АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

AGROCHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

Научная статья

УДК 632.4.01/08
EDN: LAZQPO
https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-30-39

ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР, УСТОЙЧИВОГО К ВРЕДОНОСНЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ИНФЕКЦИОННОГО ПИТОМНИКА

Тамара Михайловна Коломиец, Марина Ивановна Киселёва, Елена Васильевна Пахолкова, Наталья Сергеевна Жемчужина, Наталья Николаевна Сальникова, Светлана Юрьевна Белякова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», (ФГБНУ ВНИИФ), р. п. Большие Вяземы, Московская область, Россия, shlem2015@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты иммунологических испытаний 807 образцов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР), проведённых в 2014–2023 гг. в питомнике Всероссийского НИИ фитопатологии (ВНИИФ), на устойчивость к возбудителям заболеваний, вызванных *Zimoseptoria tritici*, *Parastagonospora nodorum*, *Puccinia triticina* и *Puccinia graminis*. Образцы пшеницы изучали на естественном и искусственном инфекционном фоне. Основным критерием отбора изолятов *P. triticina* являлась их высокая вирулентность к моногенным линиям пшеницы. Критериями отбора штаммов возбудителей септориозов служили их споруляция и патогенность. В качестве оценки устойчивости образцов пшеницы к возбудителям болезней в поле использовался показатель интенсивности поражения растений. По этому признаку были отобраны образцы пшеницы с иммунной, высокой и умеренной устойчивостью к возбудителю бурой ржавчины и умеренной устойчивостью к возбудителю стеблевой ржавчины. Образцы яровой мягкой пшеницы, устойчивые к экономически значимым болезням, рекомендованы.

Ключевые слова: пшеница, коллекция ВИР, вирулентность, устойчивость, вредоносные болезни.

Для цитирования: Коломиец Т. М., Киселёва М. И., Пахолкова Е. В., Жемчужина Н. С., Сальникова Н. Н., Белякова С. Ю. Отбор исходного материала пшеницы из коллекции ВИР, устойчивого к вредоносным болезням в условиях инфекционного питомника // Агронаука. 2025. Том 3. № 3. С. 30–39. EDN: LAZQPO. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-30–39

Original article

SELECTION OF WHEAT SOURCE MATERIAL FROM THE ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GROWING COLLECTION RESISTANT TO HARMFUL DISEASES IN THE INFECTIOUS NURSERY

Tamara M. Kolomiets, Marina I. Kiseleva, Elena V. Pakholkova, Natalia S. Zhemchuzhina, Natalia N. Salnikova, Svetlana Yu. Belyakova

Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Phytopathology" (FGBNU VNIIF), Bol'shiye Vyazemy, Moscow Region, Russia, shlem2015@mail.ru

Abstract. The article presents the results of immunological tests of 807 accessions of spring soft wheat (*Triticum aestivum*) from the All-Russian Scientific Research Institute of Crop Production (VIR) collection, conducted in 2014–2023 in the in the nursery of the All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology (VNIIF) nursery, for resistance to pathogens *Zimoseptoria tritici, Parastagonospora nodorum, Puccinia triticina and Puccinia graminis*. Wheat accessions were studied against a natural and artificial infectious background. The main condition for selecting *P. triticina* isolates was their high virulence to monogenic wheat lines. The main criteria for selecting *P. nodorum* and *Z. tritici* strains were their sporulation and pathogenicity. The criterion for assessing the resistance of wheat samples to pathogens in the field was the intensity of plant damage. Over the years of research, no wheat samples with signs of immunity and high resistance to *P. nodorum* and *Z. tritici* were found. According to the damage intensity indicator, wheat samples with immune, high and moderate resistance to the leaf rust pathogen, and moderate resistance to the stem rust pathogen were selected. Spring soft wheat samples resistant to economically significant diseases are recommended for gene expression using molecular DNA markers.

Keywords: wheat, VIR collection, virulence, resistance, harmful diseases.

For citation: Kolomiets TM, Kiseleva MI, Pakholkova EV, Zhemchuzhina NS, Salnikova NN, Belyakova SY. Selection of wheat source material from the All-Russian Institute of Plant Growing collection resistant to harmful diseases in an infectious nursery [Otbor iskhodnogo materiala pshenitsy iz kollektsii VIR, ustoichivogo k vredonosnym boleznyam v usloviyakh infektsionnogo pitomnika]. *Agronauka = Agroscience*. 2025;3:3:30–39 (in Russ.). EDN: LAZQPO. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2025-3-3-30–39

Введение

Пшеница – одна из главных продовольственных зерновых культур в современном мире. На её долю приходится 20 % потребления, а полное мировое производство зерна пшеницы ежегодно составляет более 700 млн т [1]. Россия является крупнейшим производителем пшеницы, посевные площади которой составляют около 26 млн га. Наблюдаемый в последнее десятилетие рост производства зерна происходит не только за счет совершенствования технологий возделывания культуры, но и за счёт создания сортов и гибридов с высоким урожайным потенциалом [2].

