

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*

Yu.N. Kashuba, L.V. Meshkova, L.Ya. Plotnikova

THE SOURCES OF THE RESISTANCE TO BROWN RUST OF WINTER SOFT WHEAT FROM THE VIR
COLLECTION FOR WESTERN SIBERIA

Кашуба Ю.Н. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаб. селекции озимых культур Омского аграрно-научного центра, г. Омск.

E-mail: kaschuba.jurij@mail.ru

Мешкова Л.Н. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр., зав. лаб. иммунитета растений Омского аграрно-научного центра, г. Омск.

E-mail: Meshkova-LV@mail.ru

Плотникова Л.Я. – д-р биол. наук, проф. каф. агрономии, селекции и семеноводства Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск.

E-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Kashuba Yu.N. – Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Winter Crops Selection, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk.

E-mail: kaschuba.jurij@mail.ru

Meshkova L.N. – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Head, Lab. of Plants Immunity, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk.

E-mail: Meshkova-LV@mail.ru

Plotnikova L.Ya. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Agronomy, Selection and Seed Farming, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk.

E-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Цель исследования – выявление образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), устойчивых к бурой ржавчине, для включения их в программы скрещивания по созданию резистентных сортов. Объектами исследований служили 103 образца пшеницы, происходящие из 13 стран. Полевые исследования проводили в условиях южной лесостепи (г. Омск) по общепринятым методикам. По результатам оценки поражения образцов бурой ржавчины вычисляли индекс устойчивости. Образцы проявили разную степень резистентности к этому заболеванию. Наибольшее количество устойчивых сортообразцов выделено из России, США и Украины. Высокую резистентность к болезни проявили номера с различным контролем устойчивости. Это сортообразцы с идентифицированными моногенами: KS-96-WGRC-40 (к-65158, США) – Lr41; CDC-Kestrel (к-64169, Канада) – Lr22a; Дмитрий (к-65224, Краснодар) и Artemida (к-64344, Украина) – Lr34, а также образцы, защищенные комбинациями Lr-генов: Вита (к-64155, Краснодар) – Lr10 +

Lr26 + Lr34; KS-8010-72-8 (к-63020, США) – Lr26 + Lr24+; Дока (к-64156, Краснодар) и Сплав (63117, Владимир) – Lr26 + Lr34; Грация (к-64610, Краснодар) – Lr10 + Lr26; Восторг (к-64584, Краснодар) – Lr34+; Melodya (к-65178, Белоруссия) – Lr26+. Они замедляют развитие бурой ржавчины по типу «slow rusting». Определены образцы, сочетающие устойчивость к бурой ржавчине с высокой урожайностью: GK-Hollo (Венгрия); Arulum (Румыния); Charmany, KS-96-WGRC-34, KS-92-WGRC-22 (США); Artemida, Yasnogirka, Darnytsya, Mylena (Украина); Вита и Дока (Краснодар). Лучшие сортообразцы предполагается использовать в качестве родительских форм при создании сортов озимой пшеницы для лесостепной зоны Западной Сибири.

Ключевые слова: озимая пшеница, коллекция, бурая ржавчина, индекс устойчивости, Lr-гены.

The aim of the study is to identify the samples of winter wheat from the Collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Genetic Resources (VIR), resistant to brown rust for inclusion in crossing pro-

*Отдельные разделы работы выполнены в рамках государственного задания по проекту № 0797-2019-0008.

grams to breeding resistant varieties. The objects of the research were 103 wheat assessments originating from 13 countries. Field research was performed in the conditions of southern forest-steppe zone (Omsk) according to standard methods. Using the results of estimations of leaf rust severity the resistance indexes were calculated. The samples showed varying degrees of resistance to the disease. The largest number of stable variety samples was allocated from Russia, USA and Ukraine. The numbers with different resistance control showed high resistance to the disease. These are variety samples with identified monogens: KS-96-WGRC-40 (K-65158, USA) – Lr41; CDC-Kestrel (K-64169, Canada) – Lr22a; Dmitry (K-65224, Krasnodar) and Artemida (K-64344, Ukraine) – Lr34 and samples are protecting by combinations of Lr genes: Vita (K-64155, Krasnodar) – Lr10 + Lr26 + Lr34; KS-8010-72-8 (K-63020, USA) – Lr26 + Lr24+; Doka (K-64156, Krasnodar) and Splav (63117, Vladimir) – Lr26 + Lr34; Graciya (K-64610, Krasnodar) – Lr10 + Lr26; Vostorg (K-64584, Krasnodar) – Lr34+; Melodya (K-65178, Belarus) – Lr26+. They slow down the development of brown rust on the type of "slow rusting". The samples combining the resistance to brown rust with high yield were determined: GK-Hollo (Hungary); Apulum (Romania); Charmany, KS-96-WGRC-34, KS-92-WGRC-22 (USA); Artemida, Yasnogirka, Darnytsya, Mylena (Ukraine); Vita and Doka (Krasnodar). The best variety samples are proposed to be used as parents in the selection of winter wheat varieties for the forest-steppe zone of Western Siberia.

