

ISSN 1561-8323 (print)

УДК 577.21:631.524.86:632.4:633.111

Поступило в редакцию 04.09.2017

Received 04.09.2017

Т. В. Долматович¹, А. А. Булойчик¹, академик С. И. Гриб²¹Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь²Научно-практический центр Национальной академии наук по земледелию, Жодино, Республика Беларусь**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ, СТЕБЛЕВОЙ
И ЖЕЛТОЙ РЖАВЧИНЕ В СОРТАХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
(*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Аннотация. С помощью подобранной коллекции молекулярно-генетических маркеров к генам устойчивости к бурой, стеблевой и желтой ржавчине: *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24*, *Lr26/Sr31/Yr9*, *Lr34/Yr18/Pm38*, *Lr35/Sr39*, *Lr37/Sr38/Yr17*, *Sr2/Yr30*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr1RS^{Amigo}*, *Sr36*, *Sr45*, *Yr10*, *Yr26* осуществлен поиск доноров устойчивости среди 23 сортов яровой мягкой пшеницы, внесенных в Государственный реестр Республики Беларусь в 2016 г. и 46 сортов и линий из коллекционного питомника НПЦ НАН Беларуси по земледелию. В результате в сортообразцах яровой пшеницы идентифицированы гены устойчивости: *Lr1*, *Lr10*, *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24*, *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*, *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57*, *Lr37/Sr38/Yr17*, *Sr1RS^{Amigo}* и *Yr10*. Выделены сортообразцы яровой пшеницы с комплексной устойчивостью к ржавчинным заболеваниям.

Ключевые слова: яровая пшеница, гены устойчивости, ржавчинные болезни

Для цитирования: Долматович, Т. В. Идентификация генов устойчивости к бурой, стеблевой и желтой ржавчине в сортах яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Т. В. Долматович, А. А. Булойчик, С. И. Гриб // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2017. – Т. 61, № 5. – С. 97–102.

Tatiana V. Dolmatovich¹, Andrei A. Buloichik¹, Academician Stanislav I. Grib²¹Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus²Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus**IDENTIFICATION OF GENES OF RESISTANCE TO BROWN, STEM AND YELLOW RUST IN SPRING SOFT
WHEAT VARIETIES (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Abstract. With the help of a selected collection of molecular genetic markers for resistance to brown, stem and yellow rust genes: *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24*, *Lr26/Sr31/Yr9*, *Lr34/Yr18/Pm38*, *Lr35/Sr39*, *Lr37/Sr38/Yr17*, *Sr2/Yr30*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr1RS^{Amigo}*, *Sr36*, *Sr45*, *Yr10*, *Yr26*, a search was made for resistance donors among 23 varieties of spring soft wheat introduced into the State Register of the Republic of Belarus in 2016 and 46 varieties and lines from the collection nursery “Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming”. As a result, resistance genes were identified in spring wheat varieties: *Lr1*, *Lr10*, *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24*, *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*, *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57*, *Lr37/Sr38/Yr17*, *Sr1RS^{Amigo}* and *Yr10*. Selected varieties of spring wheat with complex resistance to rusty diseases are identified.

Keywords: spring wheat, resistance genes, rust diseases

For citation: Dolmatovich T. V., Buloichik A. A., Grib S. I. Identification of genes of resistance to brown, stem and yellow rust in spring soft wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2017, vol. 61, no. 5, pp. 97–102 (in Russian).

Введение. Пшеница подвержена воздействию большого комплекса фитопатогенов, среди которых возбудители бурой (*Puccinia triticina* Erikss.), стеблевой (*P. graminis* f. *tritici* Erikss. and Henning) и желтой (*P. striiformis* f. *tritici* Erikss.) ржавчины, занимающие особое место. По данным ряда исследований, потери урожая от этих заболеваний в годы сильных эпифитотий могут достигать 50–70 %, при этом ухудшается качество зерна [1]. В связи с этим создание сортов пшеницы с комплексной устойчивостью к ржавчинным заболеваниям остается актуальной задачей для практической селекции. Для защиты сортов активно привлекаются как эффективные пшеничные гены устойчивости, так и интрогрессивные, локализованные в чужеродных транслокациях. Их аккумуляция в одном генотипе на основе высокопродуктивных сортов позволит предотвратить эпифитотийные вспышки заболеваний.

