

УДК 632.911.2

**В.П. Шаманин, Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк,  
С.Л. Петуховский, И.В. Потоцкая**  
**V.P. Shamanin, Ye.I. Gulyayeva, Ye.L. Shaydayuk,  
S.L. Petukhovskiy, I.V. Pototskaya**

## ВИРУЛЕНТНОСТЬ ГРИБА *PUCCINIA TRITICINA* НА СОРТАХ И СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЯХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОПЫТНОМ ПОЛЕ ОМГАУ В 2013 г.

## VIRULENCE OF *PUCCINIA TRITICINA* ON BREAD WHEAT VARIETIES AND BREEDING LINES ON THE TRIAL FIELD OF THE OMSK STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY IN 2013

**Ключевые слова:** яровая пшеница, сорта, селекционные линии, изоляты, бурая ржавчина, устойчивость, вирулентность.

**Keywords:** spring wheat, varieties, breeding lines, isolates, leaf rust, resistance, virulence.

Популяционные исследования возбудителей болезней сельскохозяйственных культур являются неотъемлемым этапом при разработке научно-скоординированных стратегий селекции и размещении устойчивых сортов. Цель работы – характеристика популяций гриба *P. tritricina*, собранных с сортов и перспективных селекционных линий пшеницы, выращиваемых на опытном поле ОмГАУ в 2013 г. по вирулентности и фенотипическому составу. Источником инфекции служили сорта яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в Западно-Сибирском регионе (Терция, Нива 2, Черныява 13, Памяти Азиева, Соната, ОмГАУ 90), сорта, находящиеся в Госсортоиспытании (Павлоградка, Асар) и селекционные линии (Лютесценс 122, ГVK 2031-13). Все проанализированные изоляты имели устойчивый тип реакции на линиях с генами *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45* и *Lr47* и восприимчивый на линиях с генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr30*, *Lr48* и *Lr49*. Существенное варьирование выявлено в частотах вирулентности к генам *Lr9*, *Lr44*, *Lr50* и *Lr52*. Изоляты, вирулентные к гену *Lr9*, обнаружены в популяции гриба, собранной с сорта Терция (частота встречаемости 100%) и несущей данный ген. В результате анализа фенотипического состава с использованием северо-американского набора дифференциаторов у изолятов, выделенных с сорта Черныява 13 и Терция, выявлено 7 фенотипов, с сорта Нива 2 – 4, Павлоградка, Лютесценс 122, ГVK2031-13 и Асар – 2. Образцы популяций с сортов Асар и Соната имели наибольшее сходство по фенотипическому составу. Существенные различия от всех изученных отмечены в популяциях, выделенных с сортов Терция и ОмГАУ.

Population research of a pathogen is a substantial stage for developing scientifically coordinated strategy of breeding and allocation of resistant varieties. The research goal is to describe the populations of fungus *P. tritricina* in terms of virulence and phenotype composition on the varieties and promising breeding lines grown on the trial field of the Omsk State Agricultural University in 2013. The spring wheat varieties released for West Siberia (Tertsiya, Niva 2, Chernyava 13, Pamyati Aziyeva, Sonata, OmGAU 90), the varieties undergoing State Variety Testing (Pavlogradka, Asar) and breeding lines (Lyutestsens 122, GVK 2031-13) were the infection source. All analyzed isolates had resistant type of reaction on the lines with the genes *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45*, *Lr47* and susceptible type of reaction on the lines with the genes *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr30*, *Lr48*, *Lr49*. Substantial variation is revealed in the rate virulence to genes *Lr9*, *Lr44*, *Lr50* and *Lr52*. The isolates virulent to the gene *Lr9* were revealed in fungal population collected on the variety Tertsiya having that gene (occurrence rate 100%). Phenotype composition analysis with the use of North American differentiators on the isolates selected on the varieties Chernyava 13 and Tertsiya revealed 7 phenotypes, on the variety Niva – 4 phenotypes, on the varieties Pavlogradka, Lyutestsens 122, GVK2031-13 and Asar – 2 phenotypes. The populations from the varieties Asar and Sonata had the greatest similarity in terms of phenotype composition. The populations from the varieties Tertsiya and OSAU 90 revealed the greatest difference from all the studied populations.

