

УДК 633.112.1:631.524.86:577.2

DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-51-55

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА НАЛИЧИЕ ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ К СЕПТОРИОЗУ STB2

О. С. Жогалева, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

А. Ю. Мышастая, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

О. С. Павленко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений,
ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

Н. Н. Вожжова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

Е. В. Ионова, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора по науке,
ORCID ID: 0000-0002-2840-6219

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Для получения высокого урожая озимой твердой пшеницы необходимо не только использовать передовые методы агротехнологии, но и высевать устойчивые к основным болезням сорта. Одной из таких болезней, наносящих большой вред посевам, является септориоз. В статье представлены результаты исследований коллекционного материала российской и зарубежной селекции озимой твердой пшеницы по идентификации эффективного в Северо-Кавказском регионе гена устойчивости к септориозу Stb2. Цель исследований – выявление гена устойчивости к септориозу типа Stb2 в коллекционном материале озимой твердой пшеницы. Исследования были проведены в 2017–2018 гг. в лаборатории маркерной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Зернограде. В процессе проведения исследования применялись такие методы, как выделение геномной ДНК СТАВ-методом, ПЦР-анализ молекулярным SSR-маркером WMS533, электрофорез на 2% агарозном геле, анализ электрофорезных гелей в программном обеспечении Bio-Rad Image Lab 6.0, а также общий анализ данных при помощи программы Microsoft Excel. В результате исследований из 185 проанализированных образцов было выявлено 29 образцов, имеющих ген устойчивости к септориозу Stb2: Л3557 h42, Л3182 h7, Л3335 h29, Л3336 h43, Л3408 h218 (Россия, ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»), К-61620 (Россия), К-54455, DF 917 (Румыния), К-61924, К-59179, К-51863, К-61869 (Молдова), К-63871 (Турция), Харьковская 909 (Украина), MVTD-15-99 (Венгрия), 2196-1/04, 922/93, 589/13, 655/13, 683/13, 145/14, 322/14, 484/14, Гордеиформе 1424/82 (Россия, ФГБНУ «АНЦ «Донской»), Белый парус (Украина), Белгородская янтарная (ООО «Сатива» (Белгород, Россия), ИР им. В. Я. Юрьева (Харьков, Украина), Живица (Россия, Прикумская ОСС), Pandur (Румыния) и Elidur (Румыния). Рекомендуем использовать выявленные образцы озимой твердой пшеницы с геном Stb2 в селекционных программах на устойчивость к септориозу.

Ключевые слова: пшеница, септориоз, ген, устойчивость, Stb2.

Для цитирования: Жогалева О. С., Мышастая А. Ю., Павленко О. С., Вожжова Н. Н., Ионова Е. В. Изучение коллекционного материала озимой твердой пшеницы на наличие гена устойчивости к септориозу Stb2 // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 51–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-51-55.



THE STUDY OF THE COLLECTION MATERIAL OF WINTER DURUM WHEAT ON PRESENCE OF THE SEPTORIA LEAF BLOTCH RESISTANCE GENE STB2

O. S. Zhogaleva, research technician of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

A. Yu. Myshastaya, research technician of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

O. S. Pavlenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection,
ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;

N. N. Vozhzhova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cell breeding, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

E. V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, acting deputy director on Science,
ORCID ID: 0000-0002-2840-6219

Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

In order to obtain high yields of winter durum wheat, it is necessary not only to use advanced agricultural technologies, but also to sow varieties resistant to major diseases. One of these diseases that cause great harm to grain crops is Septoria leaf blotch. The current paper has presented the study results of collection material of Russian and foreign winter durum wheat according to the efficiency of the Septoria leaf blotch resistance gene Stb2 in the North Caucasus region. The purpose of the current study was to identify the Septoria leaf blotch resistance gene Stb2 in the collection material of winter durum wheat. The study was carried out in 2017–2018 in the laboratory of marker breeding of the FSBSI "ARC "Donskoy" in Zernograd. In the course of the study there have been applied such meth-

