

ИММУНИТЕТ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Научная статья

УДК 632.938.1

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-226-233



Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней

Г. В. Волкова¹, А. В. Данилова¹, Я. В. Яхник¹, И. Г. Лоскутов²¹ Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Яна Викторовна Яхник, yahnik1@mail.ru

Актуальность. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является универсальной зерновой культурой, устойчивой к неблагоприятным условиям и обладающей широкой адаптивностью. Сорты ячменя, выращиваемые в Краснодарском крае, характеризуются высокой урожайностью и хорошим качеством зерна. Основной причиной снижения данных показателей является комплекс доминантов листовых болезней региона: карликовая ржавчина (*Puccinia hordei* G.H. Otth), сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres* Drechsler) и темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* Shoemaker). Цель исследования – поиск источников устойчивости к возбудителям наиболее актуальных листовых заболеваний на юге России среди образцов дикого ячменя (*H. vulgare* subsp. *spontaneum* и *H. bulbosum* L.) из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Материалы и методы. Объектом исследования послужили 73 образца дикого ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Изучение проведено в 2020–2023 гг. в условиях полевого стационара на искусственном инфекционном фоне Федерального научного центра биологической защиты растений в соответствии с методическими указаниями ВИР.

Результаты и выводы. В результате многолетних исследований выявлено 11 образцов, проявивших устойчивость к карликовой ржавчине, 58 – к сетчатой пятнистости листьев, 20 – к темно-бурой пятнистости листьев. Выделено 15 образцов, устойчивых к двум патогенам, и 7 образцов, устойчивых к трем патогенам. Выявленные источники устойчивости представляют практический интерес при создании устойчивых сортов ячменя, в том числе с групповой устойчивостью к нескольким патогенам.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, *Hordeum spontaneum*, *Hordeum bulbosum*, *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres*, *Bipolaris sorokiniana*, источники устойчивости

Благодарности: исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ Федеральному научному центру биологической защиты растений по теме № FGRN-2025-0002 «Разработка приемов оптимизации фитосанитарного состояния посевов зерновых культур на основе мониторинга внутрипопуляционной структуры опасных патогенов, сортовой устойчивости и научно-обоснованного применения индукторов болезнеустойчивости» и ВИР по теме № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Волкова Г.В., Данилова А.В., Яхник Я.В., Лоскутов И.Г. Образцы ячменя из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, устойчивые к комплексу листовых болезней. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(4):226-233. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-226-233

IMMUNITY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-226-233

Barley accessions resistant to a complex of leaf diseases from the VIR collection of plant genetic resourcesGalina V. Volkova¹, Anastasia V. Danilova¹, Yana V. Yakhnik¹, Igor G. Loskutov²¹ Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia**Corresponding author:** Yana V. Yakhnik, yakhnik1@mail.ru

Background. Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a universal cereal crop with resistance to adverse conditions and broad adaptability. Its cultivars grown in Krasnodar Territory demonstrate high yields and good grain quality. The main factor causing a decrease in these indicators is the complex of leaf diseases dominating in the region: brown rust (*Puccinia hordei* G.H. Otth), net blotch (*Pyrenophora teres* Drechsler), and spot blotch (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). The objective of the study was to search for sources of resistance to the pathogens of the most relevant leaf diseases in the south of Russia among wild barley (*H. vulgare* subsp. *spontaneum*, and *H. bulbosum* L.) accessions from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR).

Materials and methods. The materials for the study were 73 wild barley accessions from the VIR collection. The study was conducted in 2020–2023 under artificial infection conditions in the field nursery of the Federal Research Center of Biological Plant Protection in accordance with VIR's guidelines.

Results and conclusions. Several years of studying resulted in identification of 11 accessions with resistance to dwarf rust, 58 to net blotch, and 20 to spot blotch. Fifteen accessions manifested resistance to two pathogens, and seven to all three pathogens. The identified sources of resistance are of practical interest for breeders involved in the development of resistant barley cultivars, including those with group resistance to several pathogens.

