

Иммунологическая кластеризация генофонда ярового ячменя в условиях Рязанской области

Ольга Викторовна Левакова

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязанская область, Рязанский район, с. Подвьязь, Россия
e-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований коллекционного генофонда ярового ячменя в условиях Рязанского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в 2017–2021 гг. на естественном фоне развития грибных болезней. Целью исследований являлось проведение иммунологической кластеризации коллекционного генофонда ярового ячменя в условиях Рязанской области и выделение наиболее перспективных форм для включения в скрещивания в качестве родительских форм. Выявлено, что подавляющее большинство изученных сортов относились к группе высокоустойчивых сортов. Установлено, что комплексной устойчивостью к группе патогенов (сетчатая (*Perenophora teres* Drechs), темно-бурая пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem), мучнистая роса (*Erisiphe graminis* D.C.f. sp. hordei Marchal), пыльная головня (*Usnilago nuda* Jen.)) обладало более половины сортов (57,8 %) изучаемой коллекции ярового ячменя. Высокую комплексную устойчивость проявили следующие сорта: Нур, Надежный, Московский 3, Московский 2, Двина, Калита, Хопер, Ясный, Грив, Миар, Риск, Выбор (Россия); Тимерхан (Татарстан); Дивосны, Гонор, Якуб, Батка, Фэст, Хаго (Беларуссия); Гетьман, Харьковский 102, Винницкий 17 (Украина); Илек-1, Илек-34 (Казахстан); Delphin (Франция); Linga, Irbe (Латвия); Izotta, Graice (Германия); Prosa, Pejas (Чехия); Collie (Великобритания); В-934 (Канада). Наибольшая ориентировочная продуктивность за годы исследований выявлена у следующих сортов: Знатный (Россия), Гонар (Беларусь), Vivaldi (Австрия), Eufel, Pioneer (Франция), Стратус (Польша), имеющие преимущество относительно стандарта Яромир на 0,3–0,7 т/га. Самую высокую устойчивость к полеганию из всего исследуемого генофонда ярового ячменя имел сорт Надежный (Россия) – 8,6 балла. Использование комплексной оценки ранжирования выявило приоритет сортов белорусской селекции Дивосны, Гонар и чешских сортов Pegas, Prosa, занимающие лидирующие позиции рейтинговой шкалы по устойчивости к полеганию, поражению болезнями и продуктивности.

Ключевые слова: *Hordéum vulgáre*; сорт; устойчивость к фитопатогенам; урожайность; полегание.

Для цитирования: Левакова О. В. Иммунологическая кластеризация генофонда ярового ячменя в условиях Рязанской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 11–15. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp11-15>.

AGRONOMY

Original article

Immunological clustering of the spring barley gene pool in the conditions of the Ryazan region

Olga V. Levakova

Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Ryazan region, Ryazan district, Podvyazye village, Russia
e-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. The article presents the results of field studies of the collection gene pool of spring barley in the conditions of the Ryazan branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” in 2017–2021 against the natural background of the development of fungal diseases. The aim of the research was to carry out immunological clustering of the collection gene pool of spring barley in the conditions of the Ryazan region and to identify the most promising forms for inclusion in crosses as parental forms. It was revealed that the vast majority of the studied varieties belonged to the group of highly resistant varieties. It was found that more than half of the varieties (57.8%) of the studied collection possessed complex resistance to a group of pathogens (reticulated (*Perenophora teres* Drechs), dark brown mottling (*Bipolaris sorokiniana* Shoem), powdery mildew (*Erisiphe graminis* D.C.f.sp. hordei Marchal), dusty smut (*Usnilago nuda* Jen.)). spring barley. The following varieties showed high complex stability: Nur, Reliable, Moskovsky 3, Moskovsky 2, Dvina, Kalita, Hopper, Clear, Griv, Miar, Risk, Choice (Russia); Timerkhan (Tatarstan); Divosny, Gonor, Yakub, Batka, Fest, Khago (Belarus); Hetman, Kharkiv 102, Vinnitsia 17 (Ukraine); Ilek-1, Ilek-34 (Kazakhstan); Delphin (France); Linga, Irbe (Latvia); Izotta, Graice (Germany); Prosa, Pejas (Czech Republic); Collie (UK); В-934 (Canada). The greatest approximate productivity over the years of research has been revealed in the following varieties: Notable (Russia), Gonar (Belarus), Vivaldi (Austria), Eufel, Pioneer (France), Stratus (Poland), which have an advantage over the Yaromir standard by 0.3–0.7 t/ha. Reliable variety (Russia) had the highest resistance to lodging out of the entire studied gene pool of spring barley – 8.6 points. The use of a comprehensive ranking assessment revealed the priority of varieties of the Belarusian selection Divosny, Gonar and Czech varieties Pegas, Prosa, which occupy leading positions on the rating scale in terms of resistance to lodging, disease damage and productivity.