ods as the isolation of genomic DNA by the CTAB-method, PCR-analysis with the molecular SSR marker WMS533, electrophoresis on 2% agarose gel, analysis of electrophoresis gels in the Bio-Rad Image Lab 6.0 software, general data analysis by Microsoft Excel. The study has shown that 29 samples out of 185 analyzed ones had the Septoria leaf blotch resistance gene *Stb2*, they are the lines L3557 h42, L3182 h7, L3335 h29, L3336 h43, L3408 h218 (Russia, FSBSI "Research Center of Plants named after P. P. Lukyanenko"), K-61620 (Russia), K-54455, DF 917 (Romania), K-61924, K-59179, K-51863, K-61869 (Moldova), K-63871 (Turkey), Kharkovskaya 909 (Ukraine), MVTD-15-99 (Hungary), 2196-1/04, 922/93, 589/13, 655/13, 683/13, 145/14, 322/14, 484/14, Gordeiform 1424/82 (Russia, FSBSI "ARC "Donskoy"), Beliy Parus (Ukraine), Belgorodskaya Yantarnaya (LLC "Sativa" in Belgorod, Russia), IR named after V. Ya. Yuriev (Kharkov, Ukraine)), Zhivitsa (Russia, Priukumskaya OSS), Pandur (Romania) and Elidur (Romania). There have been recommended using the identified samples of winter durum wheat with the Septoria leaf blotch resistance gene *Stb2* in breeding programs.

Keywords: wheat, Septoria leaf blotch, gene, resistance, *Stb2*.

Введение. Создание устойчивых сортов с последующим внедрением их в производство является одним из самых надежных и эффективных методов в интегральной защите сельскохозяйственных растений (Коломиец и др., 2015).

В Ростовской области посевам как мягкой, так и твердой пшеницы наносят большой вред грибные болезни, среди которых в последнее время широкое распространение получил септориоз. Он снижает фотосинтетическую активность растений и вызывает недоразвитость колосьев, что в годы эпифитотий приводит к снижению урожая зерна на 40–50% (Кочоров и др., 2013). При создании новых сортов твердой пшеницы необходимо использовать в качестве исходного материала такие сорта, которые обладают геном устойчивости к септориозу. Для этого необходимы доноры – образцы, несущие один или несколько генов устойчивости (*Stb*), поиск которых должен производиться не только среди отечественных образцов, но и среди мировых коллекций (Коломиец и др., 2017). В последнее время у пшеницы определено 17 основных генов устойчивости к *M. graminicola* (*Septoria tritici*) (*Stb1* – *Stb17*). Каждый из них обеспечивает разный уровень устойчивости. Для Северо-Кавказского региона ген устойчивости к септориозу *Stb2* отнесен к группе эффективно действующих генов (Пахолкова и др., 2016). Знание генотипов сортов и конкретных генов устойчивости, содержащихся у сортов, позволит прогнозировать защиту посевов от болезней и создавать новые устойчивые сорта озимой твердой пшеницы. Поэтому целью наших исследований являлось выявление гена устойчивости к септориозу типа *Stb2* в коллекционном материале озимой твердой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Объект исследований – 185 коллекционных образцов озимой твердой пшеницы российской и зарубежной селекции. Идентификацию гена устойчивости к септориозу *Stb2* проводили в 2017–2018 гг. в лаборатории маркерной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Зернограде. Гомогенизацию образцов проводили при помощи прибора Bertin Precellys 24 (рис. 1).



Рис. 1. Гомогенизатор Bertin Precellys 24, измельчающий растительные образцы, погруженные в CTAB-буфер, при помощи керамических шариков, вакуума и 3D-вращения

Fig. 1. Homogenizer Bertin Precellys 24, which grinds plant samples immersed in the CTAB-buffer using ceramic balls, vacuum and 3D rotation

Использовались следующие методы исследований:

1. Выделение геномной ДНК CTAB-методом (Murray and Thompson, 1980).

