

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.1:632.4:632.938.1

DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-63-67

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ У СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н. В. Шишкин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

Т. Г. Дерова¹, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

Е. И. Гультяева², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, ORCID ID: 0000-0001-7948-0307;

Е. Л. Шайдаюк², младший научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, ORCID ID: 0000-0003-3266-6272

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3;

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3

Бурая ржавчина – основное заболевание сортов мягкой пшеницы на посевах в Ростовской области. Сорта пшеницы, созданные в ФГБНУ «АНЦ «Донской», в большинстве (более 87%) проявляют устойчивость к данному возбудителю. С целью получения полной иммунологической характеристики созданных сортов совместно с лабораторией микологии и фитопатологии ФГБНУ ВИЗР были проведены исследования по идентификации генов устойчивости (Lr) на ранних этапах развития и во взрослом состоянии растений. Изучено 37 сортов озимой мягкой пшеницы на полевых инфекционных фонах юга и северо-запада России, в том числе методами фитопатологического теста (к трем изолятам гриба с вирулентностью к TCLR9, TCLR19, TCLR26 и зерноградской популяции патогена) и методом ПЦР-анализа с помощью 10 молекулярных маркеров: LR1, LR3, LR9, LR10, LR19, LR20, LR24, LR26, LR34 и LR37. ДНК выделяли микрометодом по К. Эдвардс, ПЦР проводили в амплификаторе C-1000 (BIO RAD, США). В результате исследований установлено, что универсально устойчивых ко всем трем клонам и зерноградской популяции среди изученных сортов не выявлено. Сорта Полина, Вольница и Зерноградка 11 проявили устойчивость к трем клонам, но в фазу проростка проявляли восприимчивость к популяции патогена. По результатам ПЦР-анализа также не выявлено у сортов генов устойчивости Lr9, Lr19, Lr24, Lr26. У 29 из 37 изученных сортов обнаружен ген взрослой устойчивости Lr34, а у 20 сортов – неэффективный ген Lr3, которые по отдельности и вместе не могут обеспечивать защиту от бурой ржавчины в полевых условиях. Это указывает на то, что устойчивые в полевых условиях сорта несут дополнительные неидентифицированные Lr-гены. У ряда сортов установлено по 2 гена устойчивости. Восприимчивый в полевых условиях сорт Кипчак содержит утративший свою эффективность ген Lr1. Различия в степени поражения отдельных сортов в условиях Ростовской области и Санкт-Петербурга свидетельствуют об отличии северокавказской и северо-западной популяций по вирулентности к возбудителю бурой ржавчины.

Ключевые слова: озимая пшеница, бурая ржавчина, гены Lr, устойчивость, ПЦР-анализ.



IDENTIFICATION OF THE GENES RESISTANT TO BROWN RUST IN WINTER SOFT WHEAT VARIETIES WITH THE USE OF CONVENTIONAL AND MODERN RESEARCH METHODS

N. V. Shishkin¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of plant immunity and protection, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

T. G. Derova¹, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

E. I. Gulyaeva², Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory of microbiology and phytopathology, ORCID ID: 0000-0001-7948-0307;

E. L. Shaydayuk², junior researcher of the laboratory of microbiology and phytopathology, ORCID ID: 0000-0003-3266-6272

¹FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3;

²FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection
196608, Saint-Petersburg, Pushkin, Av. Podbelsky, 3

Brown rust is the main disease of wheat soft varieties in the Rostov region. The majority of wheat varieties (more than 87%) developed in the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" show resistance to this causative agent. In order to obtain a complete immunological characteristics of the developed varieties, there were carried out the researches to identify the resistance genes (Lr) in the early and adult stages of plant growing in cooperation with the Mycology and Phytopathology Laboratory of the FSBSI ARIZR. There were studied 37 varieties of winter soft wheat on the infectious fields of the south and northwest of Russia, as well as by the methods of a phytopathological test (to three isolates of the fungus with virulence to TcLr9, TcLr19, TcLr26 and the Zernograd pathogen population) and by the PCR analysis using 10 molecular markers Lr1, Lr3, Lr9, Lr10, Lr19, Lr20, Lr24, Lr26, Lr34 and Lr37. DNA was isolated by a micro-method according to K. Edwards, the PCR was carried out in a C-1000 amplifier (Bio Rad, US). The study established that there were no universal varieties among the studied ones which were resistant to all