Применение молекулярных маркеров при пирамидировании необходимых генов устойчивости позволяет идентифицировать генотипы, содержащие комбинации генов на более ранних стадиях, что ускоряет и повышает эффективность селекционного процесса. Идентификация генотипов с помощью молекулярно-генетических маркеров особенно значима при выявлении высокоэффективных генов, вирулентность к которым в природных популяциях патогена практически отсутствует, и генов «возрастной» устойчивости, эффективность которых проявляется на более поздних этапах онтогенеза пшеницы.

Цель работы – скрининг сортов, районированных на территории Республики Беларусь, а также сортов и линий из коллекционного питомника РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на наличие генов устойчивости к ржавчинным заболеваниям и выделение среди них источников комплексной устойчивости.

Материалы и методы исследования. Материалом исследования служили 23 сорта яровой мягкой пшеницы, внесенные в Государственный реестр Республики Беларусь в 2016 г., 46 сортов и линий из коллекционного питомника РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». ДНК выделяли из 10 индивидуальных растений 5–7-дневных проростков пшеницы для каждого сорта или линии согласно методике, описанной Plaschke [2]. Маркеры к генам устойчивости отбирали на основании литературных данных [3; 4]. Реакцию амплификации проводили согласно методическим рекомендациям [5]. Положительным контролем служили изогенные линии пшеницы и сорта, в которых гены устойчивости идентифицированы, в качестве отрицательного контроля – сорта, в которых гены устойчивости не выявлены. Анализ полученных фрагментов амплификации проводили в 1,5 %-ном агарозном геле в трис-боратном буфере. Гели документировали с помощью фотографирования после окрашивания бромидом этидия. В качестве маркера молекулярного веса использовали GeneRulertm 100bp DNA Ladder (Thermo Scientific).

Результаты и их обсуждение. Скрининг сортов пшеницы проводили с помощью подобранной коллекции маркеров к генам устойчивости к бурой ржавчине: *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr27*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr37*; стеблевой: *Sr2*, *Sr22*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr31*, *Sr36*, *Sr38*, *Sr39*, *Sr45*, *Sr57*, *Sr1RS^{Amigo}* и желтой ржавчине: *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr26*, *Yr30*.

В результате проведенных исследований в сортах яровой пшеницы идентифицированы одиночные гены устойчивости: *Lr1*, *Lr10*, *Sr1RS^{Amigo}*, *Yr10*, а также сцепленные блоки генов устойчивости к нескольким заболеваниям: *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24*, *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*, *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57*, *Lr37/Sr38/Yr17* (таблица).

Наиболее часто встречаемыми в сортах яровой пшеницы были гены устойчивости к бурой ржавчине *Lr1* и *Lr10*. Носителями гена *Lr1* являлись сорта из Германии (Sorbas, Munk, Fasan, Margin); России (Ульяновская 101, Каменка, Эстер); Польши (Koksa, Verbena, Navra); Великобритании (KWS Torridon, линия CE BC 122); Беларуси (Ласка, Восточка); Чехии (Septima); Сербии (Venera); Италии (Vittorio); Греции (Elissavet) и США (Ruble).

Ген устойчивости *Lr10* идентифицирован у сортов из России (Агата, Ульяновская 101, Ульяновская 106, Воронежская 18, Тулайковская надежда); Германии (линии ShTRU1122,30.2); Великобритании (KWS Torridon); Польши (Serenada); Украины (Подарунок, Улюблена); Сербии (Venera) и Греции (Elissavet). Ген *Lr1* получил широкое распространение в сортах пшеницы во всем мире, но к настоящему времени утратил свою эффективность в большинстве стран мира, в том числе и в Беларуси [6]. Ген *Lr10* выявлен у многих сортов и линий пшеницы, ведущих свое происхождение от селекционных программ CIMMYT, а также распространен в старых австралийских и северо-американских сортах. В настоящее время *Lr10* также относится к неэффективным к белорусской популяции бурой ржавчины [6], поэтому рекомендуется использование генов *Lr1* и *Lr10* в сочетании с другими *Lr*-генами.

