

**Г.В. Волкова, доктор биологических наук**

**О.О. Мирошниченко, аспирант**

**Е.В. Гладкова, кандидат сельскохозяйственных наук**

*Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений*

*РФ, 350039, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39*

**А.В. Дементьев, младший научный сотрудник**

**Е.В. Зуев, кандидат сельскохозяйственных наук**

*Федеральный исследовательский центр*

*«Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»*

*РФ, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42*

E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

УДК 632.4; 633.11; 632.938

DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/50-53

## ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ ИЗ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Стеблевая ржавчина пшеницы (возбудитель – *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici*) – опасное заболевание, поражающее зерновые культуры. Патоген вызывает множество разрывов эпидермиса стебля. При его значительном развитии возможно полегание посевов пшеницы, резко снижается урожай вследствие, так называемого, истекания зерна. Наиболее эффективный метод защиты пшеницы – использование устойчивых к патогену сортов. В 2018–2019 годах на фоне искусственного заражения *P. graminis* проведена оценка 263 образцов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) коллекции ВИР, из которых 186 были яровыми, а 77 – озимыми. Сорты и линии мягкой пшеницы представлены из 27 стран (44,9 % числа изученных из России). Выявлено 56 источников устойчивости к северокавказской популяции *P. graminis*, рекомендованных для использования в селекции на иммунитет. Больше количество устойчивых к *P. graminis* образцов из России – 26 и Канады – 9. Особый интерес представляют образцы мягкой пшеницы, которые при искусственном заражении патогеном были абсолютно устойчивыми: Столыпенская 2 (к-66388, Россия, Омская обл.), Гренада (к-66399, Россия, Тюменская обл.), Приморская 50 (к-66409, Россия, Приморский край), Вишиванка (к-65257, Украина), к-66443 (Грузия), Шортандинская 2014 (к-66424, Казахстан), Chi Mai 1 (к-66440, Китай), Byrsa (к-65852, Тунис), Lovitt (к-66204, Канада), NIL Thatcher Lr35 (к-66207, Канада), Harding (к-66081, США), Juchi F2000 (к-66252, Мексика).

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum L.*, *Puccinia graminis*, устойчивые образцы, мягкая пшеница, стеблевая ржавчина, северокавказская популяция.

**G.V. Volkova, Grand PhD in Biological sciences**

**O.O. Miroshnichenko, PhD student**

**E.V. Gladkova, PhD in Agricultural sciences**

*All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection*

*RF, 350039, Krasnodarskij kraj, g. Krasnodar, p/o 39*

**A.V. Dement'ev, junior researcher**

**E.V. Zuev, PhD in Agricultural sciences**

*Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources*

*RF, 190000, g. Sankt-Peterburg, ul. B. Morskaya, 42*

E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

## SOURCES OF RESISTANCE TO NORTH CAUCASIAN STEM RUST POPULATION AMONG SOFT WHEAT SAMPLES FROM THE ALL-RUSSIAN PLANT RESEARCH INSTITUTE COLLECTION

Wheat stem rust (pathogen *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici*) is a dangerous disease that affects crops. The pathogen causes many ruptures of the epidermis of the stem. With a significant development of the pathogen, lodging of wheat crops is possible, the yield sharply decreases due to the so-called outflow of grain. The use of pathogen resistant varieties is one of the most effective wheat protection methods. In 2018–2019, against the background of artificial infection with *P. graminis*, 263 samples of soft wheat (*Triticum aestivum L.*) from the collection of the Vavilov All – Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) were evaluated, of which 186 were spring and 77 were winter. Varieties and lines of soft wheat were represented from 27 countries and mostly from Russia (44.9 % of the number studied). 56 sources of resistance to the North Caucasian population of *P. graminis* were identified, which are recommended for use in selection for immunity. A larger number of *P. graminis*-resistant specimens were isolated from Russia – 26 and Canada-9. Of particular interest for breeding are samples of soft wheat that were absolutely resistant to artificial infection with the pathogen: Stolypenskaya 2 (K-66388, Russia, Omsk region), Grenada (K-66399, Russia, Tyumen region), Primorskaya 50 (K-66409, Russia, Primorsky Krai), Vishivanka (K-65257, Ukraine), K-66443 (Georgia), Shortandinskaya 2014 (K-66424, Kazakhstan), Chi Mai 1 (K-66440, China), byrsa (K-65852, Tunisia), Lovitt (K-66204, Canada), Nil Thatcher Lr35 (K-66207, Canada), Harding (K-66081, USA), Juchi F2000 (K-66252, Mexico).

