

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫМ БОЛЕЗНЯМ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ*

Е.И. Гультаева¹, доктор биологических наук, В.А. Тюнин², доктор сельскохозяйственных наук,
Е.Р. Шрейдер², кандидат сельскохозяйственных наук, И.Ю. Кушниренко², кандидат биологических наук,
Е.Л. Шайдаюк¹, Н.М. Коваленко¹, кандидат биологических наук,
Н.П. Бондаренко², кандидат сельскохозяйственных наук, М.А. Колесова³, кандидат биологических наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608, Санкт-Петербург-Пушкин, ш. Подбельского, 3,
E-mail: eigulyaeva@gmail.com

²Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
456404, Челябинская обл., Чебаркульский район, п. Тимирязевский, ул. Чайковского, 14
³Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42

Изучали устойчивость к листовостебельным болезням у 14 перспективных линий яровой мягкой пшеницы, созданных в Челябинском НИИ сельского хозяйства (ЧНИИСХ) с использованием доноров, несущих чужеродный генетический материал. Оценку устойчивости к болезням (бурая, стеблевой ржавчине, септориозу, пиренофорозу) проводили на инфекционном участке ЧНИИСХ в 2019 г. с момента появления первых симптомов. В лабораторных условиях изучили ювенильную устойчивость линий в фазе проростков. С использованием молекулярных маркеров идентифицировали гены устойчивости к бурой (Lr) и стеблевой (Sr) ржавчинам. В полевых условиях высокий уровень групповой устойчивости к ржавчинам и пятнистостям показали линии Эритроспермум (Эр.). 26620, Лютесценс (Лют.) 26708, Ферругинеум (Ферр.) 26768 и Эр. 26762. Линии Лют. 26708 и Ферр. 26768 также были устойчивы в фазе проростков. У 79 % изученных линий отмечена устойчивость к бурой и стеблевой ржавчинам в фазе проростков и взрослых растений. С использованием молекулярных маркеров у них выявлены высокоэффективные гены LrSp и Lr24/Sr24, которые встречались по отдельности или в комплексе с малоэффективными генами Lr1, Lr3, Lr10, а также эффективные в защите от бурой ржавчине комбинации генов Lr9+Lr26/Sr31 и Lr21+Lr34/Sr57. Исследованные линии характеризовались комплексом хозяйственно-ценных признаков (устойчивость к полеганию, качество зерна, урожайность). По совокупности показателей хозяйственно-ценных признаков и групповой устойчивости к болезням выделена линия Ферр. 26768 с комбинацией генов Lr34/Sr57+Lr21+Lr10, ранее не использовавшихся в селекции пшеницы в России.

BREEDING OF SPRING BREAD WHEAT FOR RESISTANCE TO FOLIAR DISEASES IN THE SOUTHERN URAL

Gulyaeva E.I.¹, Tyunin V.A.², Shreyder E.R.², Kushnirenko I.Yu.²,
Shaydayuk E.L.¹, Kovalenko N.M.¹, Bondarenko N.P.², Kolesova M.M.³

¹All-Russian Institute of Plant Protection,
196608, St.Petersburg-Pushkin, shosse Podbelskogo, 3
E-mail: eigulyaeva@gmail.com

²Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture,
456404, Chelyabinskaya obl., Chebarkul'skiy r-n, pos. Timiryazevskiy, ul. Chaikovskogo, 14
³Federal research center "Vavilov all-Russian Institute of Plant Genetic Resources" (VIR),
190000, St.Petersburg, ul. Bol'shaya Morskaya, 42