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Hordeum spontaneum*, *Hordeum bulbosum*, *Puccinia hordei*, *Pyrenophora teres*, *Bipolaris sorokiniana*, resistance sources

Acknowledgements: the research was conducted in the framework with the state task assigned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation to the Federal Research Center of Biological Plant Protection, Project No FGRN-2025-0002 "Development of methods for optimizing the phytosanitary status of cereal crops, based on monitoring the intrapopulation structure of dangerous pathogens, varietal resistance, and scientifically justified use of disease resistance inducers", and to VIR, Project No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Volkova G.V., Danilova A.V., Yakhnik Ya.V., Loskutov I.G. Barley accessions resistant to a complex of leaf diseases from the VIR collection of plant genetic resources. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2025;186(4):226-233. [In Russ.]. DOI: 10.30901/2227-8834-2025-4-226-233

Введение

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.), растение семейства злаковых, является важнейшей зерновой культурой, выращиваемой во всем мире, обладает высокой адаптивностью и способностью расти в различных почвенно-климатических условиях. Это одно из самых древних окультуренных растений, введенных в земледелие около 10 000 лет назад (Badr et al., 2000). Ячмень является ценным зерновым и фуражным сырьем. До 50% его мирового производства идет на приготовление различных комбикормов, 15% – на пищевые и 16–18% – на кормовые цели. Общеизвестно также использование зерна ячменя в спиртовой, текстильной, кондитерской и пивоваренной промышленности.

Российская Федерация – мировой лидер по производству ячменя, валовой сбор за 2019–2024 гг. в среднем составил 2789,4 тыс. тонн (<https://www.zerno.ru/node/28962>). Краснодарский край по данному показателю занимает одно из первых мест среди регионов России, достигая валового сбора озимого ячменя более 1,1 млн тонн при средней урожайности 74,4 ц/га; площади производственных посевов в среднем занимают 160 000 га (<https://www.zerno.ru/node/26767>). Прогнозируется, что производство зерновых должно увеличиться на 50% и более в ближайшие 50 лет ввиду быстро растущего спроса. Повышение урожайности ячменя и защита его от вредных объектов актуальны для современного сельского хозяйства.

Сорта ячменя, выращиваемые в Краснодарском крае, характеризуются высокой урожайностью и хорошим качеством зерна. Тем не менее болезни, вызываемые грибами, часто являются основной причиной снижения качества зерна и потерь урожая. Наиболее распространенными и вредоносными заболеваниями на ячмене в регионе являются сетчатая и темно-бурая пятнистости листьев, карликовая ржавчина.

Сетчатая пятнистость (возбудитель – *Pyrenophora teres* Drechsler) занимает доминирующее положение среди листовых болезней ячменя и встречается в большинстве регионов мира (McLean et al., 2009). Потери урожая в годы, благоприятные для возбудителя болезни, по разным оценкам, колеблются от 10 до 40%. На Северном Кавказе 4–6 раз в течение 10 лет наблюдаются эпифитотии, при которых потери урожая могут достигать более 50% (Kuznetsova et al., 2013).

Темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) также является актуальным заболеванием микозной этиологии на ячмене и других злаках. Распространена по всему миру, особенно сильно – в условиях высокой влажности и температуры в сочетании с низким плодородием почвы. Потери урожая варьируют от 20% до 80%, могут достигать 100% при сильном развитии (Joshi et al., 2007).

Среди ржавчинных болезней на ячмене наибольшей распространенностью и вредоносностью отличается карликовая ржавчина (*Puccinia hordei* G.H. Otth), способная вызывать потери урожая до 60% и более (Park et al., 2015). В настоящее время в России карликовая ржавчина ячменя становится все более актуальным заболеванием, особенно на Северном Кавказе. В отдельные годы отмечалась высокая (60–80%) степень развития патогена на производственных посевах озимого ячменя (Volkova et al., 2019).

В настоящее время ученые большое внимание уделяют разработке экологических методов защиты сельскохо-

зяйственных культур от болезней. Ведущую роль в защите растений от болезней играют селекция и возделывание высокопродуктивных сортов, устойчивых к заболеваниям, распространенным в определенной агроклиматической зоне. Столетия отбора и целенаправленная селекция сузили генетическую базу культурного ячменя (Ovesna et al., 2023). Дикорастущие виды рода *Hordeum* L. могут служить источниками расширения генетического разнообразия ячменя культурного (Pendinen et al., 2018).