**Шаманин Владимир Петрович**, д.с.-х.н., проф., каф. селекции, генетики и физиологии растений, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: vpshamanin@rambler.ru.

**Гультяева Елена Ивановна**, к.б.н., доцент, вед. н.с., лаб. микологии и фитопатологии, Всероссийский НИИ защиты растений, г. Санкт-Петербург, Пушкин. Тел.: (812) 333-37-64. E-mail: gullena@rambler.ru.

**Shamanin Vladimir Petrovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Plant Breeding, Genetics and Physiology, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: vpshamanin@rambler.ru.

**Gulyayeva Yelena Ivanovna**, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Leading Staff Scientist, Mycology and Phytopathology Lab., All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin. Ph.: (812) 333-37-64. E-mail: gullena@rambler.ru.

**Шайдаюк Екатерина Львовна**, вед. агроном, лаб. микологии и фитопатологии, Всероссийский НИИ защиты растений, г. Санкт-Петербург, Пушкин. Тел.: (812) 333-37-64. E-mail: eshaydayuk@mail.ru.

**Петуховский Сергей Львович**, к.с.-х.н., ректор, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-11-46. E-mail: adm@omgau.ru.

**Потоцкая Инна Владимировна**, к.с.-х.н., доцент, каф. селекции, генетики и физиологии растений, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: Potockay@bk.ru.

**Shaydayuk Yekaterina Lvovna**, Leading Agronomist, Mycology and Phytopathology Lab., All-Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin. Ph.: (812) 333-37-64. E-mail: eshaydayuk@mail.ru.

**Petukhovskiy Sergey Lvovich**, Cand. Agr. Sci., Rector, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-11-46. E-mail: adm@omgau.ru.

**Pototskaya Inna Vladimirovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Plant Breeding, Genetics and Physiology, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: Potockay@bk.ru.

### Введение

Популяционные исследования возбудителей болезней сельскохозяйственных культур являются неотъемлемым этапом при разработке научно-скоординированных стратегий селекции и размещении устойчивых сортов. В результате этих исследований выявляются эффективные гены, механизмы изменчивости популяций (в том числе обусловленные возделыванием новых сортов пшеницы), уточняются ареалы популяций патогена и пути миграции спор. Использование в селекции генетически однородных доноров предопределяет быструю потерю устойчивости за счет возникновения новых рас и смену фенотипического состава популяций.

В результате многолетнего мониторинга развития бурой ржавчины в Западной Сибири, проводимого СибНИИСХ с 1960 г., показано, что в период 1960-1970-х годов массовое проявление заболевания наблюдалось 1-3 раза в десятилетие [1, 2]. В 1980-х годах наметилась устойчивая тенденция возрастания развития болезни. В 1990-х годах умеренное и сильное проявление заболевания отмечено в 7 случаях. С 2001 г. проявление бурой ржавчины в большей или меньшей степени регистрируется ежегодно на всей территории Западной Сибири. В период 2005-2010 гг. сильное ее проявление отмечалось в 2005 и 2007 гг., умеренное – в 2008 и 2010 гг., слабое – в 2006 и 2009 гг. Начиная с 2007 г., в популяции патогена появились патотипы с геном вирулентности *r* 9, что привело к поражению ранее устойчивых сортов, возделываемых в области, таких как Терция, Дуэт, Тулеевская, Соната и др. [1-4]. Несмотря на это, в Государственный реестр селекционных достижений ежегодно включаются сорта, защищенные геном *Lr9* и рекомендуемые для выращивания в Западно-Сибирском регионе: 2010 г. – Сibaковская юбилейная, 2011 г. – Алтайская 110, 2012 г. – Апасовка, Новосибирская 18, Сибирский Альянс, 2013 г. – Сибирская 17 [5, 6]. Возрастание площадей, занятых под данными гомогенными сортами, способствует ухудшению фитопатологической ситуации с бурой ржавчиной в условиях Западной Сибири.

Целью работы являлась характеристика популяций гриба *P. tritricina*, собранных с сортов и перспективных селекционных линий, выращиваемых на опытном поле ОмГАУ в 2013 г. по вирулентности и фенотипическому составу.