Keywords: *Hordéum vulgáre*; variety; resistance to pathogens; yield; lodging.

For citation: Levakova O.V. Immunological clustering of the spring barley gene pool in the conditions of the Ryazan region // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(8):11–15. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp11-15>.

Введение. На территории РФ вследствие региональных агроклиматических условий в посевах зерновых культур исторически сложились свои специфичные патогенные комплексы. Так, в основных зерносеющих районах региона периодически (один раз в 2–3 года) отмечается массовое развитие на ячмене грибных болезней. Потери урожая от патогенов ежегодно составляют 25–30 %, а в отдельные годы превышают 40 % [9, 15]. На динамику развития грибных болезней





яровых зерновых культур в той или иной степени оказывают влияние погодные условия в критически важные периоды вегетации растений. При этом доля природной составляющей в каждом из патоккомплексов сугубо своя [6]. Микроэволюционные процессы, происходящие в популяциях возбудителей, значительно ограничивают экологическую устойчивость и долговечность иммунных сортов. В России и мире остаются актуальными исследования по поиску генотипов с длительной устойчивостью и/или медленным нарастанием (slow rusting) инфекции в биоценозе. Поэтому важнейшей задачей в селекции является постоянный мониторинг видовой и внутривидовой структуры популяций патогенов и насыщение селекционного процесса адаптивными к местным агроклиматическим условиям донорами и источниками [8].

Использование интенсивных технологий, сокращение севооборотов и генетического разнообразия культур стимулирует ускорение эволюционных процессов в популяциях микроорганизмов и появление новых агрессивных форм [12, 16, 18]. Исследованиями установлено, что успех при создании таких сортов в большей степени зависит от начального этапа селекции – отбора исходного материала [17].

Селекция зерновых культур на устойчивость к грибным инфекциям интегрирована в программы исследований селекционных учреждений страны. В связи с этим, необходима оценка устойчивости растений к региональным популяциям патогенов. Всестороннее изучение исходного материала ярового ячменя для создания новых сортов в конкретных почвенно-климатических условиях имеет большое теоретическое и практическое значение. Селекция на устойчивость к патогенам осложняется тем, что популяция возбудителя состоит из большого числа вирулентных рас патогена.

Благодаря ряду биологических особенностей ячменя (относительно короткий жизненный цикл, самоопыление, диплоидный геном) современные молекулярно-генетические и геномные исследования этой культуры продвигаются динамично. В настоящее время идентифицировано 5 главных генов устойчивости и более 40 QTL, контролирующих различный уровень устойчивости к возбудителю сетчатой пятнистости [20]. Во Всероссийском институте защиты растений предложили три гена – Rpt 1b, Rpt 5, Rpt 6, которые так же контролируют устойчивость к данному заболеванию [2]. Группой австралийских ученых определены 10 сцепленных маркеров Vmag0807, Vmag0173, HVM74, Vmag0870, HVM65, Vmag0496, Vmag0344a, EVMac0853, EVMac0806 и EVMac0874, которые можно применять в селекционных программах на толерантность к возбудителю сетчатой пятнистости [21].