Resistance to foliar diseases was studied for 14 advanced bread spring wheat lines developed in the at the Chelyabinsk Research Institute of Agriculture. Wheat lines were received using donors with alien genetic materials. Diseases assessment (leaf and stem rust, Paragonospora nodorum leaf blotch, tan spot) studied at the adult plant stage in the infection nursery of the Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture in 2019 and in the seedling stage in laboratory. By molecular markers resistance genes to leaf (Lr) and stem (Sr) rust were identified. Line Er. 26620, Lut. 26708, Ferr. 26768 and Er. 26762 showed the high level of multiple resistance. While lines Lut. 26708 and Ferr. 26768 also were resistant at the seedling stage. The most of studied lines (79%) were resistant to leaf and stem rust during all vegetation. By molecular markers the highly effective genes LrSp and Lr24/Sr24 occurring in single or in complex with noneffective genes Lr1, Lr3, Lr10, and also effective combination of genes Lr9+Lr26/Sr31 and Lr21+Lr34/Sr57 were found. The studied lines along with diseases resistance are promising in terms of a set of economically valuable attributes (lodging resistance, grain quality, yield). Based on a combination economically valuable traits and multiple resistance to pathogens the line Ferr.26768 with a combination of the genes Lr34/Sr57 + Lr21 + Lr10 not previously used in breeding in Russia was selected.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, пятнистости, септориоз, пиренофороз, гены устойчивости

Key words: *Triticum aestivum*, leaf rust, stem rust, spots, septorios, tan spot, resistance genes

Яровая мягкая пшеница – ведущая зерновая культура на Южном Урале. На ее долю приходится более 40 % посевных площадей региона. Важные факторы, лимитирующие производство пшеницы, – засуха и

поражение болезнями, среди которых экономически значима бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.). В годы эпифитотии потери урожая от этого заболевания могут превышать 30 % [1]. Начиная

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-016-00052 а

с 2010 г., в регионе происходит нарастание других листостебельных болезней – стеблевой ржавчины (*P. graminis* f.sp. *tritici* Eriks. et Henn) и пятнистостей (септориоз (*Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl. = *Septoria nodorum*), пиренофороз (желтая пятнистость, *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler).

Актуальная проблема современной селекции мягкой пшеницы – расширение генетического разнообразия по устойчивости к биотическим и абиотическим стрессовым факторам. В Челябинском НИИ сельского хозяйства (ЧНИИСХ) проводится целенаправленный отбор на устойчивость к этим факторам с привлечением доноров чужеродных транслокаций и генов устойчивости. В 1980-1990-х гг. активно использовались доноры гена *Lr9* (= *LrTr*), интродуцированного от *Aegilops umbellulata* [2]. Широкое распространение сортов с *Lr9* (Дуэт, Челябин 2, Памяти Рюба, Челябин юбилейная, Челябин ранняя, Челябин степная) на Южном Урале привело к появлению в 2007 г. новых вирулентных рас [3]. Для продления срока «полезной жизни» гена *Lr9* были предприняты попытки найти его эффективные комбинации с другими *Lr*-генами. Результатом этих исследований стал сорт яровой мягкой пшеницы Силач, несущий сочетание генов *Lr9* и *Lr26*. По отдельности они не обуславливают защиты от бурой ржавчины в условиях Южного Урала, но их пирамидирование при этом эффективно. Обусловлена такая ситуация тем, что в популяциях *P. triticina*, изоляты вирулентные к обоим этим генам или отсутствуют, или редко встречаются [4].

В 2012 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ [5] был включен сорт Челябин 75, впервые созданный с использованием линии типа «кукушки» с транслокацией от *Aegilops speltoides* Zhuk [6]. С использованием молекулярных маркеров [2] показано, что сорт Челябин 75 защищен геном *LrSp*, который отличается от ранее перенесенных в мягкую пшеницу от *Ae. speltoides* (*Lr28*, *Lr35*, *Lr47*, *Lr51*) [7]. Ген *LrSp* обеспечивает высокий иммунитет к бурой ржавчине в условиях Южного Урала и других регионов России в течение длительного периода.

