

Защита растений

УДК 633.16 : 632.4 : 632.938.1

DOI:10.31857/S2500262720050075

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЧЕРНОЙ ГОЛОВНЕ СОРТОВ И КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ДВУРЯДНОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л.В. Мешкова,¹ кандидат биологических наук,
Л.Я. Плотникова,² доктор биологических наук, О.Б. Сабаяева¹¹Омский аграрный научный центр, 644012, Омск, пр. Королева, 26²Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 644008, Омск, Институтская пл., 1
E-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Черная головня, вызываемая грибом *Ustilago nigra* Тарке, наносит существенный ущерб посевам ячменя в России. Целью работы была оценка устойчивости к заболеванию сортов ярового двурядного ячменя селекции Омского аграрного научного центра и образцов из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова в Западной Сибири. Оценку развития болезни проводили в полевых условиях в 2016–2019 гг. по общепринятым методикам. Перед посевом осуществляли искусственную инокуляцию семян телиоспорами *U. nigra*. Поражение сортов значительно варьировало, что определялось контрастными погодными условиями в критические для заражения растений периоды. Стабильную устойчивость к черной головне сохранили сорта Омский 91 и Саша, а поражение других сортов омской селекции возрастало. Коллекционные образцы российской и западноевропейской селекции проявляли высокую устойчивость к головне, если заражение происходило в благоприятных или засушливых условиях с высокими температурами. Украинские и латвийские сорта были устойчивы к инфицированию в холодную влажную погоду. Высокая резистентность в контрастных условиях отмечена у сортов Ворсинский 2, Ясный, Вакула, Задел 3, Ястреб, Инклюзив, Взирець. Лучшим сочетанием устойчивости к болезни и урожайности обладали сорта Ворсинский 2, Зерноградский 770, Вакула, Взирець, Инклюзив. Эти сорта ячменя перспективны для использования в качестве источников устойчивости к черной головне в Западной Сибири.

RESISTANCE OF TWO-ROWED BARLEY CULTIVARS AND COLLECTION ACCESSIONS TO BLACK LOOSE SMUT IN WESTERN SIBERIA

Meshkova L.V.¹, Plotnikova L.Ya.², Sabaeva O.B.¹¹Omsk Agricultural Scientific Center, 644012, Omsk, pr. Koroleva, 26²Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 644008, Omsk, Institutskaya pl., 1
E-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Black loose smut caused by the fungus *Ustilago nigra* Tarpe causes significant damage to barley crops in Russia. The aim of the work was to estimate the black smut resistance of spring double-row barley varieties created by the Omsk Agrarian Research Center and samples from the Collection of N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) in Western Siberia. Estimations of cultivars was accomplished in the field in 2016–2019 according to common methods. The artificial inoculation of seeds with *U. nigra* teliospores was carried out before sowing. Cultivar damages significantly varied which was due to contrasting weather conditions during critical the periods for plant infection. Stable resistance to disease showed cvs. Omskiy 91 and Sasha but the injuries of other cultivars of Omsk breeding was increased. Collection cultivars of Russian and Western European breeding showed high resistance to black smut in favorable conditions for infection, as well as in drought with high temperatures. Ukrainian and Latvian cultivars showed high resistance when infected in conditions of high humidity and low temperature. The Vorsinsky 2, Yasny, Vakula, Zadel 3, Yastre, Inklusiv, and Vzirec, cvs. demonstrated high resistance under contrasting conditions. The best combination of resistance to disease and yield was showed by Vorsinsky 2, Zernogradsky 770, Vakula, Vzirets, Inclusive cvs. These varieties are promising to be used as sources of black smut resistance for barley breeding in Western Siberia.

Ключевые слова: ячмень, черная головня, устойчивость, коллекция ВИР, Западная Сибирь

Key words: barley, black loose smut, resistance, VIR Collection, Western Siberia

Ячмень посевной *Hordeum sativum* Jess. относится к наиболее распространенным зерновым злакам в мире. Благодаря особенностям биохимического состава зерна он представляет собой ценную фуражную и крупяную культуру [1]. При развитии головневых болезней наблюдается явный ущерб, вызванный разрушением зерен колоса, а также скрытый, связанный с угнетением растений, снижением их продуктивной кустистости и массы 1000 зерен, ухудшением качества зерна. Ущерб от головневых болезней ячменя в регионах России оценивается в 10–15% урожая, а при сильном поражении достигает 30% [2, 3].