Известно свыше 100 генов, контролирующих устойчивость ячменя к мучнистой росе, из которых большая часть является аллелями [4]. Так, известно 34 аллеля гена Mla и свыше 30 – гена Mlo. Однако исследования культурного ячменя из Мировой коллекции ВИР по эффективной устойчивости к мучнистой росе указывают на крайнюю узкость генетического разнообразия этой культуры [22].

Темно-бурая листовая пятнистость имеет широкий ареал обитания и лишь два гена характеризуются высокой экспрессией признака устойчивости к данному возбудителю: Rcs5 и локус QRcs1 в хромосоме 1Н. Идентифицировано также много QTL во всех хромосомах ячменя, исключая 4Н и 6Н. Зачастую эти QTL локализованы в различных хромосомах [23].

Одним из высокоэффективных и известных генов в селекции на устойчивость к пыльной головне является ген Run6. Виды ячменя с геном Run6, по данным многих авторов, сохраняют высокую устойчивость к возбудителю пыльной головни в течение длительного времени. В 2001 году было установлено, что ген устойчивости ячменя к пыльной головне Run8 наследуется сцеплено с геном В/Ь, контролирующим черную/желтую окраску цветковой чешуи и перикарпа [13].

Цель наших исследований – иммунологическая кластеризация коллекционного генофонда ярового ячменя в условиях Рязанской области и выделение наиболее перспективных форм для включения в скрещивания в качестве родительских форм.

Методика исследований. Наблюдение, изучение и кластеризация генофонда ярового ячменя проводились в 2017–2021 гг. на полях Рязанского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в лаборатории селекции и первичного семеноводства на естественном инфекционном фоне, в том числе в годы с сильным развитием отдельных болезней (мучнистая роса – 2018 г., бурая ржавчина – 2019 г., пыльная головня – 2019 г.). В исследованиях участвовало более 160 коллекционных образцов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения. На долю Российского исходного материала приходилось 30,6 % от всего изучаемого сортифта. Из Центрально-Черноземной зоны и Северокавказского региона в исследовании было 8 образцов, из Поволжья и Урала – 11 номеров. Ведущей по количеству коллекционных номеров являлась западноевропейская экологическая группа (35,9 %), представленная образцами из Германии (32 шт.), Франции (18 шт.), Чехии (6 шт.), Польши (2 шт.) и Австрии (3 шт.). В испытании участвовало 10 номеров, относящихся к североевропейской (скандинавской) и 5 образцов – к североамериканской (маньчжурской) экологической группе. Образцов из Казахстана – 10, Украины – 14, Беларуси – 18. В качестве стандарта использован сорт двуядного ячменя Яромир.

Изучение коллекционного материала проходило на делянках площадью 3,0 м², без повторений. Полевые исследования выполнялись в соответствии с методикой полевого опыта [5]. При оценке устойчивости растений к болезням использовали показатель «процент поражения листовой поверхности». Фенологические наблюдения и учет грибных болезней осуществляли по методике Государственного сортоиспытания [11, методике ВИР [10], методикам и шкалам О.С. Афанасенко [1], А.Е. Чумакова, Т.И. Захаровой [19]. Дифференциацию образцов по устойчивости к листовым болезням давали на основании уровня развития болезни: иммунитет – отсутствие симптомов; высокая устойчивость – 5–15 %; средняя устойчивость – 16–45 %; восприимчивость – 46–65 %; высокая восприимчивость – более 66 %. Устойчивость к пыльной головне оценивали по признаку «поражение», при котором: иммунитет – отсутствие симптомов; практическая устойчивость – поражение до 5 %; высокая устойчивость – 5–25 %; средняя устойчивость – 26–50 %; восприимчивость – более 50 %.