Keywords: winter wheat, collection, brown rust, resistance index, Lr-genes.

Введение. Приоритетным направлением развития растениеводства в мире, в том числе в России, является стабилизация ежегодных сборов зерна. Снижение урожайности может быть вызвано негативным влиянием как абиотических, так и биотических факторов, включая болезни. В Западной и Восточной Сибири регулярно развивается бурая ржавчина, приводящая к недобору зерна мягкой пшеницы [1].

Включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ по 10-му Западно-Сибирскому региону сорта восприимчивы к бурой ржавчине.

Для расширения генетической базы селекции озимой мягкой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине в Западной Сибири необходимо использовать сортообразцы различного происхождения, в частности из коллекции ФНЦ «Все-российский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР). Перед включением новых источников устойчивости к болезням в селекционные программы необходимо их предварительное изучение в регионе.

Цель исследования: выявление образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, устойчивых к бурой ржавчине, для включения их в программы скрещивания по созданию резистентных сортов.

Материалы, методы и условия исследования. Материалом для исследования служили 103 образца озимой пшеницы из коллекции ВИР, происходящих из 13 стран мира. В качестве стандарта был использован сорт Омская 4, восприимчивого контроля – сорт Рубин.

Посев провели 24 августа 2017 г., уборку – 18 августа 2018 г. Образцы высевали в однократной повторности на делянках площадью 3 м². Развитие бурой ржавчины на образцах оценивали по степени поражения листьев по шкале Петерсона (%) [2]. Оценку проводили четырехкратно с интервалом 7 суток в период 10.07–31.07, вплоть до усыхания листьев.

По результатам учетов строили кривые развития болезни и вычисляли площади под ними (ПКРБ) [2]. Степень устойчивости сорта определяли на основании индекса устойчивости (ИУ):

$$ИУ = \frac{ПКРБс}{ПКРБк},$$

где с – тестируемый сорт; к – восприимчивый контроль.

На основании ИУ образцы разделяли на группы: высокоустойчивые (ИУ = 0,10–0,35), среднеустойчивые (ИУ = 0,36–0,65), низкоустойчивые (ИУ = 0,66–0,80), высоко восприимчивые (ИУ > 0,81) [3]. Преимуществом показателя ИУ является то, что он учитывает интенсивность развития инфекционного фона в регионе, который может зависеть от условий вегетации. Данные по урожайности были обработаны методом дисперсионного анализа [4].

Результаты исследования. Общее состояние посевов после зимовки в 2018 г. было удовлетворительное. Средняя зимостойкость образцов составила 50 %. Погодные условия в зоне г. Омска по данным метеостанции «Омск-Степная» отличались значительным недобором тепла в мае и июне ($-3,2$ °С и $-1,1$ °С к среднесуточным данным соответственно) и большим количеством осадков в эти месяцы (205,7 и 123,2 % к среднесуточным данным соответственно). В мае произошло доущение озимой пшеницы, увеличение и выравнивание густоты стояния посевов в делянках, что способствовало получению достаточно высокой

урожайности. Метеоусловия привели к удлинению вегетационного периода в среднем на 15 суток по сравнению со средними многолетними данными. При этом создались условия для развития бурой ржавчины. Это позволило провести качественную оценку устойчивости образцов озимой пшеницы к западносибирской популяции *P. triticina*.

Включенная в исследования коллекция была преимущественно представлена образцами из России (34,9 %), Украины (19,4), Казахстана (13,5), США (11,5 %), а также единичными сортами, созданными в других странах (табл. 1).

Таблица 1

Общая характеристика набора образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР по происхождению и устойчивости к бурой ржавчине (2018 г.)