**Key words:** *Triticum aestivum L.*, *Puccinia graminis*, resistant accessions, bread wheat, stem rust, the North Caucasian population.

По оценке экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, на рубеже последнего столетия потери пшеницы в мире от болезней достигли 33,5 млн т, что составляет около 10 % потенциального урожая этой важнейшей продовольственной культуры. [3] Одна из основных причин высоких потерь урожая зерна в мире, России и на Северном Кавказе – интенсивное развитие грибных заболеваний. Среди них стеблевая ржавчина (возбудитель – *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) – вредоносное заболевание пшеницы. Патоген способен вызывать время от времени значительные опустошения посевов и считается самым эпифитотийноопасным заболеванием в разных странах. [4, 6] Согласно Саари и Прескотту, ржавчина пшеничного стебля представляет собой давнюю проблему на всем африканском континенте, Среднем Востоке, в Азии (за исключением Центральной), Австралии и Новой Зеландии, Европе и Америке (Северной и Южной). [7, 8] Споры стеблевой ржавчины могут переноситься на большие расстояния. А появившаяся в Уганде раса Ug99 оказалась высоковирулентной, она поражает большую часть коммерческих сортов пшеницы. В сравнении с другими видами ржавчин (желтая и бурая), наносящими меньший урон, стеблевая ржавчина может привести к полной потере урожая. [9] В мире под угрозой эпифитотии ржавчины находится 65 млн га сельскохозяйственных земель. По данным исследователей, раса может привести к потере двух третей урожая пшеницы в США и 80 % – странах Азии и Африки. [8] В связи расширением ареала агрессивной расы стеблевой ржавчины Ug 99 создается угроза продовольственной безопасности населения всей планеты. Если в 2005 году были известны две расы (в 4-х странах), то в 2015 она зарегистрирована в 13 странах, в том числе в Иране и Египте, выявлены 11 ее рас и модификаций. [2] Локальные эпифитотии болезни происходят в Эфиопии и Кении. [10, 11]

Специалисты предупреждают о распространении заболевания к востоку от Ирана во многие

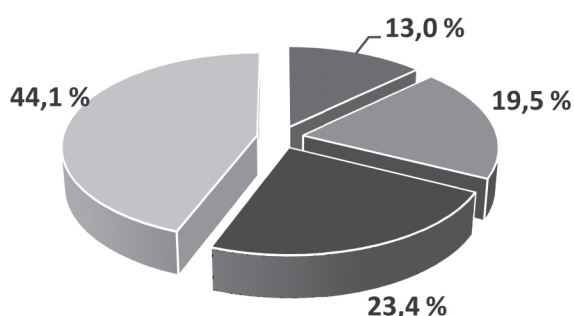
Таблица 1.  
Происхождение образцов мягкой пшеницы

Страна	Число образцов	Страна	Число образцов
Австралия	5	Норвегия	1
Афганистан	1	Пакистан	1
Беларусь	4	Польша	3
Великобритания	2	Россия	118
Германия	7	Словакия	11
Греция	1	США	16
Грузия	6	Тунис	2
Иран	1	Украина	21
Испания	4	Франция	7
Казахстан	9	Чехия	3
Канада	19	Швейцария	3
Китай	8	Швеция	6
Мексика	2	ЮАР	1
Нидерланды	1	Всего	263