В Государственном реестре селекционных достижений РФ для возделывания в Уральском регионе [5] рекомендовано 68 сортов яровой мягкой пшеницы, в том числе 9 сортов селекции ЧНИИСХ (Эритроспермум 59, Дуэт, Челябин 2, Челябин юбилейная, Челябин степная, Челябин 75, Уральская кукушка, Челябин ранняя, Силач). При этом несомненные лидеры по распространению в Челябинской области – сорт Челябин 75 (119,5 тыс. га, или почти 25 % всех сортовых посевов пшеницы), Эритроспермум 59 и Дуэт (37 и 35 тыс. га соответственно).

Для расширения генетического разнообразия культурных сортов пшеницы в ЧНИИСХ привлекают новых доноров с генетическим материалом видов *Secale cereale* L., *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv., *Agropyron intermedium* (Host) Beauv., *Ae. tauschii* (Coss.) Schmalh., *Triticum ventricosum* (Tausch) Ces. Pas. and Gib. и др. Создан перспективный селекционный материал, который в недалеком будущем может стать альтернативой современному сортименту пшеницы, возделываемому на Южном Урале. Для ускорения селекционного процесса с 2015 г. используются молекулярные технологии, что позволяет отбирать генотипы с определенными сочетаниями генов.

Цель наших исследований – характеристика устойчивости перспективных линий яровой мягкой пшеницы, созданных в ЧНИИСХ, к листостебельным болезням, и изучение их генетического разнообразия с использованием молекулярных маркеров.

Методика. В исследования были включены 14 перспективных линий яровой мягкой пшеницы. Линии Лютесценс (Лют.) 26534, Эритроспермум (Эр.) 26596, Эр. 26620 отобраны по результатам конкурсного сортоиспытания в 2019 г., линии Мильтурум (Мильт.) 26690, Лют. 26708, Лют. 26720, Эр. 26725, Эр. 26762, Ферругинеум (Ферр.) 26727, Ферр. 26757, Ферр. 26768, Ферр. 26770, Ферр. 26774, Эр. 26775 – по результатам изучения в контрольном питомнике. В качестве стандартов использовали районированные сорта Эритроспермум 59, Дуэт, Челябин 2 и Челябин 75.

Оценку устойчивости образцов пшеницы к листостебельным болезням проводили начиная с момента появления первых симптомов болезней на селекционном участке ЧНИИСХ в 2019 г. на искусственном (бурая, стеблевая ржавчина) и естественном (септориоз и пиренофороз) инфекционных фонах. Степень поражения линий бурой и стеблевой ржавчинами по шкале Петерсона [8], пятнистостями – по шкале Saari и Prescott [9].

Метеорологические условия периода вегетации 2019 г. в целом способствовали формированию приемлемого урожая яровой пшеницы, проведению необходимых учетов, наблюдений и селекционных отборов. Запасы влаги на конец апреля были удовлетворительными – в пределах 120-135 мм в слое 0-100 см, что обеспечивало хорошую полевую всхожесть. Летний период характеризовался неравномерным распределением тепла, недобором осадков с мая по август и избытком осадков в сентябре. С мая по август выпало 188,8 мм при норме 231 мм (82 %). ГТК Селянинова за этот же период составил 0,9, при норме 1,3, сумма положительных температур достигла 2055 °С при норме 1839 °С. Наиболее критичными для растений были условия в фазы выхода в трубку и колошения, когда наблюдали высокие температуры и сухость воздуха. Неблагоприятными оказались условия и в период уборки: обильные осадки в сентябре (69,1 мм при норме 40 мм, или 173 % от среднегодовой нормы) вызвали неизбежные потери части урожая и снизили его качество. На естественном инфекционном фоне на восприимчивых контролях развитие пятнистостей листьев превышало 40 %.