three clones and the Zergograd population. The varieties "Polina", "Volnitsa" and "Zernogradka 11" showed resistance to the three clones, but in the phase of sprouting they show susceptibility to the pathogen population. According to the results of PCR analysis, the resistance genes Lr9, Lr19, Lr24, Lr26 were also not found in the varieties. 29 out of 37 studied varieties contained the adult resistance gene Lr34, and 20 varieties had the inefficient gene Lr3, which neither apart nor together could protect the plants from brown rust in the field. This indicates that the tolerant varieties carry additional non-identified Lr-genes. In a number of varieties there have been established 2 resistance genes. The variety "Kipchak" susceptible in the field contained the Lr1 gene, which lost its effectiveness. The differences in the damage degree of some varieties in the conditions of the Rostov region and St. Petersburg indicate a difference in the North Caucasian and northwestern populations by virulence to the causative agent of brown rust.

Keywords: winter wheat, brown rust, genes Lr, tolerance (resistance), PCR-analysis.

Введение. В хозяйствах Ростовской области высевают большое количество сортов озимой мягкой пшеницы с разной степенью устойчивости к фитопатогенным организмам. Показатели величины и качества урожая культуры находятся под непосредственной угрозой не только из-за погодных условий, негативно сказывающихся на развитии растений, но и патогенных грибов, среди которых немаловажную роль играет бурая ржавчина (*Puccinia triticina* Erikss.).

Несмотря на всестороннее изучение этого заболевания, защита озимой пшеницы от бурой ржавчины по-прежнему остается актуальной проблемой. Распространение и развитие заболевания происходят в результате заноса, накопления и сохранения активной инфекции (Данилова и Волкова, 2015). Кроме того, одной из главных причин усиления вредоносности является непрерывный эволюционный процесс, в результате которого образуются новые вирулентные расы и патотипы гриба.

Более 87% сортов озимой мягкой пшеницы, созданных в ФГБНУ «АНЦ «Донской», обладают различной степенью устойчивости к бурой ржавчине. В рамках совместных исследований была проведена

идентификация генов устойчивости созданных сортов к бурой ржавчине в лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ ВИЗР (г. Санкт-Петербург), а также изучена ювенильная устойчивость сортов пшеницы к клонам различных популяций, тестирующих эффективные гены устойчивости данного возбудителя.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований были 37 сортов озимой пшеницы, созданные в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Все сорта изучали на полевом инфекционном фоне в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград), а часть сортов – на инфекционном фоне в ВИЗР (г. Санкт-Петербург). Опыты проводили на основе общепринятых методик и оценок. Заражение сортов пшеницы проводили при температуре 10–12 °С в фазу кущения – трубкавания путем опудривания смесью жизнеспособных уединенных спор. Оценку сортов озимой пшеницы по интенсивности поражения бурой ржавчины проводили по шкале R. F. Peterson (1948).

Для изучения ювенильной устойчивости сортов пшеницы в фазе проростков проводили инокуляцию проростков клонами из Челябинской, Тамбовской областей, Краснодарского края и зерноградской популяцией возбудителя бурой ржавчины (табл. 1).