В последние годы на посевах пшеницы в России отмечается заметный рост вредоносности возбудителей болезней грибной этиологии. Генетическая однородность сортов пшеницы и динамичность популяций грибов, приспосабливающихся к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, обусловливают повышение восприимчивости пшеницы к заболеваниям [3].

Из распространённых грибов на пшенице заметный экономический ущерб наносят облигатные паразиты, такие как возбудители бурой и стеблевой ржавчины, и факультативные сапротрофы – возбудители септориоза [4, 7]. Возбудители бурой ржавчины *Puccinia triticina* и стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* широко распространены в странах, возделывающих пшеницу, что, главным образом, обусловлено способностью этих грибов легко адаптироваться к широкому диапазону климатических условий и мигрировать с потоками воздуха на большие расстояния. В России потери урожая, вызываемые этими видами грибов, ежегодно составляют 10 %, а в годы эпифитотий достигают 30 % и более [5, 6, 8].

Большой вред пшенице в России причиняют возбудители септориозов *Zimoseptoria tritici*, *Parastagonospora nodorum*. Вид *P. nodorum* поражает как листья, так и колосья, способен заражать зерно, тогда как *Z. tritici* является преимущественно листовым патогеном. В последние годы септориоз является экономически значимым заболеванием зерновых культур, особенно в странах с умеренным климатом; в нашей стране он представляет стратегическую опасность, занимая одно из первых мест в комплексе вредоносных заболеваний [9].

В системе интегрированной защиты растений большую роль играют устойчивые сорта пшеницы, обеспечивающие длительную защиту от болезней. Основным направлением в международной селекции на иммунитет является создание сортов пшеницы с

длительной устойчивостью, которая сохраняет эффективность при благоприятных для развития болезни условиях не менее 10 лет [10]. Основными направлениями исследований по поиску источников устойчивости пшеницы являются:

- мониторинг частоты встречаемости видов патогенных грибов в районах возделывания пшеницы и выявление наиболее опасных из них;
- изучение внутривидовой изменчивости популяций возбудителей вредоносных болезней по патогенности, в том числе вирулентности;
- оценка и отбор материала (сортов, линий, гибридов, ландрас), устойчивого к болезням, в условиях инфекционных питомников.

Поиск источников устойчивости – важный этап целенаправленной селекции пшеницы на иммунитет к вредоносным фитопатогенным организмам [11]. Отбор устойчивого материала пшеницы невозможен без использования мировых коллекций, одной из которых является коллекция ВИР, созданная на базе Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова».

Цель исследований – поиск источников устойчивости образцов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) коллекции ВИР к наиболее вредоносным болезням.

Условия, материалы и методы

Материалом исследований служили 807 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, используемых для оценки на устойчивость к возбудителям *Z. tritici*, *P. nodorum, P. triticina, P. graminis*. Исследования по оценке устойчивости образцов пшеницы проводили на искусственном и естественном фоне заражения патогенами в инфекционном питомнике ВНИИФ (Одинцовский район Московской области) в 2014–2023 годах.

Растения пшеницы заражали в фазы, рекомендованные при изучении селекционного материала на устойчивость к патогенам. Так, для *Z. tritici* оптимальной для инокуляции принята фаза трубкования, для *P. nodorum* – колошения, для *P. triticina* – выход в трубку – начало колошения. Оценка устойчивости образцов пшеницы к стеблевой ржавчине велась на естественном фоне заражения локальными популяциями гриба.

Для создания инфекционного фона *P. triticina* применяли смесь спор нескольких изолятов гриба, дополняющих друг друга по составу генов вирулентности. Вирулентность изолятов гриба изучали на наборе из 42-х моногенных линий пшеницы.

Образцы яровой пшеницы заражали опыливанием смесью спор изолятов с тальком в соотношении 1:100 (нагрузка – 15 мг спор / м^2 посева). Инокуляцию осуществляли в вечерние часы (время выпадения росы), когда относительная влажность воздуха была близка к 90…100 %, а температура – 18…22 °С.

Развитие *P. triticina* оценивали по модифицированным шкалам Кобба и СЭВ, учитывающим одновременно количественные (интенсивность поражения, %) и качественные (тип реакции, балл) показатели [8, 12].