2. ПЦР-анализ молекулярным SSR-маркером WMS533.

Условия ПЦР: 94 °C – 3 мин, 45 циклов (94 °C – 1 мин, 60 °C – 1 мин, 72 °C – 2 мин), 72 °C – 10 мин.

Состав реакционной смеси на 25 мкл: ДНК – 2 мкл; 10 x PCR буфер – 2,5 мкл; MgCl₂ (25mM) – 1,5 мкл; смесь dNTPs (25mM) – 0,5 мкл; по 1 мкл каждого праймера (1 μmol); Taq-полимераза (5 U) – 0,2 мкл; деионизированная вода – 16,3 мкл (Botez et al., 2009).

3. Электрофорез в агарозном геле. Молекулярный размер ампликона маркера 150 пар нуклеотидов указывает на наличие гена устойчивости к септориозу *Stb2*. Отсутствие амплификации – на отсутствие гена в исходном материале для анализа (Adhikari et al., 2004).

Степень поражения септориозом в полевых условиях учитывали по шкале Петерсона (Peterson et al., 1948) на инфекционном фоне лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Дерова и др., 2018). Образцы относили к разным группам устойчивости в зависимости от степени поражаемости септориозом: 0–15% – устойчивые; 15–25% – среднеустойчивые; 25–40% – средневосприимчивые; более 40% – восприимчивые (Самофалова и др., 2018).

Оценку количества и качества выделенной ДНК проводили с помощью спектрофотометра Implen NanoPhotometer NP80 (рис. 2).



Рис. 2. Оценка количества и качества выделенной ДНК при помощи спектрофотометра Implen NanoPhotometer NP80.

Анализ выполняет А. Ю. Мышастая

Fig. 2. Estimation of the quantity and quality of the isolated DNA using the spectrophotometer Implen NanoPhotometer NP80.

The analysis has been performed by A. Yu. Myshastaya

К анализу допускались образцы озимой твердой пшеницы с коэффициентом соотношения длин волн A260/A280 в пределах от 1,8 до 2,2 и содержащие более 50 нг/мкл продукта.

Анализ электрофорезных гелей выполняли в программном обеспечении Bio-Rad Image Lab 6.0 (рис. 3).

Общий анализ результатов исследования проводили в программном обеспечении Microsoft Excel.



Рис. 3. Процесс анализа электрофорезных гелей в программном обеспечении Bio-Rad Image Lab 6.0.

Анализ выполняет О. С. Жогалева

Fig. 3. The process of analysis of electrophoresis gels in the Bio-Rad Image Lab 6.0 software.

The analysis has been performed by O. S. Zhogaleva

Результаты и их обсуждение. Ген *Stb2* является одним из главных и эффективных генов устойчивости озимой пшеницы к септориозу и локализован на хромосоме 3BS. Источником этого гена является сорт пшеницы Chinese Spring. Ген *Stb2* был ассоциирован с локусами WMS 533, WMS 389 и WMS 493 (Botez et al., 2009). С локусом WMS533 ассоциированы также гены устойчивости к другим основным болезням пшеницы – желтой ржавчине Yr30, стеблевой ржавчине Sr2 и бурой ржавчине Lr27 (Rahmatov et al., 2019).

В результате проведенных исследований 185 коллекционных образцов озимой твердой пшеницы нами был получен ряд электрофореграмм агарозных гелей. На фрагменте одной из таких электрофореграмм выявлено наличие гена устойчивости к септориозу *Stb2* у сорта Белгородская янтарная и других образцов (рис. 4).