### Объекты и методы

Листья пшеницы с урединиопустулами были собраны с 10 образцов пшеницы, выращиваемых на опытном поле ОмГАУ в 2013 г. в условиях естественного инфекционного фона. Источником инфекции служили: 1) сорта яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в Западно-Сибирском регионе – Терция (с 1995 г.), Нива 2 (с 1997 г.), Чернява 13 (с 2000 г.), Памяти Азиева (с 2001 г.), Соната (с 2002 г.), ОмГАУ 90 (с 2011 г.); 2) находящийся в Госсортоиспытании с 2012 г. сорт Павлоградка, созданный в ОмГАУ, а также Асар (Актюбинская СХОС из КАСИБ 12) и селекционные линии Лютесценс 122 (Казахстан, ИББР из КАСИБ 14) и ГВК 2031-13 (Казахстан, ВКНИИСХ – КАСИБ 14). Развитие болезни на данных сортах в полевых условиях составляло от 40 до 80 S. Для тестирования изолятов по вирулентности использовали контрольные линии и образцы пшеницы с генами *Lr1*, *2a*, *2b*, *2c*, *3a*, *3bg*, *3ka*, *9*, *10*, *11*, *14a*, *14b*, *15*, *16*, *17*, *18*, *19*, *20*, *21*, *23*, *24*, *26*, *28*, *29*, *30*, *41*, *42*, *44*, *45*, *47*, *48*, *49*, *50*, *52(W)* и *V*.

Для получения монопустульных изолятов и изучения фенотипического состава *P. tritricina* использовали методы лабораторного культивирования патогена с использованием отрезков листьев, помещенных в раствор бензимидазола [7]. Тип реакции определяли по шкале E.B. Mains, H.S. Jackson (1926) [8]. Всего было изолировано по 15 монопустульных изолятов из каждого образца-источника инфекции. Всего проанализировано 150 монопустульных изолятов. Для обозначения фенотипов использовали буквенную североамериканскую номенклатуру, основанную на определении вирулентности к 4 наборам изогенных линий, включающих гены: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3* – 1-й набор; *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26* – 2-й набор; *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30* – 3-й на-

бор; *LrB*, *Lr10*, *Lr14a*, *Lr18* – 4-й набор [9]. Последующая группа была дополнена линиями с генами *Lr44*, *Lr50*, *LrW* и *Lr19*, частоты вирулентности к которым варьируют в при анализе российских популяций [10–12]. Вычисления индексов внутривидового разнообразия и различий между популяциями по вирулентности проводили с использованием пакета программ Virulence Analysis Tool (VAT) [13]. Для оценки внутривидового разнообразия использовали индекс Нея  $H_s$  [14], характеризующий гетерогенность популяции только по частотам вирулентности; нормализованный индекс Шеннона  $Sh$  [15, 16], характеризующий разнообразие популяций по фенотипическому составу, и индекс Космана  $KW_m$  [17, 18], оценивающий общую изменчивость популяций по вирулент-

ности и фенотипическому составу. Для оценки различий между популяциями использовали индекс Нея  $N$  [19, 20], характеризующий различия по вирулентности, индекс Роджерса  $R$  [21], оценивающий расстояние между популяциями по расовому составу и индекс Космана  $KB_m$  [17, 18], вычисление которого основано на анализе структуры по вирулентности и по фенотипическому составу.

### Результаты и их обсуждение

Все проанализированные изоляты имели устойчивый тип реакции на линиях с генами *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45* и *Lr47* и восприимчивый на линиях с генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr30*, *Lr48* и *Lr49* (табл. 1).

Таблица 1

**Вирулентность популяций гриба *P. tritici*, собранных с сортов и селекционных линий мягкой пшеницы на опытном поле ОмГАУ в 2013 г., %**

Линия с Lr-геном	Образец пшеницы – источник инфекционного материала									
	Нива 2	Памяти Азиева	ОмГАУ 90	Чернява 13	Павлоградка	Терция	Соната	Лютесценс 122	ГВК20131-13	Асар
<i>Lr1</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr2a</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr2c</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr3a</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr3bg</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr3ka</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr9</i>	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
<i>Lr10</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr11</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr14a</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr14b</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr15</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr16</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr17</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr18</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr19</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr20</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr21</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr23</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr24</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr26</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr28</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr29</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr30</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr41</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr42</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr43</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr44</i>	27	0	100	47	53	100	0	100	40	0
<i>Lr45</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr47</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr48</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr49</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr50</i>	0	0	100	27	0	60	0	0	0	0
<i>Lr52</i>	40	0	100	73	13	20	73	40	0	73
<i>LrB</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Всего изолятов	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Таблица 2