Ранее в полевых условиях учеты пятнистостей в ЧНИИСХ осуществляли без разделения на виды (по общему поражению листовой поверхности пятнами), поскольку симптомы желтой пятнистости сложно отличить от септориоза даже специалистам. В 2019 г. впервые провели визуальную оценку поражения изучаемого материала каждым видом пятнистости. Дополнительно для уточнения вида патогена с каждой линии были собраны листья с пятнами и изучены в лабораторных условиях с использованием метода микрокопирования и питательных сред. Такой комплексный подход позволил оценить распространенность пятнистостей этих видов в условиях Южного Урала.

Иммунологические исследования материала в фазе проростков осуществляли в лабораторных условиях Всероссийского НИИ защиты растений.

Устойчивость линий к бурой ржавчине в лабораторных условиях изучали с использованием трех тест-клонов (Pt: k9, k19, k26) и сборной челябинской популяции *P. triticina* (p_Ch). Используемый инокулюм был авирулентен к изогенным линиям Thatcher и сортам с генами *Lr24*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr39*(=41), *Lr45*, *Lr47*, *Lr50*, *Lr51*, *Lr53*, но вирулентен к *Lr1*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr18*, *Lr30*. Варьирование вирулентности между клонами и популяциями

Табл. 1. Устойчивость перспективных линий яровой мягкой пшеницы к листовым болезням (2019 г.)*

Линия	Пораженность в полевых условиях, %				Тип реакции в фазе проростков, балл							Идентифицированные Lr и Sr гены
	стеблевая ржавчина	бурая ржавчина	септориоз	пиренофороз	ржавчин				септориоз	пиренофороз		
					стеблевая	бурая (Pt)						
						k9	k19	k26			p_Ch	
Лют. 26534	1-5 MSS	0	5	1	3-4	3	0-1	3	3	5	3	
Эр. 26596	01 MR	0	5	1	1-2	0	0	0	0	4	3	Lr10 LrSp Lr34/Sr57
Эр.26620	0	0	1	0	1-2	0	0	-	0	5	3	Lr9 Lr10 Lr26/Sr31
Лют. 26708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	Lr3 Lr10 +Lr6Agi2?
Лют. 26720	0	0	5	0	0-1	3	3	3	3	5	2	Lr1 Lr3 Lr10
Мильт.26690	0	0	20	1	0	0	0	0-1-2	0	5	3	Lr1 Lr3 Lr10 +?
Ферр. 26727	0	0	15	1	0-1	0	0	0	0	5	3	Lr10 Lr24/Sr24
Эр. 26725	0	1 MR	5	10	0	0	0	0	0	5	3	Lr24/Sr24
Ферр. 26757	0	0	10	10	-	0	0	0	0	5	3	Lr1 Lr3 Lr10 LrSp
Ферр. 26768	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	Lr10 Lr34/Sr57 Lr21
Ферр. 26770	0	0	5	0	0-1	0-1	0	0	0	3	-	Lr10 Lr34/Sr57 Lr21
Ферр. 26774	0	0	5	0	0	0	0	0-1	0	3	2	Lr10 Lr34/Sr57 Lr21
Эр. 26762	0	0	1	1	0	0	0	0-1	0	5	3	Lr26/Sr31
Эр. 26775	0	0	5	0	0	1-2	0	3	3	4	3	Lr10+?
Эр. 59	10 MS-S	50 S	10	0	3	3	3	3	3	5	3	
Дуэт	30 S	50 S	10	1	3	3	0	0	0	5	3	Lr9 Lr10
Челяба 2	40 S	40 S	5	0	3	3	0	0	0	5	3	Lr9 Lr10
Челяба 75	01 MR	0	10	1	2	0	0	0	0	4-5	2	Lr1 Lr10 LrSp

*реакция на бурую и стеблевую ржавчины: MR – умеренная устойчивость (баллы 1, 2); MS – умеренная восприимчивость (баллы 2, 3), S – восприимчивость (балл 4); септориоз, пиренофороз: баллы 0, 1, 2 – устойчивость, 3 – умеренная восприимчивость, 4, 5 – восприимчивость.