1. Характеристика инфекционного материала по вирулентности к TcLr-линиям 1. Characteristic of infectious material by virulence to TcLr lines

Изолят	Происхождение	Вирулентность к TcLr	Авирулентность к TcLr
K1	Челябинский клон, 2016	1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 9, 10, 11, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 30	19, 24, 26, 28, 29
K2	Тамбовский клон, 2016	1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 10, 11, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 30	9, 24, 26, 28, 29
K3	Краснодарский клон, 2016	1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 10, 11, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 26, 30	9, 19, 24, 28, 29
П_Зер	Зерноградская популяция, 2017	1, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 10, 11, 14a, 14b, 16, 17, 18, 19, 20, 30	9, 2a, 2b, 15, 19, 24, 28, 29

Анализ вирулентности проводили на 10–14-дневных проростках пшеницы (фаза первого листа), которые инокулировали суспензией возбудителя, помещали во влажную камеру на 12–18 часов и далее инкубировали при температуре 20–24 °С (Гультяева и Солодухина, 2006). Учет проводили на 10-й день после заражения по балловой шкале Е. В. Mains и Н. S. Jackson (1926), где: 0, 1, 2 балла – устойчивый тип; 3, 4 и X – восприимчивый.

Была проведена идентификация генов Lr1, Lr3, Lr9, Lr10, Lr19, Lr20, Lr24, Lr26, Lr34 и Lr37 с использованием молекулярных маркеров сортов озимой мягкой пшеницы. Список используемых маркеров представлен в таблице 2. ДНК выделяли микрометодом, предложенным К. Эдвардс с соавторами в модификации Д. Б. Дорохова и Э. Клоке (1997). Концентрация ДНК в рабочем растворе составляла 50–100 нг/мкл. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе С-1000 (BioRad, США) по протоколам, предложенным авторами праймеров (табл. 2), и при необходимости модифицировали. Амплифицированные фрагменты разделяли с помощью электрофореза в 1,5% агарозном геле в 1хTBE буфере, который был окрашен бромистым этидием.

Результаты и их обсуждение. Часть сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, были оценены по устойчивости к возбудите-

лю бурой ржавчины в условиях северо-запада России. В период 2010–2015 гг. их высевали на опытном поле ВИР и искусственно инокулировали сборной северо-западной популяцией. Из 15 сортов 47% были устойчивые, 7% – слабовосприимчивые и 46% – восприимчивые (табл. 3).

Большая часть из 37 изучаемых сортов (73%) в полевых условиях при искусственном заражении северокавказской популяцией на опытном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской» бурой ржавчины проявили высокую устойчивость (поражение не выше 15%), 10,8% сортов были слабовосприимчивыми (поражение до 20–30 %) и 16,2% сортов имели поражение выше 50%.

При инокуляции изученных сортов мягкой пшеницы универсально устойчивых ко всем клонам и зерноградской популяции не выявлено. Устойчивостью к трем клонам характеризовались сорта Полина, Вольница и Зерноградка 11, но все сорта в фазе проростка проявили восприимчивость к популяции патогена (табл. 3).

Ген Lr34 относится к группе генов, контролирующей частичную устойчивость в фазе взрослых растений, но, по данным J. A. Kolmer (2002), сочетание гена Lr34 с одним или двумя другими распецифическими генами может значительно повысить уровень полевой устойчивости, что и наблюдается в наших исследованиях.

2. Список использованных маркеров
2. List of used markers

Ген	Название маркера	Нуклеотидная последовательность	Размер п. о.	Литературный источник
Lr1	WR003F	GGGACAGAGACCTTGGTGGA	760	Qiu et al., 2007
	WR003R	GACGATGATGATTTGCTGCTGG		
Lr3	Xmwig798F	GGCTGTCTACATCTTCTGCA	365	Herrera-Foessel et al., 2007
	Xmwig798R	CAAGTGTGAGAAGGAGAGT		
Lr9	SCS5F	TGCGCCCTTCAAAGGAAG	550	Gupta et al., 2005
	SCS5R	TGCGCCCTTCTGAACTGTAT		
Lr10	Fi.2245	GTGTAATGCATGCAGGTTCC	310	Chelkowski et al., 2008
	Lr10-6/r2	AGGTGTGAGTGAGTTATGTT		
Lr19	SCS265 F	GGCGGATAAGCAGAGCAGAG	512	Gupta et al., 2006
	SCS265 R	GGCGGATAAGTGGGTTATGG		
Lr20	STS638-L	ACAGCGATGAAGCAATGAAA	542	Neu et al., 2002
	STS638-R	GTCCAGTTGGTTGATGGAAT		
Lr24	Sr24#12F	CACCCGTGACATGCTCGTA	550	Mago et al., 2005
	Sr24#12R	AACAGGAAATGAGCAACGATGT		
Lr26	SCM9F	TGACAACCC CCTTCCCTCGT	207	Weng et al., 2007
	SCM9R	TCATCGACGCTAAGGAGGACCC		
Lr34	csLV34F	GTTGGTTAAGACTGGTGATGG	150	Lagudah et al., 2006
	csLV34R	TGCTTGCTATTGCTGAATAGT		
Lr37	Venttriup	AGGGGCTACTGACCAAGGCT	259	Helguera et al., 2003
	LN2	TGCAGCTACAGCAGTATGTACACAAAA		