Ячмень поражают три вида головни: каменная, пыльная и черная (ложная пыльная), вызываемые грибами *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. et Sw., *U. nuda* (Jens.) Kell. et Sw и *U. nigra* Тарке соответственно. Симптомы пыльной и черной головни схожи: на месте семян образуются сорусы, расплывающие споры гриба. Однако, если *U. nuda* инфицирует цветки, то *U. nigra* заражает

проростки семян. Критический для поражения растений период – 8–10 суток после посева [4].

Распределение головневых грибов в патогенном комплексе ячменя по регионам мира неравномерно [5]. При обследовании посевов этой культуры в Саратовской области выявлены только *U. hordei* и *U. nuda* [6], в Кемеровской – преимущественно *U. nuda* и *U. nigra* [7], в Омской области – три гриба, но *U. nigra* преобладал среди пыльногоголовневых [8]. Ранее в европейской и азиатской частях России было установлено существование различающихся популяций фитопатогенных грибов, что определяется особенностями климата, набором возделываемых сортов и технологий [9, 10]. Поэтому необходима оценка образцов ячменя к региональным популяциям патогенов [11].

С учетом постоянного формообразовательного процесса в популяциях грибов важно контролировать резистентность коммерческих сортов, а также вести опережающую селекцию новых. В России в качестве

источников устойчивости к болезням традиционно используют образцы из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Целью работы был мониторинг устойчивости к черной головне коммерческих сортов ярового двурядного ячменя селекции Омского аграрного научного центра, а также оценка образцов коллекции ВИР в Западной Сибири.

Методика. Материалом для исследований служили сорта ярового пленчатого двурядного ячменя *Hordeum sativum* Jess. селекции Омского аграрного научного центра (Омский АНЦ, г. Омск) – 6 шт., а также образцы из коллекции ВИР (г. Санкт-Петербург) – 45 шт. В качестве стандарта и индикатора восприимчивости в полевых исследованиях использовали сорт Омский 95.

Полевые исследования проводили в южной лесостепи Западной Сибири (г. Омск) в 2016-2019 гг. Перед посевом семена с травмированными оболочками обрабатывали суспензией телиоспор *U. nigra* (2 г спор/л) по методике ВИР. Посев проводили во второй декаде мая, когда в регионе складывались лучшие условия для инфицирования растений (влажность почвы – 50-70% ПВ, температура –12-16 °С). Для продления критического для заражения периода семена помещали на глубину 10 см. Посев проводили гнездовой сеялкой СПР-2 по 50 семян в трех повторностях. Поражение сортов и коллекционных образцов определяли методом разбора снопа по доле зараженных колосьев от их общего количества (в процентах) [11].

Известно, что поражение растений головней значительно зависит от условий среды. Для сопоставления результатов был использован индекс устойчивости (ИУ) в модификации для головневых болезней [12]. ИУ рассчитывали как отношение значения поражения образца к поражению сорта-индикатора восприимчивости. Степень устойчивости сортов определяли в соответствии со значениями ИУ: 0 – высокая устойчивость (иммунитет); 0,01-0,10 – практическая устойчивость; 0,11-0,40 – слабая восприимчивость; 0,41-0,80 – средняя восприимчивость; 0,81-1,00 – сильная восприимчивость. Урожайность сортов определяли на делянках площадью 2 м² (результаты предоставлены лабораторией селекции зернофуражных культур Омского АНЦ).

Результаты и обсуждение. Микроэволюционные процессы в популяциях фитопатогенных грибов, существующих в агроценозах, значительно ускорились в последние десятилетия. Это приводит к периодическому появлению новых рас и преодолению устойчивости сортов [13]. В Омском АНЦ уделяется большое внимание селекции ярового ячменя на устойчивость к головневым болезням [1]. Сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2000-2015 гг., на стадии передачи проявляли иммунитет или практическую устойчивость. Мониторинг развития черной головни важен для определения перспектив использования этих сортов в производстве, организации защиты, а также понимания фитопатологической ситуации в регионе.