Происхождение	Доля образцов		Распределение по группам устойчивости в соответствии с ИУ, %			
	шт.	%	0,10–0,35	0,36–0,65	0,66–0,80	более 0,81
Белоруссия	6	5,8	2,8	1,0	1,0	1,0
Болгария	1	1,0	0	1,0	0	0
Венгрия	5	4,9	2,0	1,9	0	1,0
Казахстан	14	13,5	0	10,6	2,9	0
Канада	2	2,0	1,0	0	1,0	0
Китай	2	2,0	0	0	1,0	1,0
Россия	36	34,9	10,7	9,7	8,7	5,8
Румыния	2	2,0	1,0	0	1,0	0
Сербия и Черногория	1	1,0	0	0	0	1,0
США	12	11,5	5,8	2,8	1,9	1,0
Украина	20	19,4	6,8	10,7	1,9	0
Эстония	1	1,0	0	0	1,0	0
Япония	1	1,0	1,0	0	0	0
Всего	103	100	31,1	37,7	20,4	10,8

Значительная часть сортообразцов (31,1 %) проявила в Западной Сибири высокую устойчивость к ржавчине (ИУ = 0,10–0,35). Из устойчивых сортообразцов наибольшая доля была создана в России (10,7 %), меньше – в Украине (6,8) и США (5,8 %), что указывает на успехи стран в селекции на резистентность к болезни.

В полевых условиях наиболее интенсивно поразился сорт Рубин (восприимчивый контроль). На нем, начиная с первых учетов, скорость развития болезни была наивысшей. Стандарт сорт Омская 4 поразился бурой ржавчиной на 100 %, а по ИУ (0,69) вошел в группу низкоустойчивых образцов (табл. 2).

**Результаты оценки развития бурой ржавчины и урожайности
лучших сортообразцов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР (2018 г.)**

Номер каталога ВИР	Образец	Происхождение	Степень поражения, %				ИУ	Урожайность, г/м ²
			10.07	18.07	25.07	31.07		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	Омская 4 – стандарт	Омск	5	40	100	сх	0,69	343
-	Рубин	Саратов	40	80	100	100	1,00	202
к-65178	Melodya (Lr26+)	Белоруссия	0	0	0	сх	0	203
к-65172	Kotra	- // -	0	1	1	1	0,01	143
к-65179	Plejada	- // -	0	0	1	сх	0,06	347
к-65293	GK-Ati (no-Lr34)	Венгрия	1	5	10	сх	0,09	317
к-65294	GK-Hollo	- // -	0	1	1	сх	0,02	383
к-64169	CDC-Kestrel (Lr22a)	Канада	5	10	20	20	0,14	315
к-64189	Apulum (no-Lr34)	Румыния	0	0	5	сх	0,04	465
к-63020	KS-8010-72-8 (Lr26 + Lr24+)	США	1	5	10	сх	0,09	222
к-65158	KS-96-WGRC-40 (Lr41)	- // -	1	5	5	сх	0,06	262
к-63928	Wabash (no-Lr34)	- // -	5	10	30	50	0,26	327
к-63526	Charmany	- // -	1	1	5	сх	0,04	367
к-65159	KS-96-WGRC-34 (Ae. tauschii)	- // -	0	1	1	сх	0,02	445
к-65156	KS-92-WGRC-22 (Ae. tauschii)	- // -	0	0	1	сх	0,01	533
к-65176	Misiya (Lr34)	Украина	1	5	5	сх	0,06	310
к-64344	Artemida (Lr34)	- // -	0	10	20	30	0,16	380
-	Харыс (Lr34)	- // -	1	10	40	50	0,28	258
к-65167	Yasnogirka (no-Lr34)	- // -	0	5	10	20	0,10	470
к-65171	Darnytsya	- // -	1	10	10	10	0,10	450
к-65166	Pamyat' Remeslo	- // -	1	10	20	30	0,17	332
к-65170	Mylena	- // -	0	5	20	20	0,13	452
к-63109	Kitami 35	Япония	0	10	10	сх	0,11	325
к-63117	Сплав (Lr26 + Lr34)	Владимир	0	0	0	0	0	290
к-64155	Вита (Lr10 + Lr26 + Lr34)	Краснодар	0	5	5	10	0,06	437

1	2	3	4	5	6	7	8	9
к-64156	Дока (<i>Lr26 + Lr34</i>)	Краснодар	0	5	5	5	0,05	380
к-64610	Грация (<i>Lr10 + Lr26</i>)	- // -	0	5	5	10	0,06	215
к-64584	Восторг (<i>Lr34+</i>)	- // -	5	5	5	5	0,06	355
к-65224	Дмитрий (<i>Lr34</i>)	- // -	0	10	20	25	0,16	308
к-64585	Есаул (<i>Lr34</i>)	- // -	1	10	40	45	0,28	320
к-64152	Память	- // -	5	5	10	10	0,06	105
к-64281	Светоч (<i>Lr10+</i>)	Самара	0	1	5	10	0,04	290
НСР ₀₅		-	-	-	-	-	-	23

Примечание: *сх – сухой лист.