3. Иммунологическая характеристика сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

3. Immunological characteristics of winter soft wheat varieties developed by the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"

Сорт	Инокулянт и тип поражения				Лг-гены, идентифицированные с помощью ММ*	Степень поражения на инфекционных фонах, %	
	K1	K2	K3	З. п.**		г. Зерноград	г. Санкт-Петербург
Аксинья	3	0	3	3	Lr34 Lr3	5–10	0
Бонус	3	3	0	3	Lr34 Lr1 Lr3	0–5	=
Донская безостая	3	3	3	3	Lr34 Lr3	10–15	50–70
Донская юбилейная	3	3	3	3	Lr34 Lr3	20–30	=
Зерноградка 10	3	3	3	3	Lr34 Lr3	5–10	=
Зерноградка 11	1–2	1–2	0	–	Lr34	0–5	50–70
Казачка	3	–	0	3	Lr34 Lr3	5–10	=
Кипчак	–	3	3	3	Lr1	60–80	=
Конкурент	3	–	0	3	Lr34	0–5	=
Лучезар	3	0	0	3	Lr3	0	=
Марафон	3	3	3	3	Lr34	0–5	30
Находка	3	3	3	3	Lr34	0–5	0
Ростовчанка 3	3	3	0	–	Lr34	50–60	50
Ростовчанка 5	3	3	3	3	Lr3	5–10	10
Ростовчанка 7	3	3	3	–	Lr3	5–10	10–20
Танаис	3	0	3	3	Lr34	5–10	=
Шеф	3	3	3	3	Lr34 Lr10	15–20	=
Этюд	3	0	0	3	Lr3	0	=
Адмирал	3	0	3	3	Lr34 Lr3	0	=
Аскет	3	2–3	3	3	Lr34 Lr3	0–5	10
Вольница	0–2	0	0	3	Lr34 Lr1	20–30	=
Вольный Дон	3	3	3	3	Lr34	15–20	=
Дон 93	3	2	3	3	Lr34 Lr3	5–10	=
Дон107	3	0	3	3	Lr34 Lr1	60–80	70
Донской сюрприз	3	3	3	3	Lr34 Lr3	0–5	=
Донской маяк	3	3	3	3	Lr34 Lr3	10–15	50
Донской простор	3	3	0	3	Lr34 Lr3	50–60	50
Ермак	3	3	3	3	Lr3	10–15	=
Жаворонок	3	3	3	3	Lr34	0	=
Изюминка	3	3	3	3	Lr34 Lr3	5–10	5–10
Капитан	3	3	3	3	Lr34 Lr3	5–10	=
Капризуля	3	0	3	3	Lr34	50–60	=
Краса Дона	3	3	3	3	Lr3 Lr1	0–5	=
Лидия	3	3	3	3	Lr34 Lr3	5–10	0
Лилит	3	–	3	3	Lr34 Lr3	50–60	=
Полина	1–2	0–1	0–1	3	–	0–5	=
Станичная	3	3	3	3	Lr34	0–5	50

* ММ – молекулярные маркеры; ** З. п. – зерноградская популяция; = – не изучались на инфекционном фоне ВИЗР.

