

**ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ С ГЕНОМOM *AE. TAUSCHII*
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА РАСОНЕСПЕЦИФИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ
К БУРОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ**

¹**И.В. Потоцкая**, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

¹**В.П. Шаманин**, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

¹**В.Е. Пожерукова**, кандидат биологических наук

²**Е.И. Гультияева**, кандидат биологических наук, доцент

³**А.И. Моргунов**, кандидат сельскохозяйственных наук

Ключевые слова: мягкая пшеница, синтетическая линия, бурая и стеблевая ржавчина, площадь под кривой развития болезни, расонеспецифическая устойчивость, гены устойчивости

¹Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Омск, Россия

²Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

³Представительство CIMMYT в Турции, Анкара, Турция

E-mail: iv.pototskaya@omgau.org

Реферат. *Расширение генетического разнообразия пшеницы составляет основу для повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды и увеличения урожайности сортов, которое может быть достигнуто за счет привлечения в гибридизацию генетических ресурсов близкородственных видов и родов. Проведена оценка основных критериев расонеспецифической устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине синтетических линий с геном *Ae. tauschii* на опытном поле Омского ГАУ в 2016–2017 гг. Изучена ювенильная устойчивость синтетических линий при инокуляции проростков 4 изолятами возбудителя *Rustinia triticipina*, выделенными из популяций бурой ржавчины, собранных на посевах пшеницы в Ленинградской, Тамбовской, Челябинской областях и Краснодарском крае. Выделены синтетические линии, которые рекомендуются в качестве исходного материала для селекции на расонеспецифическую устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине: № 5 Langdon / Ku-2096, № 9 Ukr-Od 952.92 / *Ae. sq.* (1031), № 14 Langdon / Ku –2075, № 19 Ukr-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (1027), № 21 Langdon / Ku –20–9, № 22 Langdon / Ig 48042, № 24 Aisberg / *Ae. sq.* (511), № 29 Langdon / IG 126387, № 42 UKR-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (310) и № 52 Langdon / Ku-2100. Проведена идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине и генотипирование изучаемых синтетических линий по SNP-маркерам, ассоциированных с геном устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr2*. Выделены синтетические линии: № 19 UKR-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (1027), несущая комбинацию генов устойчивости *Lr34 + Lr39* (*Lr41*), характеризующаяся высоким уровнем устойчивости во взрослой стадии развития растений в условиях Омской и Ленинградской областях, и № 24 Aisberg / *Ae. sq.* (511) с геном возрастной устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr2*, характеризующаяся умеренной восприимчивостью к популяции стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири.*

**STARTING MATERIAL WITH *AE. TAUSCHII* GENOME FOR SELECTION TO RACE
NON-SPECIFIC RESISTANCE TO BROWN RUST AND STEM RUST**

¹ Pototskaia I.V., Candidate of Agriculture, Associate Professor

¹ Shamanin V.P., Dr. of Agricultural Sc., Professor

¹ Pozherukova V.E., Candidate of Biology

² Gultiaeva E.I., Candidate of Biology, Associate Professor

³ Morgunov A.I., Candidate of Agriculture

¹ Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

² Russian Research Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

³ Branch of CIMMYT in Turkey, Ankara, Turkey

Key words: spring wheat, synthetic line, brown rust and stem rust, area under the curve of disease progress, race non-specific resistance, resistant genes.