Сцепленные гены устойчивости *Lr19/Sr25* и *Lr24/Sr24* в составе транслокаций T7DS.7DL-7Ae#1L; T7AL-7Ae#1 и T3DL.3DL-3Ae#1; T1BL.1BS-3Ae#1L, соответственно, переданы в мягкую пшеницу от *Thinopyrum elongatum*. Гены устойчивости *Lr19/Sr25* идентифицированы у российских сортов Ульяновская 106 и Тулайковская надежда. Гены *Lr24/Sr24* выявлены у сортов немецкой селекции KWS Akvilon и Kvintus, линии KWS B-274 из Великобритании, сорта польской селекции Serenada и сорта украинской селекции Етюд (таблица).

**Сорта яровой пшеницы с идентифицированными генами устойчивости к бурой,
стеблевой и желтой ржавчине**

Spring wheat varieties with identified genes of resistance to brown, stem and yellow rust

Название сорта Variety name	Происхождение Origin	Гены устойчивости Resistance genes
Агата	Россия	<i>Lr10</i>
Ульяновская 101	Россия	<i>Lr1, Lr10</i>
Ульяновская 106	Россия	<i>Lr10, Lr19/Sr25</i>
Воронежская 18	Россия	<i>Lr10</i>
ShTRU 1122, 30.2	Германия	<i>Lr10</i>
KWS B-274	Великобритания	<i>Lr24/Sr24</i>
CE BC 122	Великобритания	<i>Lr1</i>
Каменка	Россия	<i>Lr1</i>
KWS Akvilon	Германия	<i>Lr24/Sr24</i>
Sorbas	Германия	<i>Lr1, Lr34/Yr18/Pm38</i>
KWS Torridon	Великобритания	<i>Lr1, Lr10</i>
Serenada	Польша	<i>Lr10, Lr24/Sr24</i>
Подарунок	Украина	<i>Lr10</i>
Улюблена	Украина	<i>Lr10</i>
Этюд	Украина	<i>Lr24/Sr24, Sr1RS^{Amigo}</i>
Тулайковская надежда	Россия	<i>Lr10, Lr19/Sr25, Lr26/Sr31/Yr9/Pm8</i>
Koksa	Польша	<i>Lr1</i>
Venega	Сербия	<i>Lr1, Lr10</i>
Ласка	Беларусь	<i>Lr1</i>
Verbena	Польша	<i>Lr1</i>
Septima	Чехия	<i>Lr1, Lr37/Sr38</i>
Kvintus	Германия	<i>Lr24/Sr24</i>
Весточка	Беларусь	<i>Lr1</i>
Munk	Германия	<i>Lr1</i>
Fasan	Германия	<i>Lr1</i>
Nawra	Польша	<i>Lr1</i>
Elissavet	Греция	<i>Lr1, Lr10</i>
Vittorio	Италия	<i>Lr1</i>
Marin	Германия	<i>Lr1</i>
Ruble	США	<i>Lr1</i>
Эстер	Россия	<i>Lr1</i>
Kar'jaso	–	<i>Lr1, Lr10, Yr10</i>

Высокая эффективность гена *Lr19* выявлена в Болгарии, Германии, Испании, Италии, Польше, Румынии [7–9], Украине [10] и Беларуси [6]. К настоящему времени ген устойчивости *Lr19* преодолен некоторыми расами патогена в Мексике, России, Чехии [7]. В то же время ген устойчивости *Sr25*, присутствующий в этой же транслокации, придает сортам высокую эффективность против широко распространенной угандинской расы (Ug99) стеблевой ржавчины. Ген *Lr24* широко представлен в сортах, выращиваемых в Южной и Северной Америке, Австралии и Южной Африке, что привело к потере его эффективности в этих странах [7]. Он сохраняет эффективность в Германии и России [8]. В белорусской популяции бурой ржавчины встречается до 50 % клонов, вирулентных к этому гену [6]. Ген устойчивости *Sr24* эффективен к высоко агрессивной расе Ug99 стеблевой ржавчины, но преодолен новой разновидностью расы Ug99+*Sr24* (ТТКСТ).