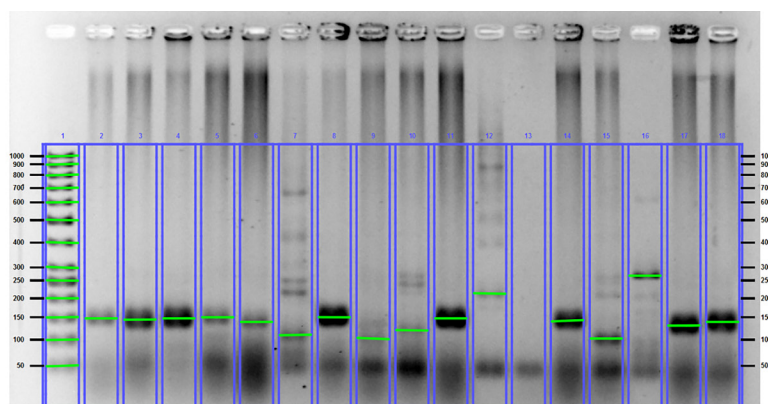


Рис. 4. Фрагмент электрофореграммы скрининга образцов озимой твердой пшеницы по определению гена устойчивости к септориозу на агарозном геле. Продукты амплификации с маркером WMS 533: 1 – маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50bp+; 2 – Белгородская янтарная (ООО «Сатива» (Белгород, Россия), ИП им. В. Я. Юрьева (Харьков, Украина)); 3 – 589/13; 4 – 655/13; 5 – 683/13; 6 – 117/14; 7 – 126/14; 8 – 145/14; 9 – Динас; 10 – 309/14; 11 – 322/14; 12 – 385/14; 13 – 468/14; 14 – 484/14; 15 – 533/14; 16 – 605/14; 17 – 627/14; 18 – 784/14 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», Россия)

Fig. 4. The fragment of an electrophoretogram of winter durum wheat screening to identify the Septoria leaf blotch resistance gene on agarose gel. Amplification products with the WMS 533 marker: 1 – The molecular weight marker Thermo Scientific GeneRuler 50bp+; 2 – Belgorodskaya Yantarnaya (LLC “Sativa” in Belgorod, Russia), IR named after V. Ya. Yuriev (Kharkov, Ukraine)); 3 – 589/13; 4 – 655/13; 5 – 683/13; 6 – 117/14; 7 – 126/14; 8 – 145/14; 9 – Dinas; 10 – 309/14; 11 – 322/14; 12 – 385/14; 13 – 468/14; 14 – 484/14; 15 – 533/14; 16 – 605/14; 17 – 627/14; 18 – 784/14 (FSBSI “ARC “Donskoy”, Russia)

Целевой фрагмент размером 150 пар нуклеотидов, свидетельствующий о наличии функционального аллеля гена устойчивости к септориозу Stb2, идентифицирован на рисунке 4 у следующих образцов: Белгородская янтарная, 589/13, 655/13, 683/13, 145/14, 322/14 и 484/14. У других образцов отмечены нетипичные аллели, кроме образца 468/14 (у него амплификация отсутствовала). Следовательно, коллекционные образцы озимой твердой пшеницы, несущие нетипичные аллели, обладают широким генетическим разнообразием по локусу WMS533.

В ходе проведенного нами исследования было выявлено, что у 29 из 185 изученных коллекционных образцов российской и зарубежной селекции имелся функциональный аллель размером 150 пар нуклеотидов, что составило 15,7% от общего объема изучаемых образцов: Л3557 h42, Л3182 h7, Л3335 h29, Л3336 h43, Л3408 h218 (Россия, ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»), К-61620 (Россия), К-54455, DF 917 (Румыния), К-61924, К-59179, К-51863, К-61869 (Молдова), К-63871 (Турция), Харьковская 909 (Украина), MVTD-15-99 (Венгрия), 2196-1/04, 922/93, 589/13, 655/13, 683/13, 145/14, 322/14, 484/14, Гордеиформе 1424/82 (Россия, ФГБНУ «АНЦ «Донской»), Белый парус (Украина), Белгородская янтарная (ООО «Сатива» (Белгород, Россия), ИР им. В. Я. Юрьева (Харьков, Украина)), Живица (Россия, Прикумская ОСС), Pandur (Румыния) и Elidur (Румыния).