страны Средней Азии, что может нанести серьезный урон урожаю. [12] Большую опасность раса Ug99 может представлять в Южном Федеральном округе РФ (предгорье Северного Кавказа), так как в этом регионе произрастает промежуточный хозяин (барбарис) и повсеместно распространены дикорастущие злаки, на которых грибок способен выживать, а также вероятны оптимальные климатические условия для развития и распространения патогена. Возможны потери урожая от 50 до 100 %. А поскольку патоген способен распространяться на большие расстояния воздушным способом, то он займет значительный ареал. [6] Наиболее эффективный способ защиты растений – использование устойчивых к болезни сортов пшеницы, а для их создания необходимы источники устойчивости к *P. Graminis* [5], а также скрининг по данному признаку среди коллекции культурных видов пшеницы и ее диких сородичей.

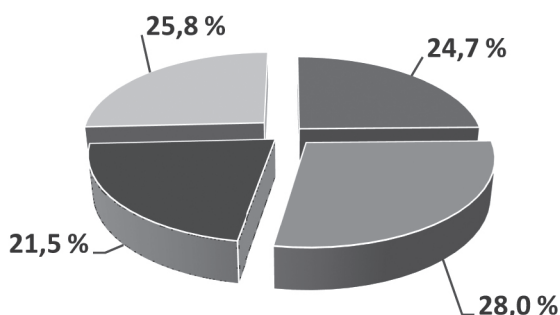
Цель работы – оценка образцов мягкой пшеницы из мировой коллекции ВИР на устойчивость к северокавказской популяции возбудителя стеблевой ржавчины.

### Озимая мягкая пшеница



- Устойчивые
- Умеренно устойчивые
- Умеренно восприимчивые
- Восприимчивые

### Яровая мягкая пшеница



- Устойчивые
- Умеренно устойчивые
- Умеренно восприимчивые
- Восприимчивые

Распределение образцов мягкой пшеницы по устойчивости к северокавказской популяции стеблевой ржавчины (искусственный фон, 2018–2019 годы).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использована материально-техническая база УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<http://ckp-rg.ru/671925>), Мировая коллекция генетических ресурсов растений ВИР (регистрационный номер USU\_505851), а также объекты БРК «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ВНИИБЗР.

В 2018–2019 годах сложились благоприятные погодные условия для развития патогена, что позволило создать высокий инфекционный фон стеблевой ржавчины (развитие в контроле по восприимчивости составило 90 % с типом реакции на заражение патогеном 3...4 балла).

Изучали 263 образца мягкой пшеницы (коллекция ВИР), из которых 186 – яровых, 77 – озимых (табл. 1).

В большей степени были представлены сорта и линии мягкой пшеницы из России (44,9 % числа изученных), Украины (8,0), Канады (7,2) и США (6,1 %).

Коллекционные образцы высевали по одному рядку в трехкратной повторности. Инфицирование возбудителем стеблевой ржавчины проводили в фазе колошения смесью урединиоспор гриба с тальком в соотношении 1:100, нагрузка инокулюма – 5 мг спор/м<sup>2</sup>. Продолжительность увлажнения (обильная роса) для прорастания и внедрения грибов составляла не менее шести-восьми часов. [1] Инфекционный материал – северокавказская популяция патогена. Оценивали коллекционные образцы по типу их реакции на заражение (балл) и степени поражения листовой поверхности растения (%) в период максимального развития болезни (молочно-восковая спелость зерна): устойчивые (тип реакции 0, 0; и 1 балл, поражение до 5 %); умеренно устойчивые (1,2 балла, поражение до 20 %); умеренно восприимчивые (2,3 балла, 6...50 %); восприимчивые (3, 4 балла, свыше 50 %). [6]

РЕЗУЛЬТАТЫ

На фоне искусственного заражения северокавказской популяцией *P. graminis* образцы яровой и озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР были ранжированы на четыре группы (см. рисунок).