Для создания искусственного фона *P. nodorum* использовали патогенные штаммы гриба, а *Z. tritici* – штаммы, проявившие вирулентность к моногенным линиям пшеницы с генами *Stb1, Stb2, Stb3, Stb4, Stb5, Stb7*. При заражении растений пшеницы использовали суспензии спор 5–6 штаммов возбудителей септориоза, различающихся по вирулентности; концентрация спор *P. nodorum* составляла 10^6 спор / мл, *Z. tritici* – 10^7 спор / мл. Проявление септориоза на растениях пшеницы оценивали визуально по интенсивности поражения листьев и колосьев по шкалам Саари и Прескотта и СЭВ [8].

Интенсивность поражения растений пшеницы *P. graminis* оценивали с момента появления заболевания в поле, используя общепринятые шкалы [12].

Результаты и обсуждение

По результатам анализа научной литературы и опыта популяционных и иммунологических исследований во ВНИИФ была разработана и применена схема оценки и отбора исходного материала пшеницы, устойчивого к болезням. Схема оценки и

отбора источников устойчивости пшеницы состоит из нескольких последовательных этапов, но ключевыми из них являются:

– отбор и подготовка спорового материала (изолятов, штаммов) возбудителей болезней для создания искусственных инфекционных фонов в условиях питомника, теплиц и камер искусственного климата;

- выявление образцов пшеницы по признакам специфической и неспецифической устойчивости к патогенам по результатам оценки интенсивности поражения и типу реакции растений в условиях питомника и теплиц.

За период исследований в инфекционном питомнике ВНИИФ иммунологическому тестированию подвергли чуть более 800 образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, оригинаторами которых являлись селекционные учреждения из многих стран мира (таблица 1).

Таблица 1 – Репрезентативность коллекции ВИР по центрам селекции образцов яровой мягкой пшеницы, использованных для изучения устойчивости к вредоносным болезням в инфекционном питомнике ВНИИФ в 2014–2023 гг

Table 1 – Representativeness of the VIR collection by breeding centers of spring soft wheat samples used to study resistance to harmful diseases in the VNIIF infectious nursery in 2014–2023

Происхождение и количество образцов пшеницы	Всего образцов пшеницы
Восточная Европа: Россия (234), Белоруссия (9), Венгрия (1), Чехия (15), Словакия (16), Польша (24), Латвия (2), Украина (34)	335
Западная Европа: Австрия (2), Бельгия (1), Великобритания (20), Германия (50), Нидерланды (1), Франция (15), Швейцария (19), Норвегия (1), Швеция (6), Финляндия (1), Греция (3), Италия (5), Испания (4), Португалия (5)	133
Восточная Азия: Китай (50)	50
Южная Азия: Афганистан (9), Индия (7), Непал (1), Пакистан (24)	41
Западная Азия: Азербайджан (9), Армения (8), Грузия (9), Ирак (1), Иран (9), Кипр (10), Сирия (6), Турция (13)	65
Центральная Азия: Казахстан (33), Кыргызстан (4), Таджикистан (7)	44
Африка: Алжир (6), Египет (2), Ливан (2), Оман (3), Ливия (1), Марокко (6), Тунис (9), ЮАР (1)	30
Северная и Центральная Америка: Канада (38), США (37), Мексика (10)	85
Австралия (24)	24
Итого:	**807**

Примерно четверть от числа всех испытанных образцов яровой мягкой пшеницы (234 образца из 807) была создана на базе селекционных учреждений России. Образцы пшеницы из Мексики, Казахстана и некоторых других стран имели отношение к материалу, полученному в результате челночной селекции СИММИТ. Многие образцы (ландрасы) из Афганистана, Армении и Пакистана принадлежали видам пшеницы *Triticum monococcum, T. dicoccum* var. *haussknichtianum, T. dicoccum* var. *dicoccum* и др., что может указывать на «стародавнее» происхождение этих сортов.

Известно, что результативность отбора исходного материала для селекции пшеницы на устойчивость к болезням зависит от многих биотических и абиотических факторов. В районах возделывания пшеницы в Московской области погодные условия весенне-летнего периода могут определять не только активность прорастания и внедрения спор гриба в ткани растений, но и дальнейшее развитие болезни вплоть до созревания культуры. В годы проведения исследований метеорологические показатели были благоприятными для вегетации яровой пшеницы и развития инфекции грибов. Крайние значения минимальных и максимальных отклонений от многолетних

составили всего -2,6 °С и +4,3 °С, что, по нашим наблюдениям, не является критичным для растений и грибов и не оказывает негативного влияния на их развитие. Что касается среднестатистических показателей количества осадков, то весенний запас влаги и осадки в первой трети лета обеспечивали хорошее развитие листового аппарата пшеницы и, как следствие, возможность заселения тканей растений возбудителями болезней.