Много лет устойчивость проявляют сорта, содержащие гены устойчивости Lr34 и Lr3 как вместе (Аксинья, Бонус, Зерноградка 10, Казачка, Адмирал, Аскет, Дон 93, Донской сюрприз, Донской маяк, Изюминка, Капитан, Лидия), так и по отдельности: Lr34 – Зерноградка 11, Конкурент, Марафон, Находка, Танаис, Жаворонок, Станичная; Lr3 – Лучезар, Ростовчанка 5, Ростовчанка 7, Этюд. Гены Lr34 и Lr3 являются неэффективными в России. Вероятно, данные сорта наряду с этими генами несут дополнительные гены, которые не определены в данных исследованиях из-за отсутствия молекулярных маркеров.

Для сортов Находка, Бонус, Конкурент, Аксинья, Казачка, Донская безостая, Изюминка, Зерноградка 9, Зерноградка 10 и Зерноградка 11 сведения о наличии гена Lr34 согласуются с исследованиями Н. Н. Вожжовой (2018).

Различия в поражении отдельных сортов клонами и популяциями из разных регионов (Донская безостая, Зерноградка 11, Марафон, Донской маяк, Станичная) могут указывать на наличие у них дополнительных ювенильных Lr-генов (табл. 3).

Выводы. С использованием клонов, маркированных вирулентностью к генам Lr9, Lr19 и Lr26,

данных генов у изученных сортов не выявлено, что подтверждается и результатами, полученными с использованием молекулярных маркеров. С использованием маркера у изучаемых образцов также не выявлен ген Lr24. При этом, согласно ПЦР-анализу, у них широко представлены ген взрослой устойчивости Lr34 и малоэффективный ген Lr3 (табл. 3). У сорта Шеф наряду с геном Lr34 выявлен малоэффективный ген Lr10, а у сортов Бонус, Дон 107, Вольница – ген Lr1. У сорта Кипчак идентифицирован только неэффективный ген Lr1, что подтверждается его восприимчивостью на инфекционном фоне возбудителя.

Различия в степени поражения отдельных сортов (Донская безостая, Зерноградка 11, Донской маяк и др.) в условиях Ростовской области и Санкт-Петербурга свидетельствуют об отличии северокавказской и северо-западной популяций возбудителя бурой ржавчины.

Для успешной селекции на устойчивость к вредным организмам целесообразно и эффективно сочетать полевые исследования с лабораторными с использованием молекулярных маркеров. Молекулярные маркеры более актуальны в фундаментальных исследованиях.