Источником генов устойчивости *Sr31/Lr26/Yr9/Pm8*, *Sr50* и *Sr1RS^{Amigo}* является рожь *Secale cereale* L. В результате серии скрещиваний, данные гены в составе транслокации 1BL.1RS (Petkus), 1AL.1RS (Insave), 1BL.1RS и 1DL.1RS (Imperial) переданы в сорта и линии пшеницы *Triticum aestivum* [7]. Вместе с тем у ряда сортов мягкой пшеницы, несущих транслокацию 1BL.1RS, экспрессия гена *Pm8* подавлена. Транслокация 1BL.1RS с генами устойчивости

Sr31/Lr26/Yr9/Pm8 идентифицирована у российского сорта Тулайковская надежда, а транслокация 1AL.1RS с геном устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr1RS^{Amigo}* у сорта украинской селекции Етюд. К настоящему времени транслокация 1BL.1RS идентифицирована во многих сортах, возделываемых в Австралии, странах Европы, Северной и Южной Америки, а также в Азии и распространена более чем в 650 сортах мягкой пшеницы. Из сортов пшеницы, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1BL/1RS, наиболее известны озимые сорта Кавказ и Аврора, которые использовались в качестве родительских форм при создании сортов с данной транслокацией. С 1999 г. сорта с транслокацией 1BL.1RS, длительное время защищенные от стеблевой ржавчины геном устойчивости *Sr31*, стали поражаться новой расой Ug99 [7]. В то же время сорта, защищенные генами устойчивости *Sr50* и *Sr1RS^{Amigo}*, остаются устойчивыми к агрессивной расе Ug99. По результатам анализа популяции патогена 2009 года ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr26* оказался эффективным к белорусской популяции патогена, в то же время было обнаружено 11 % изолятов, вирулентных к нему, что свидетельствует о возможности их накопления в случае возделывания сортов, содержащих данный ген [6]. В то же время вирулентные к *Lr26* клоны гриба *Puccinia triticina* выявлены во всех регионах России, где ген *Lr26* относится к группе генов устойчивости, утративших свою эффективность в связи с широким возделыванием сортов Аврора и Кавказ.

У сорта немецкой селекции Sorbas показано присутствие кластера с генами неспецифической устойчивости сразу к нескольким заболеваниям: *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57*, а у сорта чешской селекции Septima – наличие транслокации от *Ae. ventricosa* с генами устойчивости *Lr37/Sr38/Yr17*. Ген возрастной устойчивости *Lr34* слабо эффективен в России, но относится к высоко эффективным к белорусской популяции бурой ржавчины [6]. Ген возрастной устойчивости *Lr37* также относится к высоко эффективным генам устойчивости в Беларуси [6]. В Западной Европе и европейской части России ген устойчивости *Lr37* утратил свою эффективность в связи с массовым использованием в селекции на устойчивость. В работе Сибикеева и др. [11] показано, что сочетание чужеродных транслокаций *Lr19/Sr25* и *Lr37/Sr38/Yr17* с преодолёнными генами устойчивости к бурой ржавчине у почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы Л653 и Л654 обусловило их высокую устойчивость к бурой ржавчине и расе Ug99+Sr24 стеблевой ржавчины.

Сорт Kar'jaso является носителем генов устойчивости к бурой ржавчине *Lr1*, *Lr10* и желтой ржавчине *Yr10*. Ген *Yr10* относится к эффективным против *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Erics. (*Pst*) в Китае, Великобритании, Казахстане [12].

В результате проведенного анализа у сортов белорусской селекции (Ростань, Дарья, Тома, Рассвет, Сударыня, Василиса, Виза, Любава, Сабина, Славянка); российской (Злата); польской (Korynta, Bombona, Mandaryna); немецкой (Melissos, Triso, Quattro, Ethos и линии KWS 655-3-10); французской (Likamero, Briscard, Canuck); чешской (Zuzana, Tercie, Siracl); шведской (Canon, Lavett); голландской (Tybalt) и американской (Marble) генов устойчивости к бурой, стеблевой и желтой ржавчине не идентифицировано.