Данные изучения внутривидовой структуры популяций *P. triticina* в 2014–2023 годах указывали на то, что частота встречаемости аллелей генов вирулентности, комплементарных генам устойчивости (набор из 42 моногенных линий пшеницы), практически не менялась. Ежегодно с высокой частотой (90…100 %) популяции патогена проявляли вирулентность к линиям пшеницы с генами устойчивости: *Lr1, Lr2c, Lr3a, Lr3bg, Lr3ka, Lr10, Lr11, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr16, Lr17, Lr18, Lr20, Lr21, Lr27+31, Lr30, Lr32, Lr33, Lr39, Lr40, Lr46, LrB*. Во все годы испытаний популяции *P. triticina* сохраняли авирулентность к линиям пшеницы с генами *Lr9, Lr24, Lr41, Lr42, Lr47, Lr51, Lr53*. Что касается линий пшеницы *Lr2b, Lr19, Lr23, Lr25, Lr26, Lr28, Lr29, Lr36, Lr38, Lr44, Lr45*, то вирулентность к ним наблюдалась у 20…60 % проверенных изолятов гриба. Каждый год споровая смесь *P. triticina* для заражения растений в питомнике состояла из 3…4 изолятов гриба, вирулентных в совокупности к 34…35 генам устойчивости пшеницы.

Для создания искусственных инфекционных фонов *P. nodorum* и *Z. tritici* использовали штаммы грибов, выделенные из образцов пшеницы, собранных на территории Центрального региона России. Основными критериями для отбора штаммов *P. nodorum,* используемых для создания искусственного инфекционного фона, служили активность их споруляции и патогенность. Штаммы *Z. tritici,* отбирали по указанным выше критериям, а также по вирулентности к линиям пшеницы с генами устойчивости *Stb1, Stb2, Stb3, Stb4, Stb5, Stb6, Stb7, Stb8* [8, 13].

В результате скрининга в инфекционном питомнике 807 образцов яровой мягкой пшеницы определён характер устойчивости каждого из них к возбудителям септориоза, бурой и стеблевой ржавчины. Основным критерием оценки устойчивости у образцов пшеницы к этим болезням в поле служил показатель интенсивности поражения растений. Резистентность к патогенам обуславливается и количественными, и качественными признаками, т. е. наличием в генотипе сорта генов, отвечающих за специфический и неспецифический типы устойчивости [14, 15]. По нашим наблюдениям в полевых условиях, устойчивость к септориозу обычно проявлялась количественными признаками, контролируемыми олиго- или полигенной системой. Необходимо заметить, что включение в селекционные программы качественных генов, т. е. специфической устойчивости, против септориоза имеет существенный недостаток – сопротивление одного гена пшеницы легко преодолевается быстро эволюционирующими популяциями патогена. Так, например, гены *Stb1* и *Stb4* потеряли эффективность за короткий промежуток времени [16].

Интерпретация результатов оценки устойчивости к септориозу осложнена тем, что гриб, проявляясь на растениях пшеницы в фазы флаг-листа и колоса (молочная спелость), демонстрирует противоречивые значения по интенсивности поражения. Так, при наличии благоприятных условий погоды формирование обильной вегетативной массы способствует высокой интенсивности развития гриба. При образовании генеративных органов пшеницы септориоз может переходить на колос. И здесь интенсивность развития болезни зависит от ряда причин, где основными являются погодные условия и фаза спелости колоса.

В связи с этим устойчивость к болезни у образцов пшеницы описывали по средним значениям показателя интенсивности поражения в стадии флаг-листа и молочной спелости. Следует отметить, что за годы исследований не было обнаружено образцов пшеницы с высокой устойчивостью (RR, 0…5 %) к *P. nodorum* и *Z. tritici,* а частота встречаемости образцов пшеницы с интенсивностью поражения от 10 % до 15 % (R) оказалась достаточно низкой. Слабовосприимчивыми к септориозу оказались

54 образца пшеницы, интенсивность поражения растений составляла в среднем 25 %. Именно поэтому, как в полевых, так и лабораторных исследованиях нами отбирались образцы пшеницы, заболевание на которых проявлялось в ограничении формирования пикнид и задержке распространения гриба в тканях. Из этого следует, что приемлемый уровень защиты от септориоза обеспечивали образцы пшеницы с признаками замедленного развития болезни.