Для озимой мягкой пшеницы к устойчивым относительно стеблевой ржавчины были отнесены 10 образцов (13,0 %): умеренно устойчивые – 15 (19,5 %); умеренно восприимчивые – 18 (23,4 %) и восприимчивые – 34 (44,1 %); для яровой 46 (24,7 %): 52 (28,0 %); 40 (21,5 %); 48 (25,8 %) соответственно. В наших опытах больше устойчивых форм было среди образцов яровой пшеницы по сравнению с озимой (табл. 2).

Большее количество устойчивых к *P. graminis* образцов было выделено среди изученных из России – 26 и Канаде – 9.

Определены образцы мягкой пшеницы, которые при искусственном заражении патогеном были абсолютно устойчивыми: *Столыпенская 2* (к-66388, Россия, Омская обл.), *Гренада* (к-66399, Тюменская обл.),

Таблица 2. Источники устойчивости к северокавказской популяции возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы (искусственный фон, 2018-2019 годы)

Номер в каталоге ВИР	Название	Происхождение	Тип реакции, балл	Степень поражения, %
Озимая мягкая пшеница				
65674	<i>Арабеска</i>	Россия, Ставропольский край	1,2	5
65675	<i>Настя</i>	то же	1	5
65385	<i>Танаус</i>	Россия, Ростовская обл.	1	5
65386	<i>Вояж</i>	то же	1	5
65759	<i>Московская 40</i>	Россия, Московская обл.	1	5
66048	<i>AC Delta</i>	Канада	1	5
66052	<i>Carlisle</i>	то же	1	5
66050	<i>Vienna</i>	– // –	1	5
66081	<i>Harding</i>	США	0	0
66045	<i>INW0731</i>	то же	1	5
Яровая мягкая пшеница				
66351	<i>Ботаническая 81</i>	Россия, Московская обл.	1	5
66380	<i>Ленса 2</i>	Россия, Ленинградская обл.	1	5
66381	<i>Ленса 3</i>	то же	2	5
66384	<i>Ленса 6</i>	– // –	1	5
66388	<i>Столыпенская 2</i>	Россия, Омская обл.	0	0
66396	<i>Нерда</i>	Россия, Московская обл.	1	5
66399	<i>Гренада</i>	Россия, Тюменская обл.	0	0
66409	<i>Приморская 50</i>	Россия, Приморский край	0	0
66417	<i>Иделле</i>	Россия, Татарстан	1,2	5
66418	<i>Экада 66</i>	то же	1	5
66437	<i>Волошинка</i>	Россия, Омская обл.	1	5
65247	<i>Тюменская 29</i>	Россия, Тюменская обл.	1	5
65248	<i>Тюменская 30</i>	то же	1	5
65250	<i>Ульяновская 100</i>	Россия, Ульяновская обл.	1	5
65253	<i>Омская 41</i>	Россия, Омская обл.	1	5
66001	<i>Лютеценс 575</i>	Россия, Самарская обл.	1	5
65245	<i>Памяти Леонтьева</i>	Россия, Омская обл.	1	5
65246	<i>Черноземноуральская 2</i>	Россия, Воронежская обл.	1	5
66257	<i>Воронежская 20</i>	то же	1	5
65240	<i>Радуга</i>	Россия, Курганская обл.	1	5
65252	<i>Мелодия</i>	Россия, Омская обл.	1	5
66204	<i>Lovitt</i>	Канада	0	0
66205	<i>Gunner</i>	то же	1	5
66207	<i>NIL Thatcher Lr35</i>	– // –	0	0
66208	<i>NIL Thatcher Lr38</i>	– // –	1	5
66210	<i>NIL Thatcher Lr45</i>	– // –	1	5
65806	<i>NIL Thatcher Lr22a</i>	– // –	1	5
66439	<i>Dian 81V-418</i>	Китай	1	5
66440	<i>Chi Mai 1</i>	то же	0	0
65832	<i>Ke Qun</i>	– // –	1	5
66443	-	Грузия	0	0
66444	-	то же	1	5
66445	-	– // –	2	5
65995	<i>Arrino</i>	Австралия	2	5
65996	<i>Calingiri</i>	то же	2	5
65257	<i>Вишиванка</i>	Украина	0	0
65152	<i>ПХРСВ-03</i>	то же	1	5
66421	<i>Ласка</i>	Беларусь	1,2	5
66424	<i>Шортландинская 2014</i>	Казахстан	0	0
66400	<i>Kumru</i>	Чехия	1	5
66215	-	Пакистан	1	5
66452	<i>UI Winchester</i>	США	1	5
65852	<i>Byrsa</i>	Тунис	0	0
65853	<i>Falat</i>	Иран	1	5
66252	<i>Juchi F2000</i>	Мексика	0	0
66254	<i>Karee</i>	ЮАР	1	5