**Фенотипический состав популяций *P. triticea*, собранных с сортов и селекционных линий мягкой пшеницы на опытном поле ОмГАУ в 2013 г., %**

Фенотип	Образец пшеницы – источник инфекционного материала									
	Нива 2	Памяти Азиева	ОмГАУ 90	Черныява 13	Павлоградка	Терция	Соната	Лютесценс 122	ГВК20131-13	Асар
TGTTB	47	100		13	33		27		60	27
TGTTD	27			33	13		73			73
TGTTL	13			7	53			60	40	
TGTTN	13			20				40		
TGTTT			100	13						
TGTTQ				7						
TGTTJ				7						
TQTTD						33				
TQTTN						20				
TQTTT						13				
TQTTB						13				
TQ TTL						7				
TQTTQ						7				
TQTTJ						7				

Существенное варьирование выявлено в частотах вирулентности к генам *Lr9*, *Lr44*, *Lr50* и *Lr52*. Изоляты, вирулентные к гену *Lr9*, обнаружены в популяции гриба, собранной с сорта Терция (частота встречаемости 100%) и несущей данный ген. При этом они не выявлены в инокулюме с сорта Соната, также защищенного данным геном [2]. Данный факт может свидетельствовать о гетерогенной репродукции данного сорта (или механической примеси). Устойчивый тип реакции на линиях с генами *Lr44*, *Lr50* и *Lr52* имели изоляты, выделенные с сорта Памяти Азиева, а восприимчивый – с сорта ОмГАУ 90 (частота 100%). Значимое варьирование по частотам вирулентности к этим генам выявлено у изолятов с сортов Черныява 13 и Терция (от 20 до 100%). Изоляты, выделенные с сорта Нива 2, Павлоградка, Люсценс 122, характеризовались авирулентностью на линии с геном *Lr50* и варьированием частот вирулентности на линиях с генами *Lr44* и *Lr50* (от 100 до 13%). Изоляты, выделенные с сортов Соната и Асар, имели устойчивый тип реакции на линиях с генами *Lr44* и *Lr50*, но 73% из них были вирулентными к *Lr52*. Изоляты, выделенные с образца пшеницы ГВК20131-13, характеризовались вирулентностью на линии Tc*Lr44* и авирулентностью на линиях с генами *Lr50* и *Lr52*.

В результате анализа фенотипического состава с использованием северо-американского набора дифференциаторов, включающего 16 *Lr*-линий, сгруппированных в 4 группы, выявлено, что на всех сортах, за исключением Терция, преобладал фенотип TGTT, вирулентный на линиях с генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr16*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*, *LrB*, *Lr10*, *Lr14a*, *Lr18* и авирулентный на линиях *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*. Фенотип гриба TQTT, выделенный с сорта Терция, отличался от них вирулентностью к гену *Lr9*. Включение в классический набор дифференциаторов дополнительной 5-й группы линий с генами *Lr44*, *Lr50*, *Lr52(W)* и *Lr19* позволило выявить более высокое разнообразие в фенотипическом составе среди данных образцов популяций. Например, среди изолятов, выделенных с сорта Нива, выявлено 4 патотипа основного фенотипа, с сорта Черныява 13 и Терция – 7 патотипов, Павлоградка, Лютесценс, ГВК20131-13 и Асар – 2 патотипа (табл. 2).

Согласно трем статистическим индексам ( $H_s$ ,  $Sh$ ,  $KW_m$ ), характеризующим внутривидовое разнообразие по вирулентности, наибольшее разнообразие выявлено в фенотипическом составе популяций, выделенных с сортов Черныява 13 и Терция и наименьшее – с сортов Памяти Азиева и ОмГАУ 90 (табл. 3).