Устойчивость образцов яровой пшеницы зависит от генов, влияющих на проявление качественных (специфическая резистентность) и количественных (неспецифическая устойчивость, замедленное развитие болезни) признаков. Так, на образцах яровой пшеницы с высокой устойчивостью к бурой ржавчине, интенсивность поражения которых составляла от 0 % до 10 %, она, скорее всего, была связана с действием «главных» генов (major genes). Наряду с иммунными и высоко устойчивыми обнаружены образцы, у которых на протяжении вегетации интенсивность поражения не превышала 25…30 %. Возможно, признаки неспецифической устойчивости, при которых создаётся умеренный или слабый эффект развития болезни (slow rusting) на растениях, – результат воздействия нескольких «малых» генов. Найдены образцы пшеницы с признаками возрастной устойчивости – восприимчивые к бурой ржавчине в фазе первого настоящего листа, но проявляющие резистентность к болезни в фазе флаг-листа.

Интерес представляют образцы яровой пшеницы, устойчивые одновременно к нескольким патогенам (таблица 2). За период исследований в коллекции ВИР были отобраны 96 образцов яровой мягкой пшеницы с такими свойствами. Причём некоторые из этих образцов проявляли специфический тип устойчивости к одному-двум патогенам и неспецифический – к другим.

Таблица 2 – Перечень образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, обладающих устойчивостью к вредоносным болезням
Table 2 – List of spring soft wheat samples from the VIR collection that are resistant to harmful diseases

Оригинатор	Образцы пшеницы, проявившие устойчивость к болезням		
	Septoria sp., Puccinia triticina	*Septoria sp., Puccinia triticina, Puccinia graminis*	*Puccinia triticina, Puccinia graminis*
Восточная Европа	Польша: 66703 Oparka Россия: 66733 RL-3, 67245 Новосибирская 49, 67319 Ирвита, 67423 Беляна, 67317 Гонец, 67331 Нива 55, 67333 Аист 45, 67332 Силантий, 67344 Столыпинская	Польша: 67091 Raweta Россия: 67434 Наставник, 66737 СФР 32338-1-17-1, 66738 СФР 135-17-16-15, 66734 RL-6-8, 67323 Старт 1, 65241 Альмата, 66239 Экада 90, 65246, 67316 Ворожея Украина: 65257 Вишиванка	Россия: 65250 Ульяновская 100, 66209 ЛТ-5, 65246 Черноземноуральская 2, 65454 Тулайковская 110 Украина: 65270 Сперанса
Западная Европа	Великобритания: 67073 Granary Германия: 66719 Bryza, 65821 КВС Аквилон Греция: 66722 Aiges Испания: 66698 Ombu Швейцария: 67113 Altare, 67117 Partyzan Швеция: 66715 Polkka Франция: 67097 Sensas	Бельгия: 67069 Olivart Великобритания: 67074 KWS Alderon, 67077 Zircon, 67078 KWS Kilburn, 67075 KWS Bittern, 67076 KWS Willow, 67570 KWS Talisker, 67070 Belvoir, 67071 Ashby Германия: 67089 Luteus, 65262 Naxos, 65445 Кампанин, 67248 Belukha Португалия: 66711 Sever, 66710 Roxo Швейцария:66704 Balmi, 67115 Curry	Великобритания: 67079 KWS Westfield Германия: 67088 KWS Buran Греция: 65470 Elissavet Швейцария: 67108 CH Matro, 67109 Prosa, 67116 Batalj

Продолжение таблицы 2

Восточная Азия	Китай: 65277 China 15, 67262 Chuan 82-10629, 65813 Jin Mai 71, 65815 Yan shi 4 Hao, 65812 Jin Mai 2148	Китай: 66197 Long Fu 8	Китай: 65472 Ke Feng 10, 66194 Lankao Aizhao 8, 66198 LongFu 9, 66201 Long Fu 040562, 66249 Ling Nong 14
Южная Азия		Пакистан: 65280	Индия: 66246 DL 803-2
Западная Азия		Сирия: 65455 Cham 8, 65457 Babaga 3, 65458 Qimma 8	Сирия: 65456 Cham 10
Центральная Азия		Казахстан: 67464 Торнадо 22, 65267 Ишимская 92	Кыргызстан: 66707 Данк
Африка	Ливан: 65119	Алжир: 66212 Египет: 65111 Ливан: 60804 Salamouni Seafoam ЮАР: 66254 Karee	Марокко: 65274
Северная и Центральная Америка	США: 65839 SSL 19-24	Канада: 65463 NIL Thatcher Lr22, 66210 NIL Thatcher Lr45 Мексика: 65441 Jupateco 73-R США: 65468 SSL 89-90	Канада: 65459 AC Glenavon, 66207 NIL Thatcher Lr35, 66208 NIL Thatcher Lr38, 65462 606
Австралия		Австралия: 65263 Yitpi, 65437 NIL Avocet S Yr18, 66211 Line Sr32	