В период исследований отмечены контрастные погодные условия в критический для заражения растений период (вторая – третья декады мая). В 2016 г. стояла жесткая засуха (суммарное количество осадков в мае составило 8 мм) с высокими температурами воздуха (12 и 17,3 °С во второй и третьей декадах). В мае 2017 и 2019 гг. регулярно выпадали осадки (30 и 42 мм в месяц соответственно) при умеренных средних температурах воздуха (11-13 °С). В 2018 г. значительные осадки отмечены в первой и третьей декадах (108 мм в месяц), но

температура была низкой (6, 7, 10 °С в 1–3 декадах), что привело к слабому прогреву почвы.

Оценки развития черной головни на сортах омской и инорайонной селекции значительно варьировали (табл. 1, 2). Поражение восприимчивого сорта (индикатора) показывает, насколько были благоприятными условия для заражения и развития болезни. В благоприятном 2017 г. поражение сорта Омский 95 составило 30,6%, в неблагоприятном 2018 г. – 5,2%. Аналогично изменялась и средняя оценка поражения сортов.

Ранее в ходе изучения развития черной головни ячменя в Европейской части РФ был сделан вывод о том, что заражению способствуют высокая влажность почвы (не менее 60% ПВ) и температура 18-20 °С [11]. В наших экспериментах сходная средняя оценка поражения сортов получена как при умеренных значениях увлажнения и температуры в мае 2019 г., так и при острой засухе и высокой температуре в 2016 г. Наименьшее заражение растений отмечено в холодном и влажном мае 2018 г. Таким образом, на заражение ячменя преимущественно влияла температура среды, а не влажность почвы. Возможно, в Западной Сибири сформировалась популяция *U. nigra*, приспособившаяся к заражению растений в условиях характерной весенней засухи.

Индекс устойчивости (ИУ) позволяет в значительной мере нивелировать колебания условий среды и выделить влияние резистентности сортов на развитие болезни. Так, если средние оценки поражения сортов менялись в период наблюдений в 5-7 раз, то средние ИУ – в 1,64 раза (табл. 1). ИУ сорта Сибирский авангард составил 0,46-0,64 (за исключением 2018 г.), то есть сорт остался средневосприимчивым к головне. ИУ сорта Омский 90 резко возрос с 2016 по 2019 г., что свидетельствует о потере им устойчивости и переходе в сильно восприимчивую группу. В то же время ИУ сортов Омский 91 и Саша снизился, в результате из сильно- и средневосприимчивой группы они перешли в слабо восприимчивую. Ранее [12] было показано преодоление устойчивости к каменной головне сортов Омский 90, Сибирский авангард и усиление поражения сорта Саша. Таким образом, резистентность ячменя может преодолеваться грибами *U. hordei* и *U. nigra* независимо. Эти результаты необходимо учитывать при использовании сортов в производстве.

Взаимодействие физиологических рас головневых грибов *U. nigra* и *U. hordei* с сортами происходит в соответствии с теорией «ген-на-ген» [14, 15]. Ранее было установлено сцепление генов устойчивости к черной и каменной головне *Rung* и *Ruh*, однако в гибридном потомстве выявлено 9,6% растений, устойчивых к одной из болезней, что показывает возможность разрыва сцепления [16]. Вероятно, сорта омской селекции несут разные комбинации генов устойчивости к двум болезням (сцепленные или разделенные). Кроме того, изменения резистентности сортов могут быть связаны с колебаниями в популяциях грибов.

В связи с регулярной потерей сортами устойчивости необходимо вести опережающую селекцию с использованием разнородного исходного материала. Для выявления источников устойчивости к черной головне в исследования были включены 45 коллекционных образцов двурядного ячменя, созданных в селекционных учреждениях: России – 16 шт., Западной Европы (Великобритания, Германия, Нидерланды, Финляндия, Чехия) – 7 шт., Украины – 15 шт., Латвии – 5 шт., Беларуси и США (единичные). ИУ были рассчитаны для индивидуальных образцов, по коллекции в целом, а также по группам происхождения. Средние значения

Табл. 1. Поражение черной головней и индекс устойчивости сортов ярового плечатого двурядного ячменя в Западной Сибири, 2016–2019 гг.