Библиографические ссылки

1. Вожжова Н. Н. Идентификация гена устойчивости к бурой ржавчине Lr34 в сортах и коллекционных образцах озимой мягкой пшеницы Аграрного научного центра «Донской» // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(3). С. 329–332. DOI 10.18699/VJ18.368.
2. Гултыяева Е. И., Солодухина О. В. Ржавчинные болезни зерновых культур. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. М.: Книга, 2008. С. 5–11.
3. Данилова А. В., Волкова Г. В. Карликовая ржавчина – прогрессирующее заболевание ячменя // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 46–48.
4. Дорохов Д. Б., Клоке Э. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов // Молекулярная генетика. 1997. Т. 3, № 4. С. 443–450.
5. Chelkowski J., Golka L., Steptien I. Application of STS marker for leaf rust resistance genes in near-isogenic lines of spring wheat cv. Tratcher // J. Appl. Genet. 2003. Vol. 44. Pp. 323–338.
6. Gupta S. K., Charpe A., Koul S., Prabhu K. V., Haq Q. M. Development and validation of molecular markers linked to an *Aegilops umbellulata*-derived leaf rust-resistance gene, Lr9, for marker-assisted selection in bread wheat // Genome. 2005. Vol. 48, No. 5. Pp. 823–830.
7. Gupta S. K., Charpe A., Prabhu K. W., Haque O. M. R. Identification and validation of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr19 in wheat // Theor. Appl. Genet. 2006. Vol. 113. Pp. 1027–1036.
8. Helguera M., Khan I. A., Kolmer J., Lijavetzky D., Zhong-qi L., Dubcovsky J. PCR assays for the Lr37-Yr17-Sr38 cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // Crop Science. 2003. Vol. 43. Pp. 1839–1847.
9. Herrera-Foessel S. A., Singh R. P., Huerta-Espino J., William M., Rosewarne G., Djurle A., Yuen J. Identification and Mapping of Lr3 and a Linked Leaf Rust Resistance Gene in Durum Wheat // CROP SCIENCE. 2007. Vol. 47. Pp. 1459–1466.
10. Kolmer J. A. Virulence phenotypes of *Puccinia triticina* in South Atlantic in 1999 // Plant Diseases. 2002. No. 88(3). Pp. 288–291.
11. Lagudah E. S., McFadden H., Singh R. P., Huerta-Espino J., Bariana H. S., Spielmeier W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theor. Appl. Genet. 2006. Vol. 114. Pp. 21–30.
12. Mago R., Bariana H. S., Dundas I. S., Spielmeier W., Lawrence G. J., Pryor A. J., Ellis J. G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theor. Appl. Genet. 2005. Vol. 111. Pp. 496–504.
13. Mains E. B., Jackson H. S. Physiological specialization in leaf rust of wheat? *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. 1926. Vol. 16. Pp. 89–120.
14. Neu C. H. et al. Genetic mapping of the Lr 20-Pml resistance locus reveals suppressed recombination on chromosome arm 7AL in hexaploid wheat // Genome. 2002. Vol. 45. Pp. 737–744.
15. Peterson R. F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity in leaves and stem of cereals // Can. J. Res. 1948. Vol. 26. Pp. 496–500.
16. Qiu J. W., Schürch A. C., Yahiaoui N., Dong L. L., Fan H. J., Zhang Z. J., Keller B., Ling H. Q. Physical mapping and identification of a candidate for the leaf rust resistance gene Lr1 of wheat // Theor Appl Genet. 2007. Vol. 115. Pp. 159–168.
17. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R. N., Rudd J. C. PCR based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in wheat background. Plant Breed. 2007. Vol. 126. Pp. 482–486.

References

1. Vozzhova N. N. Identifikaciya gena ustojchivosti k buroj rzhavchine Lr34 v sortah i kollekcionnyh obrazcah ozimoy myagkoj pshenicy Agrarnogo nauchnogo centra "Donskoj" [Identification of the gene resistant to brown rust