Климат области типичен для средней полосы Европейской части России и относится к зоне неустойчивого увлажнения, вследствие частых засушливых периодов и неравномерного выпадения атмосферных осадков по сезонам. Гидротермические условия 2017–2021 гг. существенно различались по температурному режиму и количеству выпав-

ших осадков, варьирующими в течение вегетационных периодов (табл. 1). Это позволило более полно проанализировать коллекцию ярового ячменя, провести всесторонний анализ исходного материала, выявить генотипические особенности изучаемых образцов в различных условиях среды и отобрать лучшие из них по продуктивности и оценить устойчивость к наиболее распространенным в регионе болезням, таким как: сетчатая (*Perenophora teres* Drechs), темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* Shoem), мучнистая роса (*Erisiphe graminis* D.C.f. sp. hordei Marchal), а также степень поражения их пыльной головней (*Usnilago nuda* Jen.).

Таблица 1

Гидротермический коэффициент, количество осадков и сумма активных температур в годы проведения исследований (май – первая декада августа)

Вегетационный период	Годы	ГТК	Количество осадков, мм	Сумма активных температур, °С
Засушливый	2018, 2019, 2021	0,58–0,70	115–156	1941–2287
Оптимальный	2017	0,89	150	1675
Влажный	2020	1,36	257	1984

Результаты исследований. Процесс создания селекционно-генетического разнообразного иммунологического пула для эффективного отбора может осуществиться на основе тщательного подбора компонентов для скрещивания после их испытания в конкретных почвенно-климатических условиях. В результате многолетнего иммунологического исследования сортов коллекционного питомника ярового ячменя, относящихся к различным эколого-географическим группам, выявлены различия по фенотипическому проявлению грибных заболеваний, устойчивости к полеганию и средней урожайности.

Большинство исследуемых сортов обладало достаточно хорошей устойчивостью к патогенам. Так, значительное большинство изученных сортов относились к группе иммунных и высокоустойчивых сортов (см. рисунок). А комплексной устойчивостью к группе патогенов обладало более половины сортов (57,8 %) изучаемого сортимента ярового ячменя.

Выявлено, что подавляющее большинство изученных сортов ячменя подвержены поражению мучнистой росы, так как возбудитель болезни характеризуется широкой экологической пластичностью [3]. Восприимчивых сортов, как и иммунных к мучнистой росе, в коллекции ярового ячменя обнаружено не было. Основная часть (99,3 %) изученных образцов ячменя по устойчивости к поражению относилась к высокоустойчивой группе и лишь 0,7 % к среднеустойчивой.

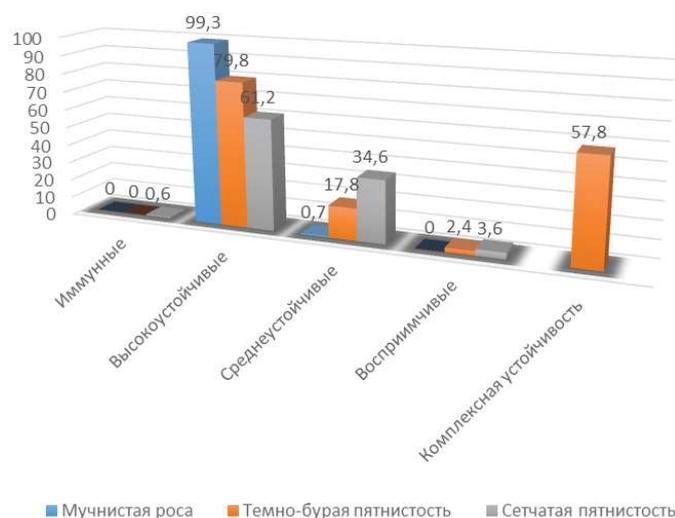
Анализ сортов коллекционного питомника ячменя выявил, что за годы исследований (2017–2021 гг.) наиболее сильно проявлялись темно-бурая и сетчатая гельминтоспориозные пятнистость, интенсивность развития которых на восприимчивых сортах достигала до 60–70 %. Сильно поразились темно-бурым пятнистостью сорта: Jilen (США), Cherloo (Дания) и Илек-16 (Казахстан), сетчатой пятнистостью – Tea (Финляндия); Passadena, Baronessa, Beatrice (Германия); Chapeau, Chief, Patricia (Франция); Илек-16 (Казахстан). Фенотипическое проявление темно-бурым пятнистости выразилось в полном отсутствии иммунных сортов, но относительно высокой доли (79,8 %) высокоустойчивых. Также большая часть сортимента (61,2 %) относилась к высокоустойчивой группе по устойчивости к сетчатой пятнистости.