У остальных образцов (84,3% от всех изученных образцов) размер ампликона не соот-

ветствовал гену Stb2 (был нетипичным) или вообще отсутствовал.

Проведенная на полевом инфекционном фоне оценка коллекционных образцов озимой твердой пшеницы подтверждает результаты, полученные методом ПЦР-анализа. Наименьшее поражение септориозом отмечено у образцов Живица (5–10%) и Л3182 h7 (10–15%), относящихся к группе устойчивых к септориозу образцов. У образцов Л3557 h42, Л3336 h43 и Л3408 h218 степень поражения септориозом варьировала от 20 до 30% (среднеустойчивые образцы).

Таким образом, ген устойчивости к септориозу Stb2 идентифицирован у 29 коллекционных образцов озимой твердой пшеницы, в том числе у 7 селекционных линий ФГБНУ «АНЦ «Донской». Выявленные образцы озимой твердой пшеницы, несущие ген устойчивости к септориозу Stb2, рекомендуется использовать в селекционных программах на устойчивость к болезням.

Выводы

1. В результате исследований было выявлено 29 коллекционных образцов российской и зарубежной селекции (в том числе 7 селекционных линий ФГБНУ «АНЦ «Донской»), несущих ген устойчивости к септориозу Stb2.

2. Рекомендуем использовать выявленные образцы озимой твердой пшеницы с геном Stb2 в селекционных программах на устойчивость к септориозу.

3. Необходим дальнейший поиск эффективных генов устойчивости к септориозу.

Библиографические ссылки

1. Дерова Т. Г., Шишкин Н. В., Павленко О. С. Устойчивость сортов и коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы к комплексу наиболее вредоносных болезней в условиях нижнего Дона // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6(60). С. 68–72. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-68-72>.
2. Коломиец Т. М., Панкратова Л. Ф., Скатонок О. О., Пахолкова Е. В. Создание Генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 44–46.
3. Коломиец Т. М., Панкратова Л. Ф., Пахолкова Е. В. Сорта пшеницы (*Triticum* L.) из коллекции Grin (США) для использования в селекции на длительную устойчивость к септориозу // С.-х. биол., сельхозбиология. 2017. № 3. С. 561–569. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.561rus.
4. Кочоров А. С., Сагитов А. О., Аубакирова А. Т. Динамика и прогноз развития септориоза пшеницы на востоке Казахстана // Защита и карантин растений. 2013. № 9. С. 44–45.
5. Пахолкова Е. В., Сальникова Н. Н., Куркова Н. А. Генетическая структура региональных популяций *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) – возбудителя септориоза пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 722–730. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.722rus.
6. Самофалова Н. Е., Дерова Т. Г., Дубинина О. В., Иличкина Н. П., Костыленко О. А., Каменева А. С. Устойчивость селекционного материала озимой твердой пшеницы к листовым болезням // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2(56). С. 64–70. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-64-70>.
7. Adhikari T. B., Wallwork H., Goodwin S. B. Microsatellite markers linked to the Stb 2 and Stb 3 genes for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat // Crop Sci. 2004. Vol. 44, no. 4. Pp. 1403–1411. DOI: 10.2135/cropsci2004.1403.
8. Botez C., Pamfil D., Curticiu D., Cota L., Saulescu N. N. Marker assisted selection for *Septoria tritici* resistance in wheat dihaploid lines // Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 2009. No. 37(1). Pp. 253–255. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha3713131> Available online at www.notulaeobotanicae.ro.
9. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. Vol. 8. Pp. 4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
10. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Adigrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canad. J. Res. 1948. Vol. 26c(5). Pp. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.

11. Rahmatov M., Otambekova M., Muminjanov H., Rouse M. N., Hoymoller M. S., Nazari K., Steffenson B. J., Johansson E. Characterization of stem, stripe and leaf rust resistance in Tajik bread wheat accessions. *Euphytica*. 2019. Vol. 215. P. 55. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2377-6>.