Цель работы – поиск источников устойчивости к возбудителям наиболее актуальных листовых заболеваний на юге России среди образцов дикого ячменя (*H. vulgare* subsp. *spontaneum* и *H. bulbosum* L.), предоставленных Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Материалы и методы

Исследования были проведены на базе Федерального научного центра биологической защиты растений (г. Краснодар) в течение 2020–2023 гг. Обобщение и анализ полученных данных осуществлен в 2025 г. Климат региона исследования умеренно континентальный, присутствует достаточное количество влаги и света. Почва – чернозем выщелоченный. Глубина гумусового горизонта – 80–150 мм. Содержание гумуса в пахотном (0–20 мм) слое почвы составляет 3,39%, подвижных фосфора – 18,2 мг/100 мг почвы, подвижных соединений калия – 30,6 мг/100 мг, реакция почвы слабокислая – 5,5–6,5 pH. Обменная кислотность отсутствует, гидролитическая кислотность варьирует от 2 до 4 мг/100 мг почвы. Степень насыщения почвы основаниями – 85–95%. Опытный участок выровнен, эрозии не подвержен. Доза внесения минеральных удобрений – $N_{60}P_{60}K_{40}$ д. в. на 1 га.

Агроклиматические условия вегетационных сезонов в разные годы проведения исследований были различными от среднегодовых показателей. В сезоне 2020/2021 г. была засушливая осень, зима снежная и холодная, затяжная весна с обильными дождями. Сезон 2021/2022 г. характеризовался обильными осадками в январе и низкими температурами в марте. Показатели сезона 2022/2023 г. были близки к средним многолетним данным.

В условиях полевого стационара выселили 73 образца дикого ячменя из мировой коллекции ВИР, среди которых – 63 образца ячменя дикого (*H. vulgare* subsp. *spontaneum*) и 10 образцов ячменя луковичного (*H. bulbosum*). Предшественник – чистый пар. Фунгицидные обработки на опытных участках не проводились.

Для оценки устойчивости образцов ячменя к возбудителю карликовой ржавчины был создан искусственный инфекционный фон. Споры материала предварительно размножали на сорте 'Михайло' в условиях климатической камеры (температура: +18...+20°C, освещение: 12–15 тысяч люкс с чередованием светового режима (16 часов день / 8 часов ночь), влажность воздуха 60–70%). В полевых условиях растения ячменя в фазу «выход в трубку» (ВВСН 30–33) инокулировали смесью уединиоспор с тальком, нагрузка – 10 мг/м² (в соотношении 1 : 100). Заражение проводили в вечернее время после выпадения росы или при слабом морозящем дожде. Устойчивость образцов к возбудителям сетчатой и темно-бурых пятнистостей оценивали на естественном фоне. Учет проводили в фазу «молочная спелость зерна» (ВВСН 71–75). Степень пораженности листьев определяли по шкале Э.Э. Гешеле, ранжирование образцов по

устойчивости к патогенам осуществляли по шкале СИММУТ (Koyshibayev, Muminjanov, 2016): 0 – заболевание отсутствует; R – устойчивость (развитие заболевания до 15%); MR – средняя устойчивость (развитие заболевания от 15 до 30%); MS – средняя восприимчивость (поражение до 50%); S – восприимчивость (поражение более 50%).

Статистическое различие выборок оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (при уровне значимости 0,05). Расчет проводили с использованием программного обеспечения Statistica версии 13.3 (<http://statsoftai.ru>).

Результаты

Результаты полевой оценки образцов ячменя показаны в таблице. Выявлены образцы, проявившие устойчивую реакцию на заражение возбудителями карликовой ржавчины, сетчатой и темно-бурой пятнистостей в течение трех лет, и отобраны в качестве источников устойчивости к данным патогенам. Среди 11 образцов, устойчивых к возбудителю карликовой ржавчины, большая часть представлена ячменем луковичным (*H. bulbosum*). Выделены образцы из Азербайджана (Нагорный Карабах), Туркменистана, Казахстана, Таджикистана, Узбекистана. Отмечен один образец дикого ячменя (*H. spontaneum*) из Израиля (к-772).

Среди 58 образцов, устойчивых к возбудителю сетчатой пятнистости, большая часть представлена формами *H. spontaneum* из Ирака. Среди 20 образцов, устойчивых

к возбудителю темно-бурой пятнистости, отмечены как образцы *H. spontaneum* из Туркменистана, Афганистана, Турции, Ирана, Азербайджана и Сирии, так и образцы *H. bulbosum* из Азербайджана (Нагорный Карабах), Туркменистана, Узбекистана и Таджикистана.