наблюдали на линиях с генами *Lr2a*, *Lr9*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr19*, *Lr20* и *Lr26*. Устойчивость к стеблевой ржавчине оценивали с использованием сборной челябинской популяции *P. graminis*, которая характеризовалась авирулентностью к образцам пшеницы с генами *Sr24*, *Sr25* и *Sr31*. Учет типа реакции к ржавчинам проводили через 8-10 дней после инокуляции с использованием для бурой ржавчины шкалы Майнса и Джексона, для стеблевой – Стэкмана и Левина [8]. Растения с оценками 0, 1, 2 балла относили к устойчивым, 3, 4, X – к восприимчивым.

Устойчивость к септориозу определяли с использованием северо-западной популяции *P. nodorum*, к пиренофорозу – челябинской популяции *P. tritici-repentis* [10]. Тип реакции определяли через 6-7 дней после инокуляции по 5-бальной шкале. Растения с оценкой 1, 2 балла относили к устойчивым; 3 балла – к умеренно-восприимчивым, 4, 5 баллами – к восприимчивым.

Молекулярные маркеры применяли при идентификации следующих генов устойчивости: *Lr1* (маркер WR003), *Lr3* (Xmwg798), *Lr9* (SCS5), *Lr10* (Fi.2245/Lr10-6/r2), *Lr19/Sr25* (SCS265), *Lr20/Sr15* (STS638), *Lr21*(Lr21L/R), *Lr24/Sr24* (Sr24#12, Sr24#50), *Lr25/Pm7* (Lr25F20/R19), 1BL.1RS (*Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*)/1AL.1RS (SCM9), *Lr28* (SCS421), *Lr29* (Lr29F24), *Lr34/Sr57*

(csLV34), *Lr35/Sr39* (Sr39=22), *Lr37/Sr38/Yr17/Pch2/Cre5* (Ventriup/LN2), *Lr41* (GDM35), *Lr47* (PS10), *Lr51* (S30-13L/AGA7-759), *Lr66*(Sp) (S13-R16), *Sr35* (NL9) [11-13] (<https://maswheat.ucdavis.edu/protocols>).

Закладку опытов, учет хозяйственно-полезных признаков, оценку технологических качеств зерна и муки осуществляли по стандартным методикам [14] и ГО-СТам (13586.1-68, 10846-91). Хлебопекарные свойства оценивали при выпечке пробных образцов хлеба [15].

Результаты и обсуждение. В полевых условиях Южного Урала большинство изученных линий были иммунными к бурой и стеблевой ржавчинам (пораженность 0 %). Единичные пустулы *P. tritricina* с умеренно-устойчивым типом реакции (1-2 балла) отмечали на линии Эр. 26725, *P. graminis* – на линии Эр. 26596 (табл. 1). Линия Лют. 26534 при слабом поражении стеблевой ржавчиной (1-5 %) имела восприимчивый тип реакции (3-4 балла). Развитие видов ржавчины на районированных сортах-стандартах варьировало от 10 до 50 %, за исключением сорта Челябин 75 (0 – бурая ржавчина, 0-1MR – стеблевая).

Согласно результатам визуальной диагностики в полевых условиях септориоз характеризовался более высоким развитием и распространением, чем пиренофороз, что подтверждено и в лабораторных исследова-

ниях. Изученные линии различались по устойчивости к указанным видам патогенов. Симптомов септориоза в полевых условиях не наблюдали на линиях Лют. 26708 и Ферр. 26768. Поражение до 1 % отмечено на линиях Эр. 26620 и Эр. 26762, до 5 % – Лют. 26534, Эр. 26596, Лют. 26720, Ферр. 26770, Ферр. 26774, Эр. 26725, Эр. 26775. Максимальное в опыте развитие септориоза (20 %) отмечено на линии Мильт. 26690, на районированных сортах-стандартах величина этого показателя варьировала от 5 до 10 %. В целом устойчивую реакцию к *P. nodorum* (пораженность 0-1 %) продемонстрировали 29 % линий.

