain crops. Ministry of Agriculture of the USSR]. Odessa: [Sine Loci I.]; 1971. 180 p. (In Russ.).
4. Gulyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Shamanin V.P. et al. Geneticheskaya struktura rossijskikh i kazakhstanskikh populyatsij vzbudatelya buroj rzhavchiny *Puccinia triticina* Erikss. po virulentnosti i SSR-markeram [Genetic structure of Russian and Kazakhstani leaf rust causative agent *Puccinia triticina* Erikss. Populations as assessed by virulence profiles and SSR-markers]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology. 2018;53(1):85-95. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.1.85rus. (In Russ.).
5. Kiseleva M.I., Kolomiets T.M., Pakholkova E.V. et al. Differentsiatsiya sortov ozimoy myagkoj pshe-nitsy (*Triticum aestivum* L.) po ustojchivosti k naibolee vredonosnym vzbudatelyam gribnykh boleznej [The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens]. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology. 2016;51(3):299-309. DOI: 10.15389/agrobiol. 2016.3.299rus. (In Russ.).
6. Kolomiets T.M., Pankratova L.F., Skatenok O.O., Pakholkova E.V. Sozdanie genbanka istochnikov ustojchivosti sortov pshenitsy k septoriozu [Creation of genebank of wheat resistance sources to Septoria disease]. Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine. 2015;7:44-46. (In Russ.).
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2. Cereals, groats, legumes, corn and forage crops]. Moscow: [S. L. I.]; 1989. 197 p. (In Russ.).
8. Мироненко Н.В., Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений в патосистеме *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* [Genetics of host-pathogen interactions in the *Cochliobolus sativus* – *Triticum aestivum* pathosystem]. Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology. 2013;47(2):132-138. (In Russ.).

9. Mikhailova L.A. Genetika ustojchivosti pshenitsy k buroj rzhavchine [Genetics of wheat resistance to leaf rust]. Tipy ustojchivosti rastenij k boleznyam: materialy nauchnogo seminar (Sankt-Peterburg, 06 marta 2003 g.) [Types of plant resistance to diseases: Proceedings of Academic Seminar (Saint Petersburg, March 6, 2003)]. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection (VIZR) Press; 2003:45-60. (In Russ.).
10. Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovogo polya i prinyatie reshenij po opryskivaniyu pshe-nitsy fungitsidami. Teoriya i prakticheskie rekomendatsii [Phytosanitary examination of the grain field and making decisions on spraying wheat with fungicides. Theory and practical recommendations]. *Prilozhenie k zhurnalu "Zashchita i karantin rastenij" = Supplement to the Journal "Plant Protection and Quarantine"*. 2016;5. 41 p. (In Russ.).
11. Sochalova L.P., Piskarev V.V. Ustojchivost' obraztsov myagkoj pshenitsy k *Blumeria graminis* i *Puccinia recondita* s izvestnymi genami ustojchivosti [Resistance of common wheat accessions to *Blumeria graminis* and *Puccinia recondita* with known resistance genes]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievement of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2019;(1):34-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108. (In Russ.).
12. Gebrewahid T.W., Yao Z.-J., Yan X.-C. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars. *Plant Disease*. 2017;101(10):1729-1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE.
13. Hanzalová A., Bartoš P., Sumíková T. Pathotypes of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) and resistance of registered cultivars in the Czech Republic in 2012-2015. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2017;53(3):122-126. DOI: 10.17221/121/2016-CJGPB.
14. Johnson D.F., Wilcoxon R.D. A table of area under disease progress curve. *Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station*. 1981;137:2-10.
15. Johnston P.A., Munro C., Butler R.C. et al. The future of Lr34 in modern, high-input wheat breeding programs. *Crop Science*. 2017;57(2):671-680. DOI: 10.2135/cropsci2016.03.0158.
16. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of resistance of wheat to *Puccinia recondita*. *Phytopathology*. 2008;120(2):136-142. DOI: 10.1111/j.1439-0434.1987.tb04426.x.
17. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*. 1975;59(5):377-380.
18. Sadovaya A.S., Gulyaeva E.I., Mitrofanova O.P. et al. Leaf rust resistance in common wheat varieties and lines from the collection of the Vavilov Plant Industry Institute carrying alien genetic material. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2015;5(3):233-241. DOI: 10.1134/S2079059715030144.

#### Информация об авторах

Т.К. Шешегова – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», sheshegova.tatyana@yandex.ru.

Л.В. Волкова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», volkovkirov@mail.ru.

Л.М. Щеклеина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», immunitet@fanc-sv.ru.

#### Information about the authors

T.K. Sheshegova, Doctor of Biological Sciences, Leading Research Scientist, Head of Plant Immunity and Protection Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, sheshegova.tatyana@yandex.ru.

L.V. Volkova, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Head of Spring Soft Wheat Breeding Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, volkovkirov@mail.ru.

L.M. Shchekleina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Plant Immunity and Protection Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, immunitet@fanc-sv.ru.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; одобрена после рецензирования 03.04.2023; принята к публикации 20.04.2023.

The article was submitted 02.02.2023; approved after reviewing 03.04.2023; accepted for publication 20.04.2023.

© Шешегова Т.К., Волкова Л.В., Щеклеина Л.М., 2023