Выявлено 15 образцов, устойчивых к двум патогенам, из них 11 – образцы *H. spontaneum*, устойчивые к сетчатой и темно-бурой пятнистостям. Отмечено 4 образца, устойчивых к возбудителям карликовой ржавчины и сетчатой пятнистости: 3 образца *H. bulbosum* из Азербайджана (Нагорный Карабах), Казахстана и Туркменистана и образец *H. spontaneum* из Израиля.

Наибольший интерес представляют образцы, проявившие устойчивость к трем патогенам. Это 7 образцов *H. bulbosum* из Азербайджана (Нагорный Карабах), Туркменистана, Таджикистана и Узбекистана (к-3, к-4, к-7, к-57, к-789, к-794, к-861).

Обсуждение результатов

Как известно, дикие родственники большинства сельскохозяйственных растений являются предками современных культур. Они представляют собой уникальные генетические ресурсы, используемые для селекции, и служат источниками уникальных генов и их сочетаний. В ходе одомашнивания и селекции той или иной культуры ее генетическое разнообразие сократилось, усугубляясь спросом на высокую урожайность и однородность как в полевых условиях, так и на рынке (Ovesna et al.,

Таблица. Развитие карликовой ржавчины, сетчатой и темно-бурой пятнистостей на образцах ячменя (полевой стационар Федерального научного центра биологической защиты растений, 2020–2023 гг.)

Table. Development of brown rust, net blotch, and spot blotch on the tested barley samples (field nursery of the Federal Research Center of Biological Plant Protection, 2020–2023)

№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Вид / <i>Hordeum</i> species	Происхождение / Origin	Развитие болезни / Disease development, %								
			<i>Puccinia hordei</i>			<i>Pyrenophora teres</i>			<i>Bipolaris sorokiniana</i>		
			2020–2021	2021–2022	2022–2023	2020–2021	2021–2022	2022–2023	2020–2021	2021–2022	2022–2023
1	<i>H. bulbosum</i>	Нагорный Карабах	0**	0	0	10	0	0	40	5	5
3	<i>H. bulbosum</i>	Нагорный Карабах	0	0	0	0	0	0	5	1	5
4	<i>H. bulbosum</i>	Нагорный Карабах	0	0	0	0	0	0	10	1	1
7	<i>H. bulbosum</i>	Туркменистан	1R	0	0	0	0	0	10	1	5
30	<i>H. spontaneum</i>	Казахстан	40MS	60S	60MS	40	10	5	60	20	1
31	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	80S	80S	60MS	0	10	5	20	30	5
32	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	80S	80S	80S	0	5	5	40	60	–
33	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	30MR	80S	60MS	60	10	–	40	30	–
34	<i>H. spontaneum</i>	Палестина	40MS	80S	20MS	10	10	5	40	30	40
39	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	40MS	80S	60MS	20	10	–	60	30	–
46	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	40S	80S	60MS	0	10	10	5	20	–
48	<i>H. bulbosum</i>	Казахстан	1R	0	0	0	0	0	20	30	–