Анализ данных по устойчивости сортов ячменя к пыльной головне в полевых условиях показал, что максимальную пораженность (5,4–5,8 %), соответствующей высокой устойчивости, имели сорта: Overture (Франция), Vambina (Германия), Добрый (Беларусь), голозерный ячмень Нудум 95 (Россия). К иммунным, за годы изучения которых отсутствовали симптомы поражения, относилось 79,3 % исследуемых сортов. Практическую устойчивость (до 5,0 %) к пыльной головне проявили 15,7 % сортов. Среднеустойчивых и восприимчивых сортов в коллекции не обнаружено.

В агрономическом отношении в производстве немаловажное значение для реализации генетического потенциала урожайности и качества зерна имеет групповая устойчивость районированных сортов к наиболее агрессивным заболеваниям ячменя [14].

Среди изученного генофонда ярового ячменя высокую устойчивость к комплексу болезней (сетчатая (*Perenophora teres* Drechs), темно-бурая пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem), мучнистая роса (*Erisiphe graminis* D.C.f. sp. hordei Marchal), пыльная головня (*Usnilago nuda* Jen.)) проявили следующие сорта: Нур, Надежный, Московский 3, Московский 2, Двина, Калита, Хопер, Ясный, Грив, Миар, Риск, Выбор (Россия); Тимерхан (Татарстан); Дивосны, Гонар, Якуб, Батка, Фэст, Хаго (Белоруссия); Гетьман, Харьковский 102, Винницкий 17 (Украина); Илек-1, Илек-34 (Казахстан); Delphin (Франция); Linga, Irbe (Латвия); Izotta, Graice (Германия); Prosa, Pejas (Чехия); Collie (Великобритания); В-934 (Канада).

Однако в селекционный процесс вовлекаются лишь те источники, которые имеют оптимальное сочетание как иммунологических, так и других хозяйственно-ценных признаков, но, особенное внимание уделяется высоким показателям урожайности [5]. Также отмечается, что полегшие посевы подвергаются более интенсивному воздействию болезней. Поэтому такой признак, как полегание растений, необходимо учитывать при оценке генофонда и подборе сортов для вовлечения в гибридизацию.



Дифференциация генофонда ярового ячменя по устойчивости к листовым болезням в условиях Рязанской области



На основе многолетних проведенных исследований и экспериментальных данных в обобщенном виде систематизирован материал, который позволяет наметить акценты в решении проблемы создания устойчивых к болезням и продуктивных сортов ячменя, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика лучшего продуктивного и иммунного генофонда ярового ячменя в 2017–2021 гг.