Сорт, год включения в ГР	Поражение, %				Индекс устойчивости			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Омский 95 – стандарт, 2007	12,9	30,6	5,2	14,7	1,00	1,00	1,00	1,00
Омский 90, 2000	3,6	14,3	2,2	12,5	0,28	0,47	0,38	0,85
Омский 91, 2004	11,1	20,6	3,1	3,6	0,86	0,67	0,60	0,24
Омский 96, 2008	11,8	9,8	2,5	7,8	0,91	0,32	0,48	0,53
Сибирский авангард 2010	7,5	19,5	0,6	6,8	0,58	0,64	0,12	0,46
Саха, 2012	8,2	3,5	0,6	3,4	0,64	0,11	0,12	0,23
Среднее	8,1	14,6	2,0	7,3	0,63	0,48	0,38	0,50

Примечание. ГР – Государственный реестр селекционных достижений РФ.

ИУ коллекции были в 1,5–2,5 раза ниже, чем у омских сортов (0,31; 0,17 и 0,22 – соответственно в 2016, 2017 и 2018 гг.) (табл. 1, 2). Это свидетельствует о том, что резистентность коллекции была выше, чем у местных сортов ячменя.

Соотношение образцов коллекции по группам устойчивости показано на рисунке. В целом по коллекции иммунитет или практическую устойчивость проявили более половины образцов (55%) в благоприятном для заражения 2017 г., 32% – в холодном 2018 г. и только 23 % – в засушливом 2016 г. В то же время в различных по происхождению группах результаты различались. Российские образцы показали лучшие результаты в 2017 и 2016 гг. (иммунных и практически

устойчивых – 63 и 52% соответственно), но в 2018 г. их доля снизилась до 35%.

Сходные закономерности установлены в группе сортов, созданных в странах Западной Европы в 2017 и 2016 гг., однако в 2018 г. значительная их доля проявила иммунитет или практическую устойчивость. Показатели украинской группы сортов улучшались от 2016 к 2018 г. Латвийские сорта имели лучшие оценки в 2017 и 2018 гг.

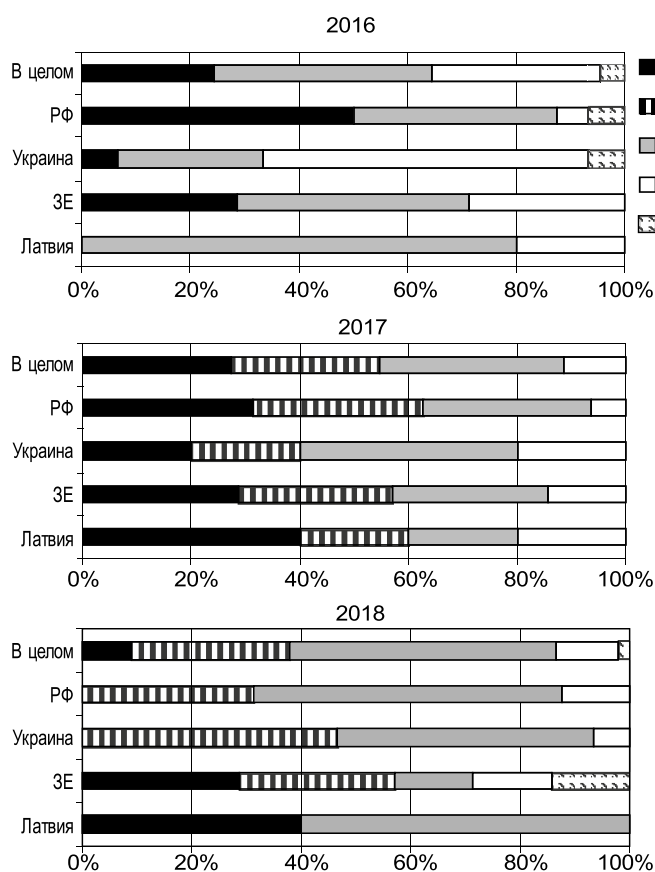
Результаты исследований показали, что в контрастных условиях Западной Сибири российские сорта имели более высокую и стабильную устойчивость к черной головне по сравнению с инорайонными. У западноевропейских и латвийских сортов отмечена устойчивость к инфицированию при пониженных температурах и высокой влажности почвы. Резистентность украинских и латвийских сортов в значительной степени снижалась при засухе и высоких температурах в период заражения. Возможно, условия среды подавляли механизмы устойчивости растений к проникновению *U. nigra*.