Устойчивость линий к пиренофорозу была существенно выше – у 43 % линий симптомов болезни не выявлено, и у такого же количества – пораженность не превышала 1 %. Аналогичные результаты получены для сортов-стандартов. Только на двух линиях Ферр. 26757 и Эр. 26725 развитие пиренофороза достигало 10 %.

В результате полевой оценки выявлены линии Эр. 26620, Лют. 26708, Ферр. 26768 и Эр. 26762 с групповой устойчивостью к болезням (пораженность ржавчинами 0 %, пятнистостями 0-1 %).

В лабораторных условиях в фазе проростков все изученные линии показали устойчивость к челябинской популяции *P. graminis*, за исключением Лют. 26534. Районированные сорта Эритроспермум. 59, Дуэт, Челябинка 2 были восприимчивыми к этому возбудителю. Устойчивость к бурой ржавчине у изучаемых генотипов в фазе проростков оказалась ниже, чем к стеблевой: 78 % линий были резистентными к используемому тест-клонам и популяции *P. triticina*. Восприимчивую реакцию ко всем изолятам отмечали у линии Лют. 26720 и сорта Эритроспермум 59. Варьирование типа реакции наблюдали для линий Лют. 26534, Эр. 26775 и сортов Дуэт, Челябинка 2. Для большинства линий (за исключением Лют. 26720 и Эр. 26775) отмечена корреляция резистентности к бурой ржавчине в фазе проростков и взрослых растений, что указывает на

ювенильный тип их устойчивости и наличие высокоэффективных *Lr*-генов.

В фазе проростков у 11 (79 %) линий отмечали восприимчивую реакцию к возбудителю септориоза (балл 4-5). Умеренно восприимчивую реакцию (балл 3) наблюдали на линиях Лют. 26708, Ферр. 26768, Ферр. 26770, они же характеризовались устойчивостью в полевых условиях. Устойчивость к пиренофорозу была выше – умеренно-устойчивый тип реакции в лабораторных условиях (балл 2) продемонстрировали 28 % образцов.

В результате комплексной оценки устойчивости в фазе проростков и взрослых растений выделены две линии – Лют. 26708, Ферр. 26768 с высоким уровнем групповой устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам, септориозу и пиренофорозу.

С использованием молекулярных маркеров определено высокое генетическое разнообразие селекционных линий по устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам. У них выявлены высокоэффективные гены *LrSp* и *Lr24/Sr24*, по отдельности и в сочетании с малоэффективными генами *Lr1*, *Lr3*, *Lr10*, а также эффективные комбинации ювенильных (*Lr9+Lr26/Sr31*) и возрастных (*Lr21+Lr34/Sr57*) генов (см. табл. 1). У высокоустойчивых к ржавчинам линий Лют. 26720, Мильт. 26690, Эр. 26762, Эр. 26775 идентифицированы только малоэффективные гены *Lr1*, *Lr3*, *Lr10*, *Lr26* по отдельности или в разных комбинациях. Это предполагает наличие у них дополнительных генов, отличных от идентифицируемых.

Вероятный источник генов *Lr24* и *Sr24* у линий Эритр. 26725 и Ферр. 26727 – линия, отобранная из гибридной популяции № 208 (Омская 19/3/ВАВАХ/ LR 42//ВАВАХ/4/ Омская 33), которую изучали в рамках 6-го Казахстанского питомника челночной селекции в 2007 г. Источником гена *Lr21* у линий Ферр. 26768, Ферр. 26770, Ферр. 26774 служит синтетический амфидиплоид, созданный с участием *Ae. tauschii* Coss. (Cros.1/*Ae.squarrosa*/Opata/3/Pastor/4/Яру). Эф-

Табл. 2. Показатели хозяйственно-ценных признаков и качества зерна (2019 г.)