Таблица. Продолжение
Table. Continued

№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Вид / <i>Hordeum</i> species	Происхождение / Origin	Развитие болезни / Disease development, %								
			<i>Puccinia hordei</i>			<i>Pyrenophora teres</i>			<i>Bipolaris sorokiniana</i>		
			2020-2021	2021-2022	2022-2023	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2020-2021	2021-2022	2022-2023
50	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	80S	80S	80S	1	0	0	1	5	10
51	<i>H. spontaneum</i>	Казахстан	60MS	80S	30MS	0	5	1	20	20	-
52	<i>H. spontaneum</i>	-*	60MS	80S	80S	0	5	5	20	10	-
55	<i>H. spontaneum</i>	Узбекистан	80S	80S	80S	0	5	5	10	20	-
56	<i>H. bulbosum</i>	Туркменистан	1R	0	0	10	0	1	40	1	5
57	<i>H. bulbosum</i>	Узбекистан	0	0	1R	0	5	1	10	5	10
69	<i>H. spontaneum</i>	Афганистан	40S	60MS	60MS	0	1	1	20	5	-
75	<i>H. spontaneum</i>	Дагестан	30MR	80S	80S	40	1	-	40	10	-
91	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	40MS	80S	80S	0	5	5	20	20	-
270	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	60S	40MS	80S	5	0	0	20	20	10
293	<i>H. spontaneum</i>	Афганистан	80S	80S	60S	0	0	10	5	5	5
294	<i>H. spontaneum</i>	Афганистан	60S	80S	80S	5	10	10	1	5	5
376	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	40MS	80S	80S	0	5	5	20	20	-
387	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	60S	60MS	80S	1	10	10	40	10	5
407	<i>H. spontaneum</i>	Казахстан	60MS	80S	80S	10	5	5	40	80	-
408	<i>H. spontaneum</i>	Турция	80S	60MS	80S	1	10	5	5	40	5
410	<i>H. spontaneum</i>	Турция	80S	80S	80S	0	5	5	10	20	-
455	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	60MS	80S	80S	0	5	5	20	10	-
456	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	5	5	20	20	-
457	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	60S	80S	80S	0	10	5	20	20	-
458	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	40	10	-	10	20	-
459	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	5	1	10	20	-
460	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	5	1	5	20	-
461	<i>H. spontaneum</i>	Турция	80S	80S	80S	1	0	5	20	40	40
461	<i>H. spontaneum</i>	Турция	80S	80S	80S	0	10	1	5	10	5
462	<i>H. spontaneum</i>	Турция	40MS	80S	80S	1	0	5	20	10	20
462	<i>H. spontaneum</i>	Турция	80S	80S	80S	0	10	1	10	10	1
463	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	20	10	-	20	20	-
464	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80MS	80S	1	0	5	40	20	5
464	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	10	20	20	-
465	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	10	40	10	-
466	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	10	20	30	-

Таблица. Окончание
Table. The end

№ по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Вид / <i>Hordeum</i> species	Происхождение / Origin	Развитие болезни / Disease development, %								
			<i>Puccinia hordei</i>			<i>Pyrenophora teres</i>			<i>Bipolaris sorokiniana</i>		
			2020-2021	2021-2022	2022-2023	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2020-2021	2021-2022	2022-2023
467	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	60S	80S	80S	80	10	-	10	20	-
468	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	60MS	80S	1	10	5	20	40	10
468	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	1	10	20	5
469	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	10	20	20	-
470	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	10	0	20	-
471	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	60S	0	10	30	20	20	1
472	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	60S	0	10	1	20	20	-
473	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	60S	40MS	80S	1	0	5	20	40	10
473	<i>H. spontaneum</i>	Ирак	80S	80S	80S	0	10	1	20	20	-
477	<i>H. spontaneum</i>	Иран	80S	60MS	80S	1	0	10	10	5	10
495	<i>H. spontaneum</i>	Туркменистан	80S	80S	60S	1	0	10	10	10	10
498	<i>H. spontaneum</i>	Таджикистан	60S	80S	80S	1	0	10	20	40	30
498	<i>H. spontaneum</i>	Таджикистан	80S	80S	80S	60	10	-	20	20	-
500	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	60S	60MS	80S	20	0	20	10	10	10
500	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	40MS	80S	30MS	0	10	5	40	30	15
521	<i>H. spontaneum</i>	Азербайджан	80S	60MS	80S	10	10	5	10	10	1
539	<i>H. spontaneum</i>	Иран	80S	80MS	80S	1	0	10	40	10	20
541	<i>H. spontaneum</i>	Иран	40MS	80S	80S	1	0	5	10	10	5
542	<i>H. spontaneum</i>	Иран	60S	80S	80S	40	0	10	-	5	1
610	<i>H. spontaneum</i>	Дагестан	80S	80MS	80S	1	60	5	40	30	30
610	<i>H. spontaneum</i>	Дагестан	60MS	80S	30MS	40	5	60	60	10	20
670	<i>H. spontaneum</i>	Армения	60S	60MS	80S	1	10	10	20	40	10
729	<i>H. spontaneum</i>	Сирия	40MS	20MR	80S	1	60	5	40	40	20
734	<i>H. spontaneum</i>	Сирия	100S	80S	80S	1	0	5	10	5	10
735	<i>H. spontaneum</i>	Сирия	80S	80S	80S	0	0	10	10	10	5
772	<i>H. spontaneum</i>	Израиль	0	10MR	0	5	0	0	20	40	60
789	<i>H. bulbosum</i>	Таджикистан	0	0	0	0	0	0	5	10	10
794	<i>H. bulbosum</i>	Таджикистан	ед.	1R	0	10	10	5	5	10	0
861	<i>H. bulbosum</i>	Узбекистан	0	0	10MR	1	0	10	5	1	10
Восприимчивый контроль***			80S	80S	80S	60	50	60	60	40	40