Для практической селекции представляют интерес источники генов, показывающие стабильную устойчивость и урожайность в контрастных погодных условиях. Лучшие сорта Ясный, Вакула (Россия) проявили иммунитет в 2016 и 2017 гг., в 2018 – практическую устойчивость (табл. 2). Оценки сортов Ворсинский 2, Задел 3, Ястреб и Инклюзив колебались от иммунитета до слабой восприимчивости, остальные образцы проявили практическую устойчивость или слабую восприимчивость. Ранее [12] было показано, что часть этих сортов иммунна (Задел 3 и Взирець) или высоко устойчива и к каменной головне (Ворсинский 2, Черноградский 770, Ясный, Вакула, Klinta, IRBEIPR).

Урожайность образцов ячменя значительно варьировала по годам. В среднем по коллекции самая низкая урожайность отмечена в засушливом 2016 г. (359 г/м²), а самая высокая – на фоне регулярных обильных осадков

Табл. 2. Поражение черной головней, индекс устойчивости и урожайность лучших образцов ярового двурядного ячменя из коллекции ВИР в Западной Сибири, 2016–2018 гг.

Сорт	Происхождение, регион, страна	Поражение, %			ИУ			Урожайность, г/м ²			
		2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	средняя
Омский 95 – стандарт	Омская область	12,9	30,6	5,2	1,00	1,00	1,00	346	672	522	513
Ворсинский 2	Алтайский край	0	1,5	0,9	0	0,05	0,17	352	658	666	558
Задел 3	- « -	0	0	1,4	0	0	0,27	373	383	423	393
Наран	Бурятия	0	7,7	0,9	0	0,25	0,17	394	475	436	434
Первоцелинник	Оренбургская область	1,8	2,9	0,5	0,14	0,09	0,10	402	415	393	403
Черноградский 770	Ростовская область	2,3	1,4	0,9	0,18	0,05	0,17	356	586	466	469
Ясный	- « -	0	0	0,4	0	0	0,08	314	532	456	433
Володон	Самарская область	0	0	1,4	0	0	0,27	356	352	706	471
Ястреб	- « -	0	1,5	1,5	0	0,05	0,29	386	385	603	457
Вакула	Ставропольский край	0	0	0,5	0	0	0,10	411	558	563	510
Privis	Латвия	2,2	1,9	0	0,17	0,06	0	243	618	491	449
Klinta	- « -	2,6	0	1,5	0,20	0	0,29	343	203	793	446
IRBEIPR	- « -	2,1	0	1,4	0,16	0	0,27	376	352	633	454
Персей	Украина	3,4	2,0	0,6	0,26	0,07	0,12	346	329	613	429
Взирець	- « -	0	0	0,4	0	0	0,08	502	563	674	578
Инклюзив	- « -	2,1	0	0,6	0,16	0	0,12	436	687	602	574
Среднее	-	4,0	5,4	1,2	0,31	0,17	0,22	359	453	565	457
НСР ₀₅	-	-	-	-	-	-	-	23	56	46	-



Распределение образцов ячменя из коллекции ВИР по группам в соответствии с индексом устойчивости, 2016–2018 гг.; 1 – иммунные, 2 – практически устойчивые, 3 – слабо восприимчивые, 4 – средне восприимчивые, 5 – сильно восприимчивые; 3E – Западная Европа.

в 2018 г. (565 г/м²). По средней за три года урожайности выделились сорта Вакула (на уровне сорта-стандарта, 510 г/м²), а также Ворсинский 2, Взрещь, Инклюзив (выше стандарта, 558–578 г/ м²). Особо следует отметить сорта Ворсинский 2 и Инклюзив, которые в контрастных условиях 2016–2018 гг. формировали урожайность, не уступающую или превышающую показатели адаптированного к зоне сорта Омский 95. Лучшее сочетание устойчивости к головневым болезням и урожайности определено у сортов Ворсинский 2, Зерноградский 770, Вакула, Взрещь, Инклюзив.