Abstract. *The paper highlights that genetic diversity of wheat is the basis for higher resistance of plants to bad environmental conditions and higher crop yield, which can be achieved by including genetic resources similar to species and varieties in the hybridization. The authors estimate the basic criteria of race non-specific resistance to leaf and stem rust of synthetic lines which contain Ae. Tauschii genome. The Research was conducted at the experimental field of Omsk State Agrarian University in 2016-2017. The paper explores juvenile resistance of synthetic lines during inoculation of seedlings by 4 isolates of Puccinia triticina pathogens isolated from brown rust populations collected on wheat crops in Leningrad, Tambov, Chelyabinsk regions and the Krasnodar Territory. The authors shift the synthetic lines, which are recommended as initial material for selection on race non-specific resistance to leaf and stem rust: No. 5 Langdon / Ku-2096, No. 9 Ukr-Od 952.92 / Ae. sq.(1031), №14 Langdon / Ku -2075, №19 Ukr-Od 1530.94 / Ae. sq.(1027), No. 21 Langdon / Ku-20-9, No. 22 Langdon / Ig 48042, No. 24 Aisberg / Ae. sq.(511), No. 29 Langdon / IG 126387, No. 42 UKR-Od 1530.94 / Ae. sq.(310) and No. 52 Langdon / Ku-2100. The authors identify gene resistance to brown rust and conducted genotyping of the synthetic lines by SNP-markers associated with resistant gene to stem rust Sr2. The researchers outline synthetic lines №19 UKR-Od 1530.94 / Ae. sq.(1027) which carries a combination of resistant genes Lr34 + Lr39 (Lr41), characterized by high resistance in the later stage of development in Omsk and Leningrad regions; and №24 Aisberg / Ae. sq.(511) with age resistant gene to stem rust Sr2, characterized by moderate resistance to stem rust populations in the conditions of Western Siberia.*

Общая тенденция к потеплению климата, высокая степень изменчивости и миграционной способности патогенов и, как следствие, участвовавшие в последние годы эпифитотии болезней представляют серьезную угрозу дальнейшего роста валового производства зерна пшеницы и повышения стабильности урожая по годам. Бурая и стеблевая ржавчина являются наиболее вредоносными заболеваниями, вызывающими снижение урожайности и качества зерна восприимчивых сортов яровой пшеницы, возделываемых на территории Западной Сибири [1].

Повышение генетической устойчивости зернового агроценоза к патогенам может достигаться посредством частой сортосмены, а также возделывания в регионах и хозяйствах сортов с разным уровнем устойчивости к болезням и разным расам. Эти приемы призваны опережать эволюцию патогенов и пре-

дотвращать появление новых вирулентных рас [2].

Для сдерживания формообразовательного процесса и миграционной активности патогенов необходимо привлечение в селекционные программы источников устойчивости диких сородичей пшеницы [3].

Большинство эффективных генов устойчивости было привнесено в геном мягкой пшеницы от видов *Aegilops* L. Геном D рода *Aegilops* L. послужил источником ценных для селекционной практики генов устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине: *Lr21* (*Lr40*), *Lr22a*, *Lr32*, *Lr39* (*Lr41*), *Lr42*, *Sr33*, *Sr45*, *Sr46* [4].

Линии синтетической гексаплоидной пшеницы, полученные в CIMMYT путем скрещивания озимых сортов твердой пшеницы (*Triticum durum*; 2n=28, AABB) из Украины и Румынии с образцами *Ae. tauschii* Coss. (2n=14, DD, синоним *Ae. squarrosa*) из

района Каспийского бассейна и линии синтетической пшеницы селекции университета Киото (Япония), полученные скрещиванием сорта твердой пшеницы Langdon (США) с формами эгилопса различных эколого-географических групп, представляют собой значительный генетический резерв для создания ценного исходного материала в селекции на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине [5].

К настоящему моменту расонеспецифическая (горизонтальная, частичная, длительная, slow rusting resistance) устойчивость, характеризующаяся восприимчивым типом реакции и низкими значениями ПКРБ, рассматривается как альтернатива расоспецифической устойчивости и является сдерживающим фактором для эпифитотийного развития ржавчинных болезней [6].

Частичная устойчивость сортов пшеницы к ржавчинным болезням обусловлена, как правило, присутствием в генотипе одного-двух олигогенов и нескольких малых генов устойчивости или их комбинацией [7]. Пирамидирование генов устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине позволяет расширить генетическую основу устойчивости сортов пшеницы и обеспечить их более продолжительную защиту [8].