Примечание: * – происхождение неизвестно; ** – заливкой выделены сорта, проявившие устойчивую к болезням реакцию; *** – контроль по восприимчивости для *Puccinia hordei* – сорт 'Михайло', для *Pyrenophora teres* – 'Романс', для *Bipolaris sorokiniana* – 'Galaction'

Note: * – unknown origin; ** – the cultivars that showed a disease-resistant reaction are highlighted by filling with color; *** – susceptibility control for *Puccinia hordei* was cv. 'Mikhailo', for *Pyrenophora teres* cv. 'Romans', and for *Bipolaris sorokiniana* cv. 'Galaction'

2023). Дикie виды обладают многими желательными свойствами, особенно теми, которые способствуют устойчивости к вредителям и болезням, а также толерантности к абиотическим стрессам (Hodgkin, Hajjar, 2007). Такие признаки могут быть перенесены в высокоурожайные сорта для повышения адаптивности к меняющимся условиям окружающей среды (Razzaq et al., 2021). Виды, которые можно скрещивать с возделываемыми видами и которые имеют ценные гены, представляют собой наиболее интересный материал для практической селекции.

Предком культурного ячменя является дикий ячмень *H. spontaneum*. Известно, что дикий ячмень является донором аллелей, придающих устойчивость к абиотическим стрессам, таким как засоление и засуха, и биотическим стрессорам, таким как листовые заболевания (Ebrahim et al., 2020). *H. spontaneum* родом из так называемого региона «Плодородного полумесяца», простирающегося от Израиля и западной Иордании до юго-восточной Турции и проходящего по дуге через восточный Ирак и западный Иран. В этом регионе растение-хозяин и его патогены эволюционировали совместно на протяжении тысячелетий, что привело к высокой степени генетического разнообразия как по устойчивости растения-хозяина, так и по вирулентности патогенов. Дикий ячмень встречается в самых разных местах – от пустынь до Средиземноморья и высокогорий. Рядом исследователей выявлены многочисленные источники устойчивости *H. spontaneum* к мучнистой росе (Abbott et al., 1991), карликовой ржавчине (Jin et al., 1995), сетчатой пятнистости (Sato, Takeda, 1997) и ринхоспориозу (Abbott et al., 1991). В литературе имеются данные о получении гибридов дикого и культурного ячменя (Salomon et al., 1991) с помощью различных подходов селекции.

Ячмень луковичный (*H. bulbosum*) – единственный дикорастущий вид рода *Hordeum*, генофонд которого успешно используется в интрогрессивной гибридизации с культурным ячменем (Pendinen et al., 2018). При межвидовой гибридизации в геном этой культуры может быть перенесен ряд ценных генов (Scholz et al., 2009). Особенно большое значение имеют такие признаки *H. bulbosum*, как устойчивость к ряду листовых болезней. Из литературы известно о межвидовых гибридах *H. vulgare* × *H. bulbosum* (Johnston, Pickering, 2002; Scholz et al., 2009), характеризующихся устойчивостью к болезням: карликовой ржавчине, стеблевой ржавчине, ринхоспориозу, мучнистой росе (Hoseinzadeh et al., 2020).

Выводы

В результате исследований выявлены как образцы, устойчивые к отдельным заболеваниям (карликовая ржавчина – 11 образцов, сетчатая пятнистость – 58 образцов, темно-бурая пятнистость – 20 образцов), так и образцы с групповой устойчивостью к двум (15 образцов) и трем патогенам (7 образцов). Среди образцов, проявивших устойчивость к изучаемым заболеваниям, немало форм, происходящих из областей, находящихся на территории «Плодородного полумесяца»: Израиль, Сирия, Иран, Ирак, Турция. Этот регион является историческим центром происхождения культурного ячменя. Согласно теории сопряженной эволюции, которую разработал П. М. Жуковский, наибольшее разнообразие устойчивых форм растений следует искать именно на совместной родине растения и паразита – там, где протекала их эволюция. Поэтому образцы, выявленные в ходе прове-

денных исследований, являются перспективным исходным материалом для селекции сортов ячменя, устойчивых как к отдельным патогенам, так и группе патогенов.