Среди образцов отмечены различия в ритмах и степени поражения растений. По характеру развития бурой ржавчины все образцы можно условно разделить на 3 группы. К первой группе можно отнести сортообразцы, проявившие при всех оценках иммунитет или высокую устойчивость (степень поражения 0–10 %, ИУ 0–0,11): Melodya (Белоруссия), GK-Hollo (Венгрия), Arulum (Румыния), KS-96-WGRC-40 (США), Darnytsya (Украина), Kitami 35 (Япония), Сплав (Владимир) и др. В образцах второй группы поражение усиливалось медленно, т. е. сорта эффективно замедляли развитие болезни (степень поражения не более 20–30 %, ИУ 0,13–0,26). Во вторую группу вошли образцы: CDC-Kestrel (Канада), Artemida, Pamyat' Remeslo, Mylena (Украина). К третьей группе отнесены сортообразцы, умеренно замедляющие болезнь (степень поражения 40–50 %, ИУ 0,26–0,28): Харус (Украина) и Есаул (Краснодар).

Для эффективного сдерживания развития болезни в регионе желательны создавать полиморфные посева за счет использования сортов с разными генами / комбинациями генов устойчивости. В связи с этим особого внимания заслуживают образцы с известными *Lr*-генами. Присутствие генов уточнено по Международной базе данных GRIS (Genetic Resources Information System) [5]. Высокую устойчивость проявили образцы с генами родственного вида *Aegilops tauschii*: CDC-Kestrel (Канада) – *Lr22a*, KS-96-WGRC-40 (США) – *Lr41*, – а также KS-8010-72-8 (США) с комбинацией *Lr26 + Lr24+*. В связи с необходимостью увеличения генетического разнообразия пшеницы интерес для селекции представляют также высокоустойчивые

образцы с неизвестными генами Wabash (по-*Lr34*) и Charmanu. Все образцы из США, за исключением Wabash, имели ИУ ≤ 0,1.

У украинских образцов Artemida и Харус идентифицирован ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr34*. Эти образцы различались по степени поражения (от 30 до 50 %), что может быть объяснено влиянием генотипа сортов. Степень поражения других образцов колебалась от 5 до 50 %. Образцы Yasnogirka (по-*Lr34*), Pamyat' Remeslo, Mylena и Darnytsya оказались высокоустойчивыми, в них можно предположить присутствие неидентифицированных генов устойчивости.

Группа российских образцов была самой обширной. Среди краснодарских образцы Дмитрий и Есаул имели один ген возрастной устойчивости *Lr34*, который замедлял болезни в разной степени. В некоторых сортообразцах можно предполагать присутствие дополнительных неидентифицированных генов устойчивости: Восторг (Краснодар) – *Lr34+*; Светоч (Самара) – *Lr10+*. При наличии 2–3 генов устойчивости максимальное поражение российских образцов не превысило 0–10 % (ИУ ≤ 0,1). Высокую резистентность проявили образцы, защищенные комбинациями генов («пирамидами»): Вита – *Lr10 + Lr26 + Lr34*; Дока и Сплав – *Lr26 + Lr34*; Грация – *Lr10 + Lr26*.

Помимо перечисленных номеров для селекции озимой пшеницы в Западной Сибири представляют интерес образцы с неизвестным генетическим контролем устойчивости: Kotra, Plejada (Белоруссия); GK-Ati (по-*Lr34*), GK-Hollo (Венгрия); Arulum (по-*Lr34*, Румыния); Kitami 35 (Япония).

Следует отметить, что комбинации из 3–5 генов, включая ген возрастной устойчивости *Lr34*, были использованы в создании сортов пшеницы в международном центре СИММИТ. Эти сорта проявили длительную устойчивость к болезни в различных регионах мира [6]. Перечисленные выше образцы (геном *Lr34*) представляют интерес для селекции. Они могут быть использованы в качестве родительских форм при создании сортов озимой пшеницы для Западно-Сибирского региона, замедляющих развитие бурой ржавчины.

Эти сорта замедляют развитие бурой ржавчины (устойчивость по типу «slow rusting») и проявляют устойчивость к болезни.