Образцы яровой мягкой пшеницы, устойчивые к экономически значимым болезням, рекомендованы для экспрессии генов с помощью молекулярных ДНК-маркеров. Этот метод применим для идентификации и оценки эффективности групп генов, обеспечивающих защиту пшеницы от возбудителей болезней. В качестве примера приводятся результаты поиска генов устойчивости к возбудителям стеблевой ржавчины и септориоза в нескольких сортах яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР. Так, методом молекулярно-генетического маркирования в сортах озимой и яровой пшеницы были определены гены возрастной устойчивости к *P. graminis* f. sp. *tritici*: Экада (*Sr15, Sr57*), Злата (*Sr15, Sr22*), Любава (*Sr57)*, Сударыня (*Sr2*), Каменка (*Sr15*) [17]. В 2022–2023 годах при использовании метода молекулярно-генетического маркирования стали известны гены устойчивости к возбудителю *Zimoseptoria tritici* в образцах яровой мягкой пшеницы Лидер 80 (*Stb2, Stb5),* Астана 2, (*Stb2, Stb5*) Силантий (*Stb2, Stb5*), Лютесценс 123-13 (*Stb2, Stb5*), Степнодар 90 (*Stb5, Stb8*), Лютесценс ШТ-335 (*Stb5, Stb8*), Силач (*Stb5*), ГВК 2097/14 (*Stb8*).

Выводы

Таким образом, в результате иммунологических испытаний, выполненных в 2014–2023 гг. в условиях инфекционного питомника ВНИИФ (Московская обл.), из 807 образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР отобраны 96, которые можно использовать в селекции в качестве потенциальных источников устойчивости к вредоносным болезням. Особое внимание уделяют образцам яровой пшеницы, обладающим устойчивостью к двум–трём болезням одновременно. Среди них – образцы отечественной селекции (Альмата, Экада 90, Ульяновская 100, Тулайковская 110, ЛТ-5, Чернозёмноуральская 2 и др.) и зарубежной селекции (KWS Alderon, Zircon, KWS Kilburn, Granary, Luteus, Raweta, Sever и др.). Значение оценки образцов пшеницы в условиях искусственных инфекционных фонов трудно переоценить, поскольку они соответствуют данным, полученным в условиях естественных эпифитотий и позволяют выявлять потенциальную и устойчивую устойчивость к заболеваниям, что в итоге способствует ускорению селекционного процесса.

Список источников

1. FAO. Statistics Division. 2023. http://faostat.fao.org. Accessed: 2023.

2. Guarin J. R. Evidence for increasing global wheat yield potential / J. R. Guarin, P. Martre, F. Ewert, et al. // Environmental Research Letters. 2022. V. 17. № 12. P. 1–13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca77c

3. Адонина И. Г., Леонова И. Н., Бадаева Е. Д., Салина Е. А. Генотипирование сортов мягкой пшеницы разных регионов России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20 (1). С. 44–50. https://doi.org/10.18699/VJ16.107

4. Patpour M. Wheat Stem Rust Back in Europe: Diversity, Prevalence and Impact on Host Resistance / M. Patpour, M. S. Hovmøller, J. Rodriguez-Algaba, et al. // Front Plant Sci. 2022. V. 2. № 13. P. 882440. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882440

5. Сколотнева Е. С., Лаприна Ю. В., Баранова О. А., Коломиец Т. М., Киселева М. И., Кельбин В. Н., Салина Е. А. Характеристика популяций *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, существующих на мягкой пшенице в Поволжском и Центральном регионах России, по микросателлитным локусам // Генетика растений. Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 9. № 4. С. 201–208. https://doi.org/10.18699/LetersVJ-2023-9-23

6. Jin Y., Szabo L. J., Pretorius Z. A., Singh R. P., Ward R., Fetch T. Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* // Plant Disease. 2008. № 92 (6). P. 923–926. https://doi.org/10.1094/PDIS-92-6-0923

7. Плотникова Л. Я., Мешкова Л. В., Гультяева Е. И., Митрофанова О. П., Лапочкина И. Ф. Тенденция преодоления устойчивости к бурой ржавчине интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом Aegilops speltoides Tausch // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (5). С. 560–567. https://doi.org/10.18699/VJ18.395

8. Rahmatov M., Otambekova M., Muminjanov H., Rouse M. N., Hoymoller M. S., Nazari K., Steffenson B. J., Johansson E. Characterization of stem, stripe and leaf rust resistance in Tajik bread wheat accessions // Euphytica. 2019. V. 215. P. 55. https://doi.org/10.1007/s10681-019-2377-6

9. Коломиец Т. М., Пахолкова Е. В., Дубовая Л. П. Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. Методические рекомендации. М.: Печатный город, 2017. 56 с.