Таблица 3

**Внутрипопуляционное разнообразие *P. triticea* по вирулентности**

Индексы	Значения индексов по популяциям									
	Нива 2	Памяти Азиева	ОмГАУ 90	Черныява 13	Павлоградка	Терция	Соната	Лютесценс 122	ГВК20131-13	Асар
$H_s$	0,04	0	0	0,06	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02
$Sh$	0,46	0	0	0,65	0,36	0,65	0,21	0,25	0,25	0,21
$KW_m$	0,07	0	0	0,10	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03

Различия между популяциями *P. triticina* по вирулентности

Сравниваемые образцы	Значения индексов								
	Нива 2	Памяти Азиева	ОмГАУ 90	Чернява 13	Павлоградка	Терция	Соната	Лютесценс 122	ГВК20131-13
Индекс Нея $N$									
Памяти Азиева	0,01								
ОмГАУ 90	0,10	0,16							
Чернява 13	0,01	0,04	0,05						
Павлоградка	0,01	0,02	0,11	0,02					
Терция	0,07	0,01	0,10	0,05	0,08				
Соната	0,01	0,03	0,11	0,02	0,03	0,07			
Лютесценс 122	0,03	0,06	0,07	0,02	0,01	0,08	0,06		
ГВК20131-13	0,01	0,01	0,13	0,03	0	0,09	0,04	0,03	
Асар	0,01	0,03	0,11	0,02	0,03	0,07	0	0,06	0,04
Индекс Роджера $R$									
Памяти Азиева	0,53								
ОмГАУ 90	1	1							
Чернява 13	0,40	0,87	0,87						
Павлоградка	0,40	0,67	1	0,67					
Терция	1	1	1	1	1				
Соната	0,47	0,73	1	0,53	0,60	1			
Лютесценс 122	0,73	1	1	0,73	0,47	1	1		
ГВК20131-13	0,40	0,40	1	0,80	0,27	1	0,73	0,60	
Асар	0,68	0,73	1	0,53	0,60	1	0	1	0,73
Индекс Космана $KW_m$									
Памяти Азиева	0,03								
ОмГАУ 90	0,01	0,15							
Чернява 13	0,04	0,07	0,08						
Павлоградка	0,03	0,03	0,12	0,05					
Терция	0,09	0,12	0,13	0,05	0,08				
Соната	0,03	0,04	0,11	0,04	0,06	0,09			
Лютесценс 122	0,04	0,07	0,08	0,06	0,04	0,11	0,07		
ГВК20131-13	0,03	0,02	0,13	0,05	0,01	0,10	0,06	0,05	
Асар	0,03	0,04	0,11	0,04	0,6	0,09	0	0,07	0,06

Значения статистических индексов ( $H_s$ ,  $R$ ,  $KW_m$ ), указывающих на различия между популяциями, представлены в таблице 4. Показано, что популяции, выделенные с сортов Асар и Соната, имели наибольшее сходство между собой по фенотипическому составу и вирулентности. Более существенные различия от всех изученных наблюдались в популяциях с сортов Терция и ОмГАУ 90.

**Заключение**

В результате анализа вирулентности популяций, собранных с 10 яровых образцов мягкой пшеницы на опытном поле ОмГАУ в 2013 г., выявлены эффективные *Lr*-гены и охарактеризован фенотипический состав популяций. В настоящих исследованиях не выявлено изолятов вирулентных к генам *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45* и *Lr47*. Тем не менее не все из этих генов эффективны в полевых условиях в России. Эффективность гена *Lr26* была преодолена на Северном Кавказе в конце 1960-х годов в связи с массовым выращиванием сортов, защищенных данным геном. Аналогичная си-

туация произошла с геном *Lr19* в Поволжье в конце 1990-х годов и с геном *Lr9* в Западной Сибири в конце 2000-х годов. В настоящее время изоляты вирулентные к гену *Lr26* и *Lr19*, широко распространены во многих регионах России. Тем не менее показано, что эффективной является комбинация генов *Lr19+ Lr26*, которая обеспечивает не только защиту от бурой ржавчины, но и от наиболее агрессивной в настоящий период расы стеблевой ржавчины Ug99 [22].

Показано, что среди 35 *Lr*-линий, использованных для анализа вирулентности, только четыре (*Lr9*, *Lr44*, *Lr50*, *LrW*) позволяли провести дифференциацию и оценку разнообразия изученных образцов популяций. Среди этих генов только один *Lr9* встречается в российских сортах. Информация о селекционном использовании других трех генов в российской литературе отсутствует. Вероятно, вирулентность к данным генам является «лишней» и находится в ассоциации с другими «необходимыми» для паразитирования признаками вирулентности. Значения статистических индексов ( $H_s$ ,  $R$ ,  $KW_m$ ), указывающих на

различия между образцами популяций, представлены в таблице 4. Показано, что популяции, выделенные с сортов Асар и Соната, имели наибольшее сходство между собой. Более существенные различия от всех изученных наблюдались в популяциях с сортов Терция и ОмГАУ 90.