По урожайности зерна образцы сильно различались, что может быть связано с большим размахом зимостойкости (от 10 до 70 %). Вопросы зимостойкости, урожайности и адаптации к условиям южной степи требуют дальнейшего изучения. Среди высокоустойчивых номеров урожайность выше стандарта Омская 4 показали образцы разного происхождения: GK-Hollo (Венгрия); Arulum (Румыния); Charmany, KS-96-WGRC-34, KS-92-WGRC-22 (США); Artemida, Yasnogirka, Darnytsya, Mylena (Украина); Вита и Дока (Краснодар).

Использование высокоэффективных больших генов (моногов) технически удобнее для создания резистентных сортов. Однако время сохранения эффективности такого гена трудно прогнозировать. Для продления устойчивости таких сортов необходимо использовать их в составе сортовых мозаик, включающих сорта с разным генетическим контролем устойчивости. В случае создания набора генетически разнообразных сортов возможно создание сортовой мозаики, которая будет препятствовать размножению патогена. За счет этого возможно увеличение длительности устойчивости сортов, снижение вспышек болезней и общее оздоровление фитопатологической обстановки в фитоценозах.

Выводы

1. Наибольшая доля устойчивых выявлена среди образцов России, США и Украины.
2. В коллекции выделились сортообразцы с различным контролем устойчивости к болезни:

KS-96-WGRC-40 (к-65158, США) – *Lr41*; CDC-Kestrel (к-64169, Канада) – *Lr22a*; Дмитрий (к-65224, Краснодар) и Artemida (к-64344, Украина) – *Lr34*; Вита (к-64155, Краснодар) – *Lr10 + Lr26 + Lr34*; KS-8010-72-8 (к-63020, США) – *Lr26 + Lr24+*; Дока (к-64156, Краснодар) и Сплав (63117, Владимир) – *Lr26 + Lr34*; Грация (к-64610, Краснодар) – *Lr10 + Lr26*; Восторг (к-64584, Краснодар) – *Lr34+*; Melodya (к-65178, Белоруссия) – *Lr26+*, а также с неидентифицированными генами.

3. Среди резистентных высокую урожайность показали образцы из Европы, США, Украины, а также созданные в Краснодарском НИИСХ имени П.П. Лукьяненко.

Литература

1. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Сидоров А.В. и др. Физиологическая специализация возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Краснодарском крае // Вестн. КрасГАУ. – 2019. – № 1. – С. 29–36.
2. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / под ред. Е.Е. Радченко. – М., 2008.
3. Макаров А.А., Коваленко Е.Д., Соломатин Д.А. и др. Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням // Типы устойчивости растений к болезням: мат-лы науч. семинара. – СПб., 2003. – С. 17–24.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
5. Международная база данных GRIS (Genetic Resources Information System) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wheatpedigree.net> (дата обращения: 27.03.2019).
6. Singh R.P., Huerta-Espino J., Bhavani S. et al. Race non-specific resistance to rusts in CIMMYT spring wheats: Breeding advances // BGRI 2010 Technical Workshop Oral Presentations Full Papers and Abstracts May 30–31. – 2010. – St. Petersburg, Russia. – P. 170–182.

Literatura

1. Meshkova L.V., Rosseeva L.P., Sidorov A.V. i dr. Fiziologicheskaja specializacija vzbuditelja buroj rzhavchiny pshenicy v Krasnojarskom krae // Vestn. KrasGAU. – 2019. – № 1. – S. 29–36.
2. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovyh kul'tur po ustojchivosti k vrednym organizmam: metod. posobie / pod red. E.E. Radchenko. – M., 2008.
3. Makarov A.A., Kovalenko E.D., Solomatin D.A. i dr. Metody polevoj i laboratornoj ocenki nespecificheskoj ustojchivosti rastenij k boleznjam // Tipy ustojchivosti rastenij k boleznjam: mat-ly nauch. seminaru. – SPb., 2003. – S. 17–24.
4. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Kolos, 1979. – 416 s.
5. Mezhdunarodnaja baza dannyh GRIS (Genetic Resources Information System) [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.wheatpedigree.net> (data obrashhenija: 27.03.2019).
6. Singh R.P., Huerta-Espino J., Bhavani S. et al. Race non-specific resistance to rusts in CIMMYT spring wheats: Breeding advances // BGRI 2010 Technical Workshop Oral Presentations Full Papers and Abstracts May 30–31. – 2010. – St. Petersburg, Russia. – P. 170–182.