10. Figlan S., Ntushelo K., Mwadzingeni L., Terefe T., Tsilo T. J., Shimelis H. Breeding Wheat for Durable Leaf Rust Resistance in Southern Africa: Variability, Distribution, Current Control Strategies, Challenges and Future Prospect // Front. Plant Sci. 2020. № 11. P. 549. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00549

11. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Кузьмин О. Г. Скрининг сортов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ к бурой и стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири // Вестник Казанского ГАУ. 2017. № 4 (46) С. 61–65. https://doi.org/10.12737/article_5a5f06807861a9.60475518

12. Коваленко Е. Д., Коломиец Т. М., Киселева М. И., Жемчужина А. И., Смирнова Л. А., Щербик А. А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине. М.: РС дизайн, 2012. 93 с.

13. Жогалева О. С., Мышастая А. Ю., Павленко О. С., Вожжова Н. Н., Ионова Е. В. Изучение коллекционного материала озимой твердой пшеницы на наличие гена устойчивости к септориозу Stb2 // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6. С. 51–55. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-51-55

14. Phan H. T., Rybak K., Bertazzoni S., Furuki E., Dinglasan E., Hickey L. T., Oliver R. P., Tan K. C. Novel source of resistance to SNB in the Vavilov wheat collection identified by genom-wide association studies // Teoretical and Applied Genetics. 2018. № 6. P. 1223–1238. https://doi.org/10.1007/s00122-018-3073

15. Bakulina A. V., Kharina A. V., Shirokih A. A. *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* blotch of wheat: genetic control of host resistance (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2020. № 2. P. 26–35. https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-2-026-035

16. Yang N., McDonald M. C., Solomon P. S., Milgate A. W. Genetic mapping of *Stb19*, a new resistance gene to *Zymoseptoria tritici* in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2018. № 131. P. 2765–2773. https://doi.org/10.1007/s00122-018-3189

17. Сколотнева Е. С., Лаприна Ю. В., Киселева М. И., Кельбин В. Н., Коломиец Т. М. Идентификация Sr генов возрастной устойчивости в отечественных сортах мягкой пшеницы методом молекулярно-генетического маркирования // Генетика растений. Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 10. № 3. С. 94–99. https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-17

References

1. FAO. Statistics Division. 2023. http://faostat.fao.org. Accessed: 2023.

2. Guarin JR. Evidence for increasing global wheat yield potential / JR Guarin, P Martre, F Ewert, et al. // *Environmental Research Letters*. 2022;17:12:1–13. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca77c

3. Adonina IG, Leonova IN, Badaeva ED, Salina EA. Genotyping of soft wheat varieties from different regions of Russia [Genotipirovanie sortov myagkoi pshenitsy raznykh regionov Rossii] // *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20:1:44–50. (In Russ). https://doi.org/10.18699/VJ16.107

4. Patpour M. Wheat Stem Rust Back in Europe: Diversity, Prevalence and Impact on Host Resistance / M Patpour, MS Hovmoller, J Rodriguez-Algaba, et al. // *Front Plant Sci*. 2022;2:13:882440. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882440

5. Skolotneva ES, Laprina YuV, Baranova OA, Kolomiets TM, Kiseleva MI, Kelbin VN, Salina EA. Characteristics of Puccinia graminis f. sp. tritici populations existing on soft wheat in the Volga and Central regions of Russia by microsatellite loci [Kharakteristika populyatsii Puccinia graminis f. sp. tritici, sushchestvuyushchikh na myagkoi pshenitse v Povolzhskom i Tsentral'nom regionakh Rossii, po mikrosatellitnym lokusam] // *Plant genetics. Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;9:4:201–208. (In Russ). https://doi.org/10.18699/LetersVJ-2023-9-23

6. Jin Y, Szabo LJ, Pretorius ZA, Singh RP, Ward R, Fetch T. Detection of virulence to resistance gene Sr24 within race TTKS of Puccinia graminis f. sp. tritici // *Plant Disease*. 2008;92:6:923–926. https://doi.org/10.1094/PDIS-92-6-0923

7. Plotnikova LYa, Meshkova LV, Gultyaeva EI, Mitrofanova OP, Lapochkina IF. The tendency to overcome the resistance to brown rust of introgressive lines of soft wheat with the genetic material Aegilops speltoides Tausch [Tendentsiya preodoleniya ustoichivosti k buroi rzhavchine introgressivnykh linii myagkoi pshenitsy s geneticheskim materialom Aegilops speltoides Tausch] // *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22:5:560–567. (In Russ). https://doi.org/10.18699/VJ18.395