Приморская 50 (к-66409, Приморский край), Вишневка (к-65257, Украина), к-66443 (Грузия), Шортландинская 2014 (к-66424, Казахстан), Chi Mai 1 (к-66440, Китай), Byrsa (к-65852, Тунис), Lovitt (к-66204, Канада), NIL Thatcher Lr 35 (к-66207, Канада), Harding (к-66081, США), Juchi F2000 (к-66252, Мексика) (табл. 2).

Выявленные источники устойчивости к возбудителю стеблевой ржавчины представляют практический интерес для селекции как на юге России, так и в других регионах РФ.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анпилогова, Л.К. Методы создания искусственных инфекционных фондов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). Рекомендации / Л.К. Анпилогова, Г.В. Волкова. — Краснодар: РАСХН, ВНИИБЗР. — 2000. — 288 с.
2. Койшыбаев, М. Источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к видам ржавчины и септориоза в северном Казахстане / М. Койшыбаев, Б.К. Канафин, Е.Н. Федоренко и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 12 (66). — 118 с.
3. Кохметова, А.М. Идентификация источников устойчивости к стеблевой ржавчине пшеницы с использованием молекулярных маркеров / А.М. Кохметова, М.Н. Атишова // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2012. — Том 16. — № 1. — 132 с.
4. Лапочкина, И.Ф. Создание линий озимой пшеницы с несколькими генами устойчивости к *Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici для использования в селекционных программах России / И.Ф. Лапочкина, О.А. Баранова, Н.Р. Гайнуллин, и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2018. — 22(6):676-684.
5. Пушкарев, Д.В. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы на экологическую пластичность и стабильность урожайности зерна в степной зоне Омской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук/ Д.В. Пушкарев. — 2018. — 25 с.
6. Синяк, Е.В. Источники устойчивости пшеницы и эгилопса к стеблевой ржавчине (возбудитель *Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici Erikss. Et Henn.) / Е.В. Синяк, Г.В. Волкова, О.П. Митрофанова // Научный журнал КубГАУ. — 2011. — № 67 (03). — С. 1-7.
7. Jin, Y. Virulence variation within the Ug99 lineage. Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium Brisbane / Y. Jin, L. Szabo, Z.A. Pretorius // Australia. — 2008b. — 92:923-926.
8. Jin, Y. Detection of virulence to Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. tritici / Y. Jin, J. Szabo, Z.A. Pretorius, R.P. Singh, T. Fetch // Plant Dis. — 2008a. — Vol. 92. — P. 923-926.
9. Jin, Y. Detection of virulence to resistance gene Sr36 within the TTKS race lineage of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. / Y. Jin, L. Szabo, M.N. Rouse et al. // Plant Dis 2009. — 93:367-370.
10. Patpour, M. Detection of significant new races of the wheat stem rust pathogen in Africa and Europe/ M. Patpour. — Plenary abstracts. — Sydney. — 2015. — P. 8.
11. Singh, R.P. Breeding durable adult plant resistance to stem rust in spring wheat. Progress made in decade since the

- lunch of the Borlaug Global Rust Initiative / R.P. Singh. — Plenary abstracts. — Sydney. — 2015. — P. 3.
12. Wanyera, R. The Spread of Stem Rust Caused by *Puccinia graminis* f. sp. tritici, with Virulence on Sr31 in Wheat in Eastern Africa / R. Wanyera, M.G. Kinyua, Y. Jin, R. Singh // Plant Dis. — 2006. — Vol. 90. — P. 113.