#### Библиографический список

1. Белан И.А. и др. Иммунологическая оценка материала «КАСИБ» в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 10 (96). – С. 39-43.

2. Мешкова Л.В. и др. Вирулентность патотипов возбудителя бурой ржавчины пшеницы к ThLr9 в регионах Сибири и Урала // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: матер. 2-й Всерос. конф. (29 сентября – 2 октября 2008 г.). – СПб., 2008. – С. 70-73.

3. Мешкова Л.В., Россеева Л.П. Тенденция увеличения вирулентности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к эффективным генам устойчивости в Омской области // Современные средства, методы и технологии защиты растений: Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2008. – С. 149-153.

4. Шаманин В.П. и др. Потепление климата и урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – Электрон. журн. – М., 2014. – № 1. – Режим доступа к журн.: <http://www.science-education.ru>.

5. Гультяева Е.И. Генетическое разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к возбудителю бурой ржавчины // Доклады Россельхозакадемии. – 2012. – № 2. – С. 29-32.

6. Гультяева Е.И., Садовая А.С., Шайдаюк Е.Л. Молекулярно-генетический скрининг новых российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине // Вестник защиты растений. – 2014. – № 1. – С. 26-29.

7. Михайлова Л.А., Гультяева Е.И., Мироненко Н.В. Методы исследования структуры популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob.ex Desm.f.sp.*tritici* // Иммуногенетические методы создания устойчивых к вредным организмам сортов: метод. рекомендации / ВИЗР. – 2000. – 26 с.

8. Mains E.V., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss // Phytopathology. – 1926. – 16. – p. 89-120.9.

9. Long D.L., Kolmer J.A. North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* // Phytopathology. – 1989. – 79. – P. 525-529.

10. Gulyaeva E.I., Dmitriev A.P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology. – 2012. – V. 34. – № 2. – P. 213-224.

11. Гультяева Е.И. и др. Структура популяций *Puccinia triticina* по вирулентности и ДНК-маркерам в Северо-Западном регионе РФ в 2007 году // Микология и фитопатология. – 2011. – Т. 45 (1). – С. 70-81.

12. Гультяева Е.И., Баранова О.А., Дмитриев А.П. Вирулентность и структура популяций *Puccinia triticina* в Российской Федерации в 2007 году // Вестник защиты растений. – 2009. – № 4. – С. 33-38.

13. Kosman E. et al. Virulence Analysis Tool (VAT). User Manual / 2008. <http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/plants/members/kosman/VAT.html>.

14. Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1973. – Vol. 70. – P. 3321-3323.

15. Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. – University of Illinois Press, Urbana, 1949.

16. Kolmer J.A. et al. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2001 // Plant Diseases. – 2003. – Vol. 87. – P. 859-866.

17. Kosman E. Difference and diversity of plant pathogen populations: A new approach for measuring // Phytopathology. – 1996. – Vol. 86. – P. 1152-1155.

18. Kosman E., Leonard K.J. Conceptual analysis of methods applied to assessment of diversity within and distance between populations with asexual or mixed mode of reproduction // New Phytologist. – 2007. – Vol. 174. – P. 683-696.

19. Nei M. Genetic distance between populations // Amer. Naturalist. – 1972. – Vol. 106. – P. 283-292.

20. Nei M. Estimation of average heterozygosities and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – Vol. 89. – P. 583-590.

21. Rogers J.S. Measures of genetic similarity and genetic distance // Studies in Genetics VII. University of Texas Publication 7213, Austin, 1972. – p. 145-153.

22. Сибикеев С.Н. и др. Оценка набора интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы селекции НИИСХ Юго-Востока на устойчивость к расе стеблевой ржавчине Ug99+Sr24 (TTKST) // Доклады РАСХН. – 2011. – № 2. – С. 3-5.