8. Rahmatov M, Otambekova M, Muminjanov H, Rouse MN, Hoymoller MS, Nazari K, Steffenson BJ, Johansson E. Characterization of stem, stripe and leaf rust resistance in Tajik bread wheat accessions // *Euphytica*. 2019;215:55. https://doi.org/10.1007/s10681-019-2377-6

9. Kolomiets TM, Pakholkova EV, Dubovaya LP. Selection of the starting material for the creation of wheat varieties with long-term resistance to septoria. Methodological recommendations [Otbor iskhodnogo materiala dlya sozdaniya sortov pshenitsy s dlitel'noi ustoichivost'yu k septoriozu. Metodicheskie rekomendatsii]. Moscow: Pechatny Gorod, 2017;56. (In Russ).

10. Figlan S, Ntushelo K, Mwadzingeni L, Terefe T, Tsilo TJ, Shimelis H. Breeding Wheat for Durable Leaf Rust Resistance in Southern Africa: Variability, Distribution, Current Control Strategies, Challenges and Future Prospect // *Front. Plant Sci*. 2020;11:549. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00549

11. Shamanin VP, Pototskaya IV, Kuzmin OG. Screening of KASIB spring soft wheat varieties for brown and stem rust in Western Siberia [Skrining sortov yarovoi myagkoi pshenitsy pitomnika KASIB k buroi i steblevoi rzhavchine v usloviyakh Zapadnoi Sibiri] // *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2017;4:46:61–65. (In Russ). https://doi.org/10.12737/article_5a5f06807861a9.60475518

12. Kovalenko ED, Kolomiets TM, Kiseleva MI, Zhemchuzhina AI, Smirnova LA, Shcherbik AA. Methods of evaluation and selection of source material in the creation of wheat varieties resistant to brown rust [Metody otsenki i otbora iskhodnogo materiala pri sozdanii sortov pshenitsy ustoichivykh k buroi rzhavchine]. Moscow: RS design, 2012;93. (In Russ).

13. Zhogaleva OS, Myshastaya AYu, Pavlenko OS, Vozhzhova NN, Ionova EV. Study of winter durum wheat collection material for the presence of the septoria resistance gene Stb2 [Izuchenie kollektsionnogo materiala ozimoi tverdoi pshenitsy na nalichie gena ustoichivosti k septoriozu Stb2] // *Grain farming in Russia*. 2020;6:51–55. (In Russ). https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-51-55

14. Phan HT, Rybak K, Bertazzoni S, Furuki E, Dinglasan E, Hickey LT, Oliver RP, Tan KC. Novel source of resistance to SNB in the Vavilov wheat collection identified by genom-wide association studies // *Teoretical and Applied Genetics*. 2018;6:1223–1238. https://doi.org/10.1007/s00122-018-3073

15. Bakulina AV, Kharina AV, Shirokih AA. Septoria tritici and Stagonospora nodorum blotch of wheat: genetic control of host resistance (review) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2020;2:26–35. https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-2-026-035

16. Yang N, McDonald MC, Solomon PS, Milgate AW. Genetic mapping of Stb19, a new resistance gene to Zymoseptoria tritici in wheat // *Theoretical and Applied Genetics*. 2018;131:2765–2773. https://doi.org/10.1007/s00122-018-3189

17. Skolotneva ES, Laprina YuV, Kiseleva MI, Kelbin VN, Kolomiets TM. Identification of Sr genes of age-related resistance in domestic soft wheat varieties by molecular genetic labeling [Identifikatsiya Sr genov vozrastnoi ustoichivosti v otechestvennykh sortakh myagkoi pshenitsy metodom molekulyarno-geneticheskogo markirovaniya] // *Plant genetics. Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024;10:3:94–99. (In Russ). https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-17

Информация об авторах

Т. М. Коломиец – кандидат биологических наук;
М. И. Киселёва – кандидат биологических наук;
Е. В. Пахолкова – кандидат биологических наук;
Н. С. Жемчужина – кандидат биологических наук;
Н. Н. Сальникова – младший научный сотрудник;
С. Ю. Белякова – младший научный сотрудник.

Статья поступила в редакцию 16.07.2025; одобрена после рецензирования 22.07.2025; принята к публикации 28.07.2025

Information about the authors

T. M. Kolomiets – Candidate of Biological Sciences;
M. I. Kiseleva – Candidate of Biological Sciences;
E. V. Pakholkova – Candidate of Biological Sciences;
N. S. Zhemchuzhina – Candidate of Biological Sciences;
N. N. Salnikova – Junior Research Fellow;
S. Y. Belyakova – Junior Research Fellow.

The article was submitted 16.07.2025; approved after reviewing 22.07.2025; accepted for publication 28.07.2025