#### LIST OF SOURCES

1. Anpilogova, L.K. Metody sozdaniya iskusstvennyh infekcionnyh fonov i ocenki sortoobrazcov pshenicy na ustojchivost' k vredonosnym boleznyam (fuzariozu kolosa, rzhavchinam, muchnistoj rose). Rekomendacii / L.K. Anpilogova, G.V. Volkova. — Krasnodar: RASKHN, VNI-IBZR. — 2000. — 288 s.
2. Kojshybaev, M. Istochniki ustojchivosti yarovoju myagkoju pshenicy k vidam rzhavchiny i septorioza v severnom Kazahstane / M. Kojshibaev, B.K. Kanafin, E.N. Fedorenko i dr. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. — 2017. — № 12 (66). — 118 s.
3. Kohmetova, A.M. Identifikaciya istochnikov ustojchivosti k steblevoj rzhavchine pshenicy s ispol'zovaniem molekulyarnyh markerov / A.M. Kohmetova, M.N. Atishova // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2012. — Tom 16. — № 1. — 132 s.
4. Lapochkina, I.F. Sozdanie linij ozimoj pshenicy s neskol'kimi genami ustojchivosti k *Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici dlya ispol'zovaniya v selekcionnyh programmah Rossii / I.F. Lapochkina, O.A. Baranova, N.R. Gajnullin, i dr. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2018. — 22(6):676-684.
5. Pushkarev, D.V. Ocenka sortov yarovoju myagkoju pshenicy na ekologicheskuyu plastichnost' i stabil'nost' urozhajnosti zerna v stepnoj zone Omskoju oblasti: Avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk/ D.V. Pushkarev. — 2018. — 25 s.
6. Sinyak, E.V. Istochniki ustojchivosti pshenicy i egilopsa k steblevoj rzhavchine (vozbuditel' *Puccinia graminis* Pers. f. sp. tritici Erikss. Et Henn.) / E.V. Sinyak, G.V. Volkova, O.P. Mitrofanova // Nauchnyj zhurnal KubGAU. — 2011. — № 67 (03). — S. 1-7.
7. Jin, Y. Virulence variation within the Ug99 lineage. Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium Brisbane / Y. Jin, L. Szabo, Z.A. Pretorius // Australia. — 2008b. — 92:923-926.
8. Jin, Y. Detection of virulence to Sr24 within race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. tritici / Y. Jin, J. Szabo, Z.A. Pretorius, R.P. Singh, T. Fetch // Plant Dis. — 2008a. — Vol. 92. — P. 923-926.
9. Jin, Y. Detection of virulence to resistance gene Sr36 within the TTKS race lineage of *Puccinia graminis* f. sp. tritici. / Y. Jin, L. Szabo, M.N. Rouse et al. // Plant Dis 2009. — 93:367-370.
10. Patpour, M. Detection of significant new races of the wheat stem rust pathogen in Africa and Europe/ M. Patpour. — Plenary abstracts. — Sydney. — 2015. — P. 8.
11. Singh, R.P. Breeding durable adult plant resistance to stem rust in spring wheat. Progress made in decade since the lunch of the Borlaug Global Rust Initiative / R.P. Singh. — Plenary abstracts. — Sydney. — 2015. — P. 3.
12. Wanyera, R. The Spread of Stem Rust Caused by *Puccinia graminis* f. sp. tritici, with Virulence on Sr31 in Wheat in Eastern Africa / R. Wanyera, M.G. Kinyua, Y. Jin, R. Singh // Plant Dis. — 2006. — Vol. 90. — P. 113.