References / Литература

- Abbott D.C., Brown A.H.D., Burdon J. Genes for scald resistance from wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) and their linkage to isozyme markers. *Euphytica*. 1991;61(3):225-231. DOI: 10.1007/BF00039662
- Badr A., Müller K., Schäfer-Pregl R., El Rabey H., Effen S., Ibrahim H.H. et al. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*. 2000;17(4):499-510. DOI: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330
- Barley plantings in the South decreased, but yields increased (Posevy yachmenya na Yuge snizilis, no vyroslo urozhaynost). Zerno.Ru: [website]. [in Russian] (Посевы ячменя на Юге снизились, но выросла урожайность. Zerno.Ru: [сайт]). URL: <https://www.zerno.ru/node/26767> [дата обращения: 23.07.25].
- Ebrahim F., Arzani A., Rahimmalek M., Sun D., Peng J. Salinity tolerance of wild barley *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. *Plant Breeding*. 2020;139(2):304-316. DOI: 10.1111/pbr.12770
- Gross harvests of major agricultural crops in the Russian Federation – Rosstat (Valovye sbory osnovnykh sel'skoxozyaystvennykh kultur v RF – Rosstat). Zerno.Ru: [website]. [in Russian] (Валовые сборы основных сельскохозяйственных культур в РФ – Росстат). Zerno.Ru: [сайт]. URL: <https://www.zerno.ru/node/28962> [дата обращения: 23.07.25].
- Hodgkin T., Hajjar R. Using crop wild relatives for crop improvement: Trends and perspectives. In: N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd, S.P. Kell, J.M. Iriondo, M.E. Dulloo, J. Turok. *Crop Wild Relative Conservation and Use*. Wallingford: CAB International; 2007. p.535-548. DOI: 10.1079/9781845930998.0535
- Hoseinzadeh P., Ruge-Wehling B., Schweizer P., Stein N., Pidon H. High resolution mapping of a *Hordeum bulbosum*-derived powdery mildew resistance locus in barley using distinct homologous introgression lines. *Frontiers in Plant Science*. 2020;11:225. DOI: 10.3389/fpls.2020.00225
- Jin Y., Steffenson B.J., Bockelman H.E. Evaluation of cultivated and wild barley for resistance to pathotypes of *Puccinia hordei* with wide virulence. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1995;42:1-6. DOI: 10.1007/BF02310678
- Johnston P.A., Pickering R.A. PCR detection of *Hordeum bulbosum* introgression in a *H. vulgare* background using a retrotransposon-like sequence. *Theoretical and Applied Genetics*. 2002;104(4):720-726. DOI: 10.1007/s00122-001-0791-2
- Joshi A.K., Mishra B., Chatrath R., Ortiz-Ferrara G., Singh P. Wheat improvement in India: Present status, emerging challenges and future prospects. *Euphytica*. 2007;157(3):431-446. DOI: 10.1007/s10681-007-9385-7
- Koyshibayev M., Muminjanov H. Guidelines for monitoring diseases, pests and weeds in cereal crops. Ankara: FAO; 2016. Available from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ce7d4989-c852-4d90-b052-5a5034f707eb/content> [accessed Jul. 23. 2025].
- Kuznetsova T.E., Serkin N.V., Levshtanov S.A., Veretelnikova N.A. Combining ability breeding of winter barley in Krasnodar Institute of Agriculture. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2013;171:208-213. [in Russian] (Кузнецова Т.Е., Серкин Н.В., Левштанов С.А., Веретельникова Н.А. Комбинационная