- Lr34 in the varieties and collection samples of winter soft wheat developed by the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(3). S. 329–332. DOI 10.18699/VJ18.368.
2. Gul'tyaeva E. I., Soloduhina O. V. Rzhavchinnye bolezni zernovyh kul'tur. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovyh kul'tur po ustojchivosti k vrednym organizmam [Rust diseases of grain crops. The study of genetic resources of grain crops for their resistance to pests]. M.: Kniga, 2008. S. 5–11.
3. Danilova A. V., Volkova G. V. Karlikovaya rzhavchina – progressiruyushchee zabolevanie yachmenya [Dwarf rust is a progressive barley disease] // Zashchita i karantin rastenij. 2015. № 7. S. 46–48.
4. Dorohov D. B., Kloke Eh. Bystraya i ehkonomichnaya tekhnologiya RAPD analiza rastitel'nyh genomov [Rapid and economical technology of RAPD analysis of plant genomes] // Molekulyarnaya genetika. 1997. T. 3, № 4. S. 443–450.
5. Chelkowski J., Golka L., Steptien I. Application of STS marker for leaf rust resistance genes in near-isogenic lines of spring wheat cv. Tratcher. // J. Appl. Genet. 2003. Vol. 44. Pp. 323–338.
6. Gupta S. K., Charpe A., Koul S., Prabhu K. V., Haq Q. M. Development and validation of molecular markers linked to an *Aegilops umbellulata*-derived leaf rust-resistance gene, Lr9, for marker-assisted selection in bread wheat // Genome. 2005. Vol. 48, No. 5. Pp. 823–830.
7. Gupta S. K., Charpe A., Prabhu K. W., Haque O. M. R. Identification and validation of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr19 in wheat // Theor. Appl. Genet. 2006. Vol. 113. Pp. 1027–1036.
8. Helguera M., Khan I. A., Kolmer J., Lijavetzky D., Zhong-qi L., Dubcovsky J. PCR assays for the Lr37-Yr17-Sr38 cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // Crop Science. 2003. Vol. 43. Pp. 1839–1847.
9. Herrera-Foessel S. A., Singh R. P., Huerta-Espino J., William M., Rosewarne G., Djurle A., Yuen J. Identification and Mapping of Lr3 and a Linked Leaf Rust Resistance Gene in Durum Wheat // CROP SCIENCE. 2007. Vol. 47. Pp. 1459–1466.
10. Kolmer J. A. Virulence phenotypes of *puccinia triticina* in South Atiantik in 1999 // Plant Diseases. 2002. No. 88(3). Pp. 288–291.
11. Lagudah E. S., McFadden H., Singh R. P., Huerta-Espino J., Bariana H. S., Spielmeier W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theor. Appl. Genet. 2006. Vol. 114. Pp. 21–30.
12. Mago R., Bariana H. S., Dundas I. S., Spielmeier W., Lawrence G. J., Pryor A. J., Ellis J. G. Development or PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theor. Appl. Genet. 2005. Vol. 111. Pp. 496–504.
13. Mains E. B., Jackson H. S. Physiological specialization in leaf rust of wheat? *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. 1926. Vol. 16. Pp. 89–120.
14. Neu C. H. et al. Genetic mapping of the Lr 20-Pml resistance locus reveals suppressed recombination on chromosome arm 7AL in hexaploid wheat // Genome. 2002. Vol. 45. Pp. 737–744.
15. Peterson R. F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity jn leaves and stem of cereals // Can. J. Res. 1948. Vol. 26. Pp. 496–500.
16. Qiu J. W., Schürch A. C., Yahiaoui N., Dong L. L., Fan H. J., Zhang Z. J., Keller B., Ling H. Q. Physical mapping and identification of a candidate for the leaf rust resistance gene Lr1 of wheat // Theor. Appl. Genet. 2007. Vol. 115. Pp. 159–168.
17. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R. N., Rudd J. C. PCR based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in wheat background. Plant Breed. 2007. Vol. 126. Pp. 482–486.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 631.526:632.9(470.54/567.58)

DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72

РОЛЬ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ РЖАВЧИНОУСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ

Л. Т. Мальцева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-2926-0933;

Е. А. Филиппова, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0001-8209-9603;

Н. Ю. Банникова, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0395-5924;

В. А. Бердюгин, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-2703-7781

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» г. Екатеринбург

620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а; e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

Одним из факторов, ограничивающих рост урожайности пшеницы в Зауралье, является поражение посевов листовыми болезнями, проявляющимися с регулярностью три раза в десять лет, унося от 5 до 30% урожая. В 2015–2017 гг. на фоне эпифитотий бурой и стеблевой ржавчины из 17 районированных сортов яровой мягкой пшеницы высокую толерантность проявили лишь два сорта – Радуга (Курганский НИИСХ) и Уралосибирская (СибНИИСХоз), занимающие в области всего 8–9% площади. Для создания новых сортов привлечены генетические коллекции отечественного и зарубежного происхождения. На эпифитотийном фоне выявлены сорта и образцы с эффективными генами устойчивости. Целенаправленно проведен отбор в гибридных популяциях. Оценены морфологически выровненные линии для размножения. Для ускоренного создания новых сортов предложен устойчивый и толерантный к болезням, адаптивный к местным условиям исходный материал из коллекционного питомника: сорта Сигма, Памяти Леонтьева, Боевчанка, Фаворит, Новосибирская 31, Ингала, Сударыня, Геракл,