Сорт	Происхождение	Степень поражения,%			Поражение пыльной головней	Полегание, балл	Ранг устойчивости к болезням и полеганию	Урожайность, т/га	Ранг обобщенной селекционной ценности
		Мучнистая роса	Темно-бурая пятнистость	Сетчатая пятнистость					
Яромир, ст	Россия	7,8	6,0	12,5	0,01	7,5	17	6,6	17
Раушан	Россия	3,6	10,0	15,7	0	5,5	14	6,3	12
Надежный	Россия	2,5	3,0	6,3	0,01	8,6	8	6,2	14
Знатный	Россия	5,0	5,2	13,0	0	6,8	10	7,3	9
Немчиновский 36	Россия	5,0	7,5	16,5	0	7,3	19	6,7	18
Бикам	Россия	4,8	7,5	11,3	0,01	7,5	18	5,8	19
Биом	Россия	2,3	7,5	15,0	0	6,0	9	6,4	10
Атаман	Беларусь	2,5	5,0	13,8	0	6,5	7	5,8	8
Гонар	Беларусь	1,6	3,3	8,3	0	7,7	3	6,9	2
Дивосны	Беларусь	1,8	5,0	4,8	0	6,4	1	5,7	1
Батька	Беларусь	1,6	6,7	16,3	0,02	6,0	13	6,7	11
Солнцедар	Украина	3,3	8,3	13,3	0	7,3	16	6,3	16
Vivaldi	Австрия	5,0	6,3	12,5	0	7,0	15	6,9	13
Eufel	Франция	1,4	6,3	10,0	0	7,3	5	6,9	5
Pioneer	Франция	3,8	3,8	10,0	0	7,0	6	7,1	6
Passenger	Франция	5,0	6,7	13,3	0	6,0	11	6,0	15
Prosa	Чехия	2,5	3,8	10,0	0	6,8	2	6,1	4
Pegas	Чехия	1,6	6,3	8,8	0	7,0	4	6,5	3
Стратус	Польша	5,0	12,5	7,5	0	6,5	12	7,3	7
Среднее	–	3,5	6,4	11,5	0,003	6,9	–	6,5	–

Наибольшая ориентировочная продуктивность за годы исследований выявлена у следующих сортов: Знатный (Россия), Гонар (Беларусь), Vivaldi (Австрия), Eufel, Pioneer (Франция), Стратус (Польша), имеющие преимущество относительно стандарта Яромир на 0,3–0,7 т/га. Самую высокую устойчивость к полеганию из всего исследуемого генофонда ярового ячменя имел сорт Надежный – 8,6 балла.

Для выявления форм с широким адаптивным потенциалом устойчивости к биотическим факторам среды использовали принцип ранжирования лучших сортов по показателям устойчивости к болезням ячменя и полеганию, что позволило выделить сорта Дивосны, Prosa и Гонар, занявшее, соответственно, первое, второе и третье место в рейтинговой шкале. А использование комплексной оценки ранжирования выявило приоритет сортов белорусской селекции Дивосны, Гонар и чешских сортов Pegas, Prosa, занимающие лидирующие позиции рейтинговой шкалы по устойчивости к полеганию, поражению болезнями и продуктивности.

Заключение. Таким образом, в результате многолетнего анализа устойчивости коллекционного генофонда ярового ячменя в условиях Рязанской области к поражению грибными заболеваниями позволило в обобщенном виде систематизировать исследуемый материал. Большинство исследуемых сортов обладало достаточно хорошей устойчивостью к патогенам. Так, значительное большинство изученных сортов относились к группе высокоустойчивых сортов. А комплексной устойчивостью к группе патогенов (сетчатая (*Perenophora teres* Drechs), темно-бурая пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem), мучнистая роса (*Erisiphe graminis* D.C.f. sp. hordei Marchal), пыльная головня (*Usnialago nuda* Jen.)) обладало более половины сортов (57,8 %) изучаемого сортимента ярового ячменя, основная масса которых представлена образцами из России (36,4 %), Белоруссии (18,2 %) и Украины (3,8 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасенко О. С. Методические указания по диагностике и методам полевой оценки устойчивости ячменя к возбудителям пятнистостей листьев. Л., 1987. 19 с.
2. Афанасенко О. С. Эффективные комбинации генов устойчивости для создания сортов ячменя с длительной устойчивостью к *Perenophora teres* F. Teres // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвящ. 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы: сб. тез. Междунар. Конгресса. СПб., 2019. 437 с.
3. Баташева Б. А., Муслимов М. Г., Арнаутова Г. И. Устойчивость местных сортов ячменя к грибным болезням // Аграрная наука. 2019. № 1. С. 61–65.
4. Генетическое разнообразие образцов ячменя из Эфиопии по устойчивости к мучнистой росе / Р.А. Абдуллаев [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. 2. С. 7–10.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос. 1979. 416 с.
6. Зависимость развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов / Т.К. Шешегова и [др.] // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 31 (4). С. 58–61.
7. Левакова О. В. Изучение исходного материала ярового ячменя в целях использования его в селекционном процессе для Центрального региона РФ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2. С. 61–65.
8. Левакова О. В., Ерощенко Л. М. Устойчивые к гельминто-спориозным пятнистостям высокоурожайные сорта и линии ярового ячменя // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 33–35.