	Урожайность, ц/га	Устойчивость к полеганию, балл	Продолжительность вег. периода, суток	Масса 1000 зерен, г	Содержание, %		ИДК, ед	Сила муки, е.а.	Натура, г/л
					белка	клейковины			
Лют. 26534	31,4	5	82	37,7	11,7	26,4	90	247	789
Эр. 26596	28,7	5	85	38,7	10,4	24,2	81	260	797
Эр. 26620	27,9	5	83	38,2	11,4	26,2	85	232	777
Лют. 26708	27,2	5	87	35,1	17,6	35,2	100	257	817
Лют. 26720	38,1	5	86	37,5	14,3	28,7	86	205	789
Мильт. 26690	34,2	5	87	43,6	13,1	26,3	81	204	807
Ферр. 26727	33,1	5	86	37,8	15,2	30	108	255	812
Ферр. 26757	29,9	5	83	37,5	14,6	30,5	92	309	765
Ферр. 26768	32,0	5	81	45,7	14,3	29,3	95	286	785
Ферр. 26770	30,0	5	86	51,5	17,1	32	90	348	789
Ферр. 26774	33,0	5	86	48,4	16,0	32,4	90	274	785
Эр. 26725	35,8	5	86	39,2	15,6	31,2	99	219	797
Эр. 26762	37,3	5	89	41,8	14,7	30,7	97	125	798
Эр. 26775	41,9	5	91	37,6	12,3	25,6	93	225	796
Эр. 59	37	5	87	37,8	13,0	29,4	91	241	784
Дуэт	34,4	4,5	82	38,4	11,4	25,8	85	217	778
Челяба 2	27,6	4,5	81	36,2	15,6	32,4	95	219	767
Челяба 75	29	5	86	36,5	13,2	29,0	88	226	772

фективность гена *Lr21* в России варьирует по регионам. Можно предположить, что пирамидирование гена *Lr21* с геном возрастной устойчивости *Lr34*, эффективно в защите от бурой ржавчины.

У линии Лют. 26708 с высоким уровнем групповой устойчивости, созданной с участием сортов Новосибирская 15 и Тулайковская 10, определены только малоэффективные гены *Lr1* и *Lr10*. Сорт Тулайковская 10 характеризуется высокой устойчивостью к бурой ржавчине и несет ген *Lr6Agi* от *Ag. intermedium* [16]. На основании анализа родословной можно предположить наличие этого гена у линии Лют. 26708.

У устойчивой к ржавчинам линии Эр. 26775 определен один малоэффективный ген *Lr10*. В ее родословной присутствует сорт Чебаркульская, созданный в ЧНИИСХ и устойчивый к ржавчинам. Ранее было показано, что *Lr*-гены у сорта Чебаркульская отличаются от известных эффективных генов, для которых подобраны молекулярные маркеры.

Перспективные линии, наряду с устойчивостью к болезням, характеризовались комплексом хозяйственно-ценных признаков (табл. 2). У всех генотипов отмечена высокая устойчивость к полеганию (5 баллов). По урожайности они были сопоставимы со стандартными сортами. При этом Лют. 26708, Ферр. 26770, Ферр. 26774 отличались высоким содержанием белка и клейковины в зерне, хорошей силой муки. Наиболее перспективна для передачи на Государственное сортоиспытание по совокупности признаков линия Ферр. 26768 с устойчивостью к ржавчинам и пятнистостям, а также другие линии этой группы (Ферр. 26770, Ферр. 26774).

Таким образом, по результатам проведенных исследований выявлен перспективный селекционный материал, устойчивый к болезням и обладающий комплексом хозяйственно-ценных признаков. Идентифицированные гены устойчивости к бурой ржавчине ранее не встречались не только у сортов селекции ЧНИИСХ, но и у других российских сортов. Распространение новых генотипов будет способствовать расширению генетического разнообразия сортов яровой пшеницы, возделываемых на Южном Урале и улучшению фитопатологической ситуации в регионе.