Таким образом, результаты исследований показали, что среди сортов ячменя сибирской селекции высокую устойчивость к черной головне сохраняют Омский 91 и Саша, в то время как поражение других сортов усиливается. Группа сортов российской селекции имела лучшие показатели резистентности среди набора образцов коллекции ВИР. Выделены образцы различного происхождения, сочетающие стабильную устойчивость к черной головне и урожайность в Западной Сибири и представляющие интерес для селекционных программ.

Литература

1. Аниськов Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. – Омск: ООО «Вариант-Омск». – 2010. – 388 с.

2. Степановских А.С. Головнёвые болезни ячменя: монография. – Челябинск. – 1990. – 400 с.

3. Тютерев С.Л. Протравливание семян зерновых колосовых культур // Защита и карантин растений. – 2005. – N 3. – С. 90-132.

4. Усольцев Ю.А. Снижение потерь урожая ярового ячменя от головневых заболеваний // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – N 3. – С. 65-69.

5. Menzies J.G., Thomas P.L., Woods S. Incidence and severity of loose smut and surface-borne smuts of barley on the Canadian prairies from 1972 to 2009. – Canadian J. Plant Pathol. – 2014. – V. 36 – N 3. – P. 300-310.

6. Айдарова Н.С. Изучение видового состава головневых заболеваний на посевах ячменя в КХ «Берег Волги» Духовницкого района Саратовской области // Вавиловские чтения. – 2007. – Матер. Межд. научн.-практ. конф. – Саратов: Научная книга. – 2007. – С. 5-6.

7. Zaushintsena A.V., Svirikova S.V. Technology of barley breeding for resistance to smut fungi // Science Evolution. – 2017. – V. 2. – N 2. – P. 22-32.

8. Падерина Е.В. Источники ячменя со стабильной комплексной устойчивостью к головневым заболеваниям // Источники устойчивости сельскохозяйственных культур к болезням в Западной Сибири: Науч.-техн. бюл. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СибНИИСХ. – 1990. – Вып. 6. – С. 17-21.

9. Мешкова Л.В., Пяткова О.В. Мониторинг популяций возбудителей головневых заболеваний овса в Омской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – N 11 (157). – С. 13-18.

10. Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В., Гульмяева Е.И., Митрофанова О.П., Лапочкина И.Ф. Тенденция преодоления генов устойчивости к бурой ржавчине, интрогрессированных от *Aegilops speltoides* Tausch в мягкую пшеницу, в Западной Сибири // Вавиловский журнал селекции и генетики – 2018. – Т. 22. – N 5. – С. 550-567.

11. Кривченко В.И., Хохлова А.П. Головневые болезни зерновых культур // Устойчивость генетических ресурсов зерновых культур к вредным организмам: Методическое пособие. – М., 2008. – С. 32-85.

12. Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В., Сабаева О.Б., Николаев П.Н. Резистентность к каменной головне сортов и коллекционных образцов двурядного ячменя в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – N 1 (37). – С. 50-60.

13. Parlevliet J.E. What is durable resistance, a general outline // Durability of Disease Resistance – Th. Jacobs & J.E. Parlevliet (Eds.), Kluwer Academic Publishers: The Netherlands. – 1993. – P. 23-39.

14. Sidhu G., Person C. Genetic control of virulence in *Ustilago hordei* III. Identification of genes for host resistance and demonstration of gene-for-gene relations // Can. J. Genet. Cytol. – 1972. – V. 14. – N 2. – P. 209-213.

15. Zuo W., Okmen B., Depotter J.R.L., Ebert M.K., Redkar A., Misas Villamil J., Doehlemann G. Molecular Interactions Between Smut Fungi and Their Host Plants // Annu. Rev. Phytopathol. – 2019. – V. 57. – P. 411-430. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100139.

16. Легкун И.Б. Создание и оценка сортов ячменя озимого на групповую устойчивость к головневым заболеваниям // Вавиловский журнал селекции и генетики. – 2015. – Т. 19 – N 2. – С. 191-196.

Поступила в редакцию 13.05.20
После доработки 30.05.20
Принята к публикации 05.06.20