9. Макарова М. А., Шевцова А. А., Семенова Л. Г. Характеристика генофонда кукурузы и ярового ячменя по устойчивости к фитопатогенам в Приамурье // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 25–31.

10. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса / сост. М. В. Лукьянова, Н. А. Родионова, А. Я. Трофимовская. Л., 1981. 31 с.

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кирилловской. М., 2019. 194 с.

12. Мешкова Л. В., Пяткова О. В. Мониторинг популяций возбудителей головневых заболеваний овса в Омской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 11(157). С. 13–18.

13. Новикова А. А., Богданова О. В. Возможности маркер-ориентированной селекции для создания сортов ячменя, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. № 1 (104). С. 138–148.

14. Петренко В. П., Звягинцева А. Н. Адаптивный потенциал образцов ячменя ярового по устойчивости к болезням и вредителям в условиях лесостепи Украины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (37). С. 229–233.

15. Прогноз появления и развития главнейших вредителей, болезней и сорняков в посевах сельскохозяйственных культур края в 2000 году и меры борьбы с ними. Хабаровск, 2000. 42 с.

16. Резистентность к каменной головне сортов и коллекционных образцов двурядного ячменя в западной сибире / Л. Я. Плотникова [и др.] // Вестник ОмГАУ. 2020. № 1 (37). С. 50–60.

17. Сивягина Т. В., Ерешко А. С., Хронюк В. Б. Оценка коллекционных образцов озимого ячменя по комплексу хозяйственно-ценных признаков в условиях южной зоны Ростовской области // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 4 (24). С. 72–77.

18. Тенденция преодоления генов устойчивости к бурой ржавчине, интродуцированных от *Aegilops speltoides* Tausch в мягкую пшеницу, в Западной Сибири / Л. Я. Плотникова [и др.] // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2018. № 5. С. 550–567.

19. Чумаков А. Е., Захарова Т. И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М., 1990. 127 с.

20. Quantitative trait loci and epistatic interaction in barley conferring resistance to net type net blotch (*Perenophora teres* F. Teres) isolates / Gupta S. et al. // Plant Breed. 2010. 129 (4). P. 362–368.

21. Novel septoria speckled leaf blotch resistance loci in a barley doubled-haploid population / Luckert D. et al. // Phytopathology. 2012. 102 (7). P. 683–691.

22. Novel induced Mlo mutant alleles in combination with site-directed mutagenesis reveal functionally important domains in the heptahelical barley Mlo protein / Reinstadler A. et al. // BMC Plant Biology. 2010. 10. 31 p.

23. Steffenson B. J. Durable resistance to spot blotch and stem rust in barley // Barley Genet. 2000. 8. P. 39–44.

REFERENCES

1. Afanasenko O. S. Methodological guidelines for the diagnosis and methods of field assessment of barley resistance to pathogens of leaf spotting. Leningrad, 1987. 19 p.

2. Afanasenko O. S. Effective combinations of resistance genes to create barley varieties with long-term resistance to *Perenophora teres* F. Teres // VII Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders. St. Petersburg, 2019. 437 p.

3. Batasheva B. A., Muslimov M. G., Arnautova G. I. Resistance of local barley varieties to fungal diseases. *Agricultural science*. 2019; 1: 61–65.