Литература.

1. Тюнин В.А., Шрейдер Е.Р. Особенности технологии селекции мягкой яровой пшеницы на устойчивость к углеводно-белковому истощению семян и другим стрессам в условиях Южного Урала. Челябинск: ГНУ Челябинский науч.-исслед. ин-т сельского хозяйства, 2010. 119 с.
2. Характеристика вирулентности популяций *Triticum aestivum* и перспективы использования генов *Lr24*, *Lr25*, *LrSp* в селекции яровой мягкой пшеницы на Южном Урале / В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, Е.И. Гуляева и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. Вып. 5. С. 523–529. DOI: 10.18699/VJ17.269.
3. Вирулентность патотипов возбудителя бурой ржавчины пшеницы к ТН LR 9 в регионах Сибири и Урала / Л.В. Мешкова, Л.П. Россеева, Е.Р. Шрейдер и др. // Вторая Всероссийская конференция. Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. СПб.: ВИЗР, 2008. С. 70–73.
4. Мониторинг вирулентности и фенотипического состава популяции *Triticum aestivum* на Южном Урале в 2018 году / Е.И. Гуляева, Е.Р. Шрейдер, Е.Л. Шайдаюк и др. // Вестник защиты растений. 2019. № 2. С. 28–33.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. Т. 1. 680 с.
6. Одицова И.Г., Агафонова Н.А., Богуславский Р.Л. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с устойчивостью к бурой ржавчине, переданной от *Aegilops speltoides* // Исходный материал и проблемы селекции пшеницы и тритикале: сб. науч. тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. Л.: ВИР, 1991. Т. 142. С. 106–110.
7. Catalogue of gene symbols for wheat: supplement 2018 / R.A. McIntosh, J. Dubcovsky, W.J. Rogers, et al. // Annual wheat newsletter, 2018. Vol. 64. P. 84–86.
8. McIntosh R.A., Wellings C.R., Park R.F. Wheat rusts. An atlas of resistance genes. CSIRO Australia, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, the Netherlands, 1995. 213 p.
9. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant Disease Reporter. 1975. Vol. 59. P. 377–380.
10. Lamari L., Bernier C.C. Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot [*Pyrenophora tritici-repentis*] based on lesion type // Canadian Journal of Plant Pathology. 1989. Vol. 11. № 1. P. 49–56.
11. Validity of selected DNA markers for breeding leaf rust resistant wheat / L. Blaszczyk, I. Kramer, F. Ordon, et al. // Cereal Res. Comm. 2008. Vol. 36. P. 201–203. DOI: 10.1556/crc.36.2008.2.1
12. Chelkowski J., Golka L., Stepien L. Application of STS markers for leaf rust resistance genes in near-isogenic lines of spring wheat cv. Thatcher // Journal of applied genetics. 2003. Vol. 44. № 3. P. 323–338.
13. Attempts to remove gametocidal genes co-transferred to common wheat with rust resistance from *Aegilops speltoides* / G. F. Marais, T. A. Bekker, A. Eksteen, et al. // Euphytica. 2010. Vol. 171. P. 71–85. DOI 10.1007/s10681-009-9996-2
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / ред. А.И. Григорьев. М.: Колос, 1989. 194 с.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / ред. М.А. Федин. М.: Колос, 1988. 121 с.
16. Сравнительный анализ *6Agi* и *6Agi2* хромосом *Agropyron intermedium* (Host) Beauv у сортов и линий мягкой пшеницы с пшенично-пырейными замещениями / С.Н. Сибикеев, Е.Д. Бадаева, Е.И. Гуляева и др. // Генетика. 2017. Т. 53. № 3. С. 298–309. DOI: 10.7868/S0016675817030110.

Поступила в редакцию 29.06.20
После доработки 15.09.20
Принята к публикации 09.12.20