Заключение. В результате проведенных исследований нами идентифицированы сорта с генами устойчивости к нескольким ржавчинным заболеваниям. Наибольшее количество генов устойчивости идентифицировано у сорта Тулайковская надежда: транслокация 1BL.1RS от *Secale cereale* с генами устойчивости *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*, транслокация от *Thinopyrum elongatum* с генами *Lr19/Sr25* и собственно пшеничный ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr10*. Сорт Ульяновская 106 содержит сцепленные гены устойчивости *Lr19/Sr25* и *Lr10*. У сорта Serenada присутствует транслокация от *Th. elongatum* с генами устойчивости *Lr24/Sr24* и ген *Lr10*, а у сорта Етюд одновременно со сцепленными генами *Lr24/Sr24* присутствует транслокация 1AL.1RS от *Secale cereale* с эффективным геном устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr1RS^{Amigo}*. У сорта Sorbas присутствуют сцепленные гены неспецифической устойчивости *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57* и ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr1*. Сорт Septima является носителем комплекса генов устойчивости к бурой ржавчине *Lr1* и *Lr37*, стеблевой ржавчине *Sr38* и желтой ржавчине *Yr17*, а сорт Kar'jaso – носителем генов устойчивости к бурой ржавчине *Lr1* и *Lr10* и желтой – *Yr10*. Данные сорта пшеницы рекомендуются в качестве доноров устойчивости к возбудителям бурой, стеблевой и желтой ржавчины в селекционных программах на иммунитет в регионах, где эти гены эффективны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Санин, С. С. Контроль болезней сельскохозяйственных растений – важнейший фактор интенсификации растениеводства / С. С. Санин // Вестник защиты растений. – 2010. – № 1. – С. 3–14.
2. RFLP-mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye / J. Plaschke [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1993. – Vol. 85, N 8. – P. 1049–1054. doi.org/10.1007/bf00215046
3. Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted selection in breeding wheat for leaf rust resistance / G. Vida [et al.] // Euphytica. – 2009. – Vol. 170, N 1–2. – P. 67–76. doi.org/10.1007/s10681-009-9945-0
4. Идентификация генов Sr у новых источников устойчивости мягкой пшеницы к расе стеблевой ржавчины Ug99 с использованием молекулярных маркеров / О. А. Баранова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 316–322. doi.org/10.18699/VJ15.041
5. Долматович, Т. В. ДНК-технология идентификации генов устойчивости тритикале к возбудителям бурой, стеблевой и желтой ржавчины пшеницы: метод. рекомендации / Т. В. Долматович, А. А. Булойчик. – Минск, 2015. – 32 с.
6. Булойчик, А. А. Частота встречаемости генов вирулентности в белорусских популяциях *Puccinia triticina* / А. А. Булойчик, В. С. Борзяк, Е. А. Волуевич // Микология и фитопатология. – 2011. – Т. 45, № 5. – С. 436–442.
7. Catalogue of gene symbols for wheat [Electronic resource] / R. A. McIntosh [et al.]. – Mode of access: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolClassList.jsp>. – Date of access: 11.05.2017.
8. Hanzalova, A. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2001–2004 / A. Hanzalova, P. Bartos // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2006. – Vol. 42, N 4. – P. 126–131.
9. Lind, V. Virulence frequencies of *Puccinia triticina* in Germany and the European regions of the Russian Federation / V. Lind, E. Gulyaeva // J. Phytopathology. – 2007. – Vol. 155, N 1. – P. 13–21. doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01182.x
10. Genetic protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine / A. Morgunov [et al.] // Euphytica. – 2011. – Vol. 179, N 2. – P. 297–311. doi.org/10.1007/s10681-010-0326-5
11. Сибикеев, С. Н. Пребридинговые исследования почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы с комбинацией транслокаций от *Agropyron elongatum* (Host.) P. B. и *Aegilops ventricosa* Tausch. / С. Н. Сибикеев, А. Е. Дружин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 310–315. doi.org/10.18699/VJ15.040
12. Идентификация носителей генов устойчивости к желтой *Yr5*, *Yr10*, *Yr15* и бурой ржавчине *Lr26*, *Lr34* на основе молекулярного скрининга образцов пшеницы / А. М. Кохметова [и др.] // Биотехнология. Теория и практика. – 2014. – № 1. – С. 71–78. doi.org/10.11134/btp.1.2014.10