#### References

1. Belan I.A. i dr. Immunologicheskaya otsenka materiala «KASIB» v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri // Vestnik Altaiskogo

- gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 10 (96). – S. 39-43.
2. Meshkova L.V. i dr. Virulentnost' patotipov возбуdivatelya buroi rzhavchiny pshenitsy k ThLr9 v regionakh Sibiri i Urala] // Sovremennye problemy immuniteta rastenii k vrednym organizmam: mater. 2-oi Vseros. konf. 29 sentyabrya – 2 oktyabrya 2008 g. / Sankt-Peterburg, 2008. – S. 70-73.
3. Meshkova L.V., Rosseeva L.P. Tendentsiya uvelicheniya virulentnosti возбуdivatelya buroi rzhavchiny pshenitsy k effektivnym genam ustoychivosti v Omskoi oblasti // Sovremennye sredstva, metody i tekhnologii zashchity rastenii: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Novosibirsk, 2008. – S. 149-153.
4. Shamanin V.P. i dr. Poteplenie klimata i urozhnainost' yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – Elektron. zhurn. – M., 2014. – № 1. – Rezhim dostupa k zhurn.: <http://www.science-education.ru>.
5. Gul'tyaeva E.I. Geneticheskoe raznoobrazie rossiiskikh sortov myagkoi pshenitsy po ustoychivosti k возбуdivatelyu buroi rzhavchiny // Doklady Rossel'khozakademii. – 2012. – № 2. – S. 29-32.
6. Gul'tyaeva E.I., Sadovaya A.S., Shaidayuk E.L. Molekulyarno-geneticheskii skringing novykh rossiiskikh sortov myagkoi pshenitsy po ustoychivosti k buroi rzhavchine // Vestnik zashchity rastenii. – 2014. – № 1. – S. 26-29.
7. Mikhailova L.A., Gul'tyaeva E.I., Mironenko N.V. Metody issledovaniya struktury populyatsii возбуdivatelya buroi rzhavchiny pshenitsy *Puccinia recondita* Rob.ex Desm.f.sp.tritici. // Immunogeneticheskie metody sozdaniya ustoychivykh k vrednym organizmam sortov: metodich. rekomendatsii / VIZR, 2000. – 26 s.
8. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. – 1926. – 16. – p. 89-120.9.
9. Long D.L., Kolmer J.A. North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* // Phytopathology, 1989, 79, p. 525-529.
10. Gulyaeva E.I., Dmitriev A.P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology. – 2012. – V. 34. – № 2. – P. 213-224.
11. Gul'tyaeva E.I. i dr. Struktura populyatsii *Puccinia triticina* po virulentnosti i DNK-markeram v Severo-Zapadnom regione RF v 2007 godu // Mikologiya i fitopatologiya. – 2011. – T. 45 (1). – S. 70-81.
12. Gul'tyaeva E.I., Baranova O.A., Dmitriev A.P. Virulentnost' i struktura populyatsii *Puccinia triticina* v Rossiiskoi Federatsii v 2007 godu // Vestnik zashchity rastenii. – 2009. – № 4. – S. 33-38.
13. Kosman E. et al. Virulence Analysis Tool (VAT). User Manual. 2008. <http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/plants/members/kosman/VAT.html>.
14. Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1973. Vol. 70. P. 3321-3323.
15. Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 1949.
16. Kolmer J.A. et al. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2001 // Plant Diseases. – 2003. – Vol. 87. – P. 859-866.
17. Kosman E. Difference and diversity of plant pathogen populations: A new approach for measuring // Phytopathology. – 1996. – Vol. 86. – P. 1152-1155.
18. Kosman E., Leonard K.J. Conceptual analysis of methods applied to assessment of diversity within and distance between populations with asexual or mixed mode of reproduction // New Phytologist. – 2007. – Vol. 174. – P. 683-696.
19. Nei M. Genetic distance between populations // Amer. Naturalist. – 1972. – Vol. 106. – P. 283-292.
20. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – Vol. 89. – P. 583-590.
21. Rogers J.S. Measures of genetic similarity and genetic distance // Studies in Genetics VII. University of Texas Publication 7213, Austin, 1972. – P. 145-153.
22. Sibikeev S.N. i dr. Otsenka nabora introgressivnykh linii yarovoi myagkoi pshenitsy selektsii NIISKh Yugo-Vostoka na ustoychivost' k rase steblevoi rzhavchine Ug99+Sr24 (TTKST) // Doklady RASKhN. – 2011. – № 2. – S. 3-5.