- селекция озимого ячменя в Краснодарском НИИСХ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013;171:208-213).
- McLean M.S., Howlett B.J., Hollaway G.J. Epidemiology and control of spot form of net blotch (*Pyrenophora teres* f. *maculata*) of barley: a review. *Crop and Pasture Science*. 2009;60(4):303-315. DOI: 10.1071/CP08173
- Ovesna J., Chrpova J., Kolarikova L., Svoboda P., Hanzalova A., Palicova J. Et al. Exploring wild *Hordeum spontaneum* and *Hordeum marinum* accessions as genetic resources for fungal resistance. *Plants (Basel)*. 2023;12(18):3258. DOI: 10.3390/plants12183258
- Park R.F., Golegaonkar P.G., Derevnina L., Sandhu K.S., Karaoglu H., Elmansour H.M. et al. Leaf rust of cultivated barley: pathology and control. *Annual Review of Phytopathology*. 2015;53:565-589. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080614-120324
- Pendinen G.I., Chernov V.E., Scholz M. Biological characterization of introgressive barley lines obtained on the basis of the interspecific hybrid *Hordeum vulgare* L. × *H. bulbosum* L. (HvHbHb). *Plant Biotechnology and Breeding*. 2018;1(1):16-24. [in Russian] [Пендинен Г.И., Чернов В.Е., Шольц М. Характеристика интрогрессивных линий ячменя, полученных на основе межвидового гибрида *Hordeum vulgare* L. × *H. bulbosum* L. (HvHbHb). *Биотехнология и селекция растений*. 2018;1(1):16-24]. DOI: 10.30901/2658-6266-2018-1-16-24
- Razzaq A., Saleem F., Wani S.H., Abdelmohsen S.A.M., Alyousef H.A. Abdelbacki A.M. et al. De-novo domestication for improving salt tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:681367. DOI: 10.3389/fpls.2021.681367
- Salomon B., von Bothmer R., Jacobsen N. Intergeneric crosses between *Hordeum* and North-American *Elymus* (Poaceae, Triticeae). *Hereditas*. 1991;114(1):35-39. DOI: 10.1111/j.1601-5223.1991.tb00550.x
- Sato K., Takeda K. Net blotch resistance in wild species of *Hordeum*. *Euphytica*. 1997;95:179-185. DOI: 10.1023/A:1002958924439
- Scholz M., Ruge-Wehling B., Habekub A., Schrader O., Pendinen G., Fischer K. et al. *Ryd4 (Hb)*: a novel resistance gene introgressed from *Hordeum bulbosum* into barley and conferring complete and dominant resistance to the barley yellow dwarf virus. *Theoretical and Applied Genetics*. 2009;119(5):837-849. DOI: 10.1007/s00122-009-1093-3
- StatSoft: [website]. Available from: <https://statsoftai.ru> [accessed Jul. 23. 2025].
- Volkova G., Danilova A.V., Kudinova O.A. The virulence of the barley leaf rust pathogen in the North Caucasus in 2014–2017. *Agricultural Biology*. 2019;54(3):589-596. [in Russian] (Волкова Г.В., Данилова А.В., Кудинова О.А. Вирулентность популяции возбудителя карликовой ржавчины ячменя на Северном Кавказе в 2014–2017 годах. *Сельскохозяйственная биология*. 2019;54(3):589-596). DOI: 10.15389/agrobiol.2019.3.589rus

Информация об авторах

Галина Владимировна Волкова, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории, Федеральный научный центр биологической защиты растений, 350039 Россия, Краснодар, ул. им. Калинина, 62, galvol.bpp@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3696-2610>

Анастасия Валерьевна Данилова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологической защиты растений, 350039 Россия, Краснодар, ул. им. Калинина, 62, starlight001@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6009-9757>

Яна Викторовна Яхник, научный сотрудник, Федеральный научный центр биологической защиты растений, 350039 Россия, Краснодар, ул. им. Калинина, 62, yahnik1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3410-7928>

Игорь Градиславович Лоскутов, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, i.loskutov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9250-7225>

Information about the authors

Galina V. Volkova, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of the RAS, Chief Researcher, Head of a Laboratory, Federal Research Center of Biological Plant Protection, 62 Kalinina St., Krasnodar 350039, Russia, galvol.bpp@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3696-2610>

Anastasia V. Danilova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Federal Research Center of Biological Plant Protection, 62 Kalinina St., Krasnodar 350039, Russia, starlight001@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6009-9757>

Yana V. Yakhnik, Researcher, Federal Research Center of Biological Plant Protection, 62 Kalinina St., Krasnodar 350039, Russia, yahnik1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3410-7928>

Igor G. Loskutov, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Chief Researcher, Head of a Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, i.loskutov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9250-7225>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.08.2025; одобрена после рецензирования 14.10.2025; принята к публикации 10.11.2025. The article was submitted on 22.08.2025; approved after reviewing on 14.10.2025; accepted for publication on 10.11.2025.