4. Genetic diversity of barley samples from Ethiopia for resistance to powdery mildew / R. A. Abdullaev, T. V. Lebedeva, N. V. Alpatieva et al. *Russian Agricultural Science*. 2019; 2: 7–10.

5. Dospikhov B.A. Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results. 4th ed., reprint. and add. Moscow, 1979. 416 p.

6. Dependence of the development of fungal infection of grain crops on the seasonal dynamics of climatic factors / T.K. Sheshegova et al. *Achievements of science and technology of agriculture*. 2017; 31 (4): 58–61.

7. Levakova O.V. Study of the source material of spring barley in order to use it in the breeding process for the Central region of the Russian Federation // *Leguminous and cereal crops*. 2018; 2: 61–65.

8. Levakova O.V., Eroshenko L.M. High-yielding varieties and lines of spring barley resistant to helminth-sporiosis spots // *Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2020; 2: 33–35.

9. Makarova M. A., Shevtsova A. A., Semenova L. G. Characteristics of the gene pool of corn and spring barley for resistance to phytopathogens in the Amur region // *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2018; 2 (46): 25–31.

10. Methodological guidelines for the study of the world collection of barley and oats / comp. M. V. Lukyanova, N. A. Rodionova, A. Ya. Trofimovskaya. Leningrad, 1981. 31 p.

11. Methodology of state variety testing of agricultural crops, edited by V. I. Golovachev, E. V. Kirilovskaya. Moscow, 2019. 194 p.

12. Meshkova L. V., Pyatkova O. V. Monitoring of populations of pathogens of smut diseases of oats in the Omsk region // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015; 11(157): 13–18.

13. Novikova A. A., Bogdanova O. V. Possibilities of marker-oriented breeding for the creation of barley varieties resistant to biotic and abiotic factors (review). *Animal husbandry and feed production*. 2021; 1 (104): 138–148.

14. Petrenkova V.P., Zvyagintseva A.N. Adaptive potential of spring barley samples for resistance to diseases and pests in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2013; 2 (37):229–233.

15. Forecast of the appearance and development of the main pests, diseases and weeds in the crops of agricultural crops of the region in 2000 and measures to combat them. Khabarovsk, 2000. 42 p.

16. Resistance to stone smut of varieties and collectible samples of double-row barley in western Siberia / L.Ya. Plotnikova et al. *Bulletin of OmGAU*. 2020; 1 (37): 50–60.

17. Sivyagina T. V., Ereshko A. S., Khronyuk V. B. Evaluation of collectible samples of winter barley according to the complex of economically valuable signs in the conditions of the southern zone of the Rostov region. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. 2013;4 (24): 72–77.

18. The tendency to overcome the genes of resistance to brown rust, introgressed from *Aegilops speltoides* Tausch in soft wheat, in Western Siberia / Plotnikova L. Ya. et al. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 5: 550–567.

19. Chumakov A. E., Zakharova T. I. Harmfulness of diseases of agricultural crops. Moscow, 1990. 127 p.

20. Quantitative loci of traits and epistatic interaction in barley, which confer resistance to isolates of net-type mesh spotting (*Perenophora teres* F. Teres) / S. Gupta et al. *Plant breeding*. 2010; 129 (4): 362–368.

21. New loci of resistance to spotting of septoria leaves in a population of barley with a doubled haploid / D. Lakert et al. *Phytopathology*. 2012; 102 (7): 683–691.

22. New induced mutant Mlo alleles in combination with site-directed mutagenesis reveal functionally important domains in the heptahelical Mlo protein of barley / A. Reinstadler et al. *BMC Plant Biology*. 2010; 10: 31.

23. Steffenson B. J. Long-term resistance of barley to spotting and stem rust. *Genetics of barley*. 2000; 8: 39–44.

Статья поступила в редакцию 14.11.2021; одобрена после рецензирования 02.12.2021; принята к публикации 30.01.2022.

The article was submitted 14.11.2021; approved after reviewing 02.12.2021; accepted for publication 30.01.2022.