References

1. Derova T. G., Shishkin N. V., Pavlenko O. S. Uстойчивost' sortov i kollekcionnyh obrazcov ozimoy myagkoj pshenicy k kompleksu naibolee vredonosnyh boleznej v usloviyah nizhnego Dona [Resistance of collection winter bread wheat varieties and samples to a set of the most harmful diseases in the lower Don conditions] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. № 6(60). S. 68–72. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-68-72>.
2. Kolomiec T. M., Pankratova L. F., Skatenok O. O., Paholkova E. V. Sozdanie Genbanka istochnikov ustojchivosti sortov pshenicy k septoriozu [Development of the Gene Bank of sources of resistance of wheat varieties to Septoria] // *Zashchita i karantin rastenij*. 2015. № 7. S. 44–46.
3. Kolomiec T. M., Pankratova L. F., Paholkova E. V. Sorta pshenicy (*Triticum* L.) iz kolekcii Grin (SSHA) dlya ispol'zovaniya v selekcii na dlitel'nyu ustojchivost' k septoriozu [Wheat varieties (*Triticum* L.) from the Grin collection (the USA) for use in breeding work for long-term resistance to Septoria] // *S.-h. biol., sel'hozbiologiya*. 2017. № 3. С. 561–569. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.561rus.
4. Kochorov A. S., Sagitov A. O., Aubakirova A. T. Dinamika i prognoz razvitiya septorioza pshenicy na vostoке Kazakhstana [Dynamics and forecast of wheat Septoria leaf spot development in the east of Kazakhstan] // *Zashchita i karantin rastenij*. 2013. № 9. S. 44–45.
5. Paholkova E. V., Sal'nikova N. N., Kurkova N. A. Geneticheskaya struktura regional'nyh populyacij *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) – vzbuditelya septorioza pshenicy (*Triticum aestivum* L.) [Genetic structure of regional populations of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*), the causative agent of wheat Septoria leaf spot (*Triticum aestivum* L.)] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2016. T. 51, № 5. S. 722–730. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.722rus.
6. Samofalova N. E., Derova T. G., Dubinina O. V., Ilichkina N. P., Kostylenko O. A., Kameneva A. S. Uстойчивost' selekcionnogo materiala ozimoy tverdoj pshenicy k listovym boleznyam [Resistance of breeding material of winter durum wheat to leaf diseases] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. № 2(56). S. 64–70. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-56-2-64-70>.
7. Adhikari T. B., Wallwork H., Goodwin S. B. Microsatellite markers linked to the Stb 2 and Stb 3 genes for resistance to Septoria tritici blotch in wheat // *Crop Sci*. 2004. Vol. 44, no. 4. Pp. 1403–1411. DOI: 10.2135/cropsci2004.1403.
8. Botez C., Pamfil D., Curticiu D., Cota L., Saulescu N. N. Marker assisted selection for Septoria tritici resistance in wheat dihaploid lines // *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*. 2009. No. 37(1). Pp. 253–255. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha3713131> Available online at www.notulaeobotanicae.ro.
9. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // *Nucleic Acids Res*. 1980. Vol. 8. Pp. 4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
10. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Adigrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // *Canad. J. Res*. 1948. Vol. 26c(5). Pp. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.
11. Rahmatov M., Otambekova M., Muminjanov H., Rouse M. N., Hoymoller M. S., Nazari K., Steffenson B. J., Johansson E. Characterization of stem, stripe and leaf rust resistance in Tajik bread wheat accessions. *Euphytica*. 2019. Vol. 215. P. 55. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2377-6>.

Поступила: 10.08.20; принята к публикации: 09.09.20.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Жогалева О. С. – выполнение лабораторных опытов и сбор данных, подготовка к печати; Мышастая А. Ю. – выполнение лабораторных опытов; Павленко О. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Вождова Н. Н. – анализ данных и их интерпретация, подготовка к печати; Ионова Е. В. – концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.