References

1. Sanin S. S. Agricultural plants diseases control – the main factor of the crop production intensification. *Vestnik zashchity rastenij = Plant protection news*, 2010, no. 1, pp. 3–14 (in Russian).
2. Plaschke J., Börner A., Xie D. X., Koebner R. M. D., Schlegel R. Gale M. D. RFLP-mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 1993, vol. 85, no. 8, pp. 1049–1054. doi.org/10.1007/bf00215046
3. Vida G., Gal M., Uhrin A., Veisz O., Syed N. H., Flavell A. J., Wang Z., Bedó Z. Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted selection in breeding wheat for leaf rust resistance. *Euphytica*, 2009, vol. 170, no. 1–2, pp. 67–76. doi.org/10.1007/s10681-009-9945-0
4. Baranova O. A., Lapochkina I. F., Anisimova A. V., Gajnullin N. R., Iordanskaya I. V., Makarova I. Yu. Identification of Sr genes in new common wheat sources of resistance to stem rust race Ug99 using molecular markers. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2015, vol. 19, no. 3, pp. 316–322. doi.org/10.18699/VJ15.041 (in Russian).
5. Dolmatovich T. V., Bulojchik A. A. *DNA technology for identification of triticale resistance genes against causative agents of brown, stem and yellow rust of wheat*. Minsk, 2015. 32 p. (in Russian).
6. Bulojchik A. A., Borzyak V. S., Voluevich E. A. Frequency of occurrence of virulence genes in Belarusian *Puccinia triticina* populations. *Mikologiya i Fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2011, vol. 45, no. 5, pp. 436–442 (in Russian).
7. McIntosh R. A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris C., Somers D. J., Appels R., Devos K. M. Catalogue of gene symbols for wheat. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolClassList.jsp> (accessed 11.05.2017).
8. Hanzalova A., Bartos P. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2001–2004. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2006, vol. 42, no. 4, pp. 126–131.
9. Lind V., Gulyaeva E. Virulence frequencies of *Puccinia triticina* in Germany and the European regions of the Russian Federation. *Journal of Phytopathology*, 2007, vol. 155, no. 1, pp. 13–21. doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01182.x
10. Morgunov A., Ablova I., Babayants O., Babayants L., Bespalova L., Khudokormav Zh., Litvinenko N., Shamanin V., Syukov V. Genetic protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine *Euphytica*. *Euphytica*, 2011, vol. 179, no. 2, pp. 297–311. doi.org/10.1007/s10681-010-0326-5
11. Sibikeev S. N., Druzhin A. E. Prebreeding studies of almost isogenic lines of spring soft wheat with a combination of translocations from *Agropyron elongatum* (Host.) P. B. and *Aegilops ventricosa* Tausch. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2015, vol. 19, no. 3, pp. 310–315 (in Russian). doi.org/10.18699/VJ15.040
12. Kohmetova A. M., Sapahova Z. B., Madenova A. K., Esenbekova G. T. Identification of carriers of resistance genes to yellow *Yr5*, *Yr10*, *Yr15* and brown rust *Lr26*, *Lr34* on the basis of molecular screening of wheat samples. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika = Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2014, no. 1, pp. 71–78. doi.org/10.11134/btp.1.2014.10

Информация об авторах

Долматович Татьяна Владимировна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт генетики и цитологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: T.Dolmatovich@igc.bas-net.by.

Бuloичик Андрей Александрович – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Институт генетики и цитологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: A.Buloichik@igc.bas-net.by.

Гриб Станислав Иванович – академик, д-р сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию (ул. Тимирязева, 1, 222160, Жодино, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: triticale@tut.by.

Informations about the authors

Dolmatovich Tatiana Vladimirovna – Ph. D. (Biology), Senior researcher. Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: T.Dolmatovich@igc.bas-net.by.

Buloichik Andrei Aleksandrovich – Ph. D. (Biology), Leading researcher. Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: A.Buloichik@igc.bas-net.by.

Grib Stanislav Ivanovich – Academician, D. Sc. (Agricultural), Chief researcher. Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming (1, Timiryazev Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: triticale@tut.by.