Цель исследований – оценка основных критериев расонеспецифической устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине у синтетических линий с геномом *Aegilops tauschii* и отбор исходного материала для селекции на иммунитет в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На опытном поле Омского ГАУ в 2016 г. изучено 126 линий синтетической гексаплоидной пшеницы. Посев проводили вручную, на ярусах шириной 1 м, каждая линия высевалась по 1 рядку, через каждые 5 номеров поочередно размещались стандарт № 1 (среднеранний сорт Памяти Азиева) и стандарт № 2 (среднепоздний сорт Серебристая). В 2017 г. изучали 57 синтетических линий

ярового типа развития. Площадь делянки – 1,4 м², норма высева по 25 г семян на делянку. Повторность четырехкратная, размещение делянок в опыте рендомизированное. Через каждые 10 номеров поочередно размещался стандарт № 1 (среднеранний сорт Памяти Азиева) и стандарт № 2 (среднепоздний сорт Серебристая). Посев проведен селекционной сеялкой ССФК-7. Ширина междурядий – 15 см.

В течение вегетации растений проводились фенологические наблюдения, иммунологическая оценка (в динамике, не менее 4–5 учетов) поражения растений бурой и стеблевой ржавчиной по международной шкале СИММУТ [9]. В результате полевой оценки синтетические линии с разными типами устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине были условно разделены на три основные группы: линии с высокой устойчивостью (тип инфекции – R, интенсивность поражения – 0–5%), умеренной устойчивостью (MR, 10–25%) и восприимчивые (S, 30–50%).

Расчет площади под кривой развития болезни (мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины) – ПКРБ – проводили по методу Джонсона и Вилкинсона в изложении Л.П. Сочаловой и И.Е. Лихенко [10]. В качестве контроля восприимчивости к бурой ржавчине использовали стандарт Серебристая, в качестве контроля восприимчивости к стеблевой ржавчине – стандарт Памяти Азиева. В лаборатории LGC Genomics (Великобритания) проведено генотипирование изучаемых синтетических линий по 45 селекционно-значимым SNP-маркерам, в том числе ассоциированным с геном устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr2*.

Идентификация генов устойчивости и оценка ювенильной устойчивости к бурой ржавчине синтетических линий проведена в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений». Для изучения ювенильной устойчивости по 3 зерна каждой линии сеяли в почву, 10–12-дневные проростки инокулировали суспензией 4 изолятов возбудителя *Puccinia triticina*, выделенных из популяций бурой ржавчины, собран-

ных на посевах пшеницы в Ленинградской, Тамбовской, Челябинской областях и Краснодарском крае. Учет типа реакции на заражение проводили на 8-й день после инокуляции по шкале Майнса и Джексона [11]. Достоверность различий от стандартного сорта рассчитывали по методике, изложенной Б. А. Доспеховым [12], с использованием программы Microsoft Excel.

В 2016 г. в июне–июле отмечена умеренно теплая дождливая погода, благоприятная для развития ржавчинных болезней, в связи с чем наблюдался более высокий уровень поражения посевов пшеницы бурой и стеблевой ржавчиной. В 2017 г. отмечена характерная для южной лесостепной зоны Западной Сибири раннелетняя засуха в июне, поэтому бурая и стеблевая ржавчина начала проявляться только в первой декаде августа – слишком поздно, чтобы сильно поразить посевы пшеницы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полевая оценка устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине, проведенная в 2016–2017 гг., показала значительную вариабельность синтетических линий пшеницы по уровню устойчивости к ржавчинным болезням.

В 2016 г. из 126 синтетических линий пшеницы 15 % имели высокую устойчивость к бурой ржавчине и 35 % линий – к стеблевой

ржавчине. В 2017 г. из 57 линий синтетиков ярового типа к группе умеренно устойчивых к бурой ржавчине (MR, степень поражения менее 10–25 %) были отнесены 19 (33,3 %) линий. Доля линий-синтетиков, устойчивых к стеблевой ржавчине (R, степень поражения менее 5–10 %) составила 10,5 % (6 линий), а доля умеренно устойчивых – 52,6 % (30 линий).

Сорта с признаками частичной устойчивости характеризуются восприимчивой реакцией к возбудителю болезни и замедленной динамикой развития инфекции в течение вегетационного периода (низкими значениями ПКРБ). Показатель ПКРБ является надежным критерием определения расонеспецифического типа устойчивости к ржавчинным болезням [13].

По интенсивности поражения и значению ПКРБ синтетические линии пшеницы были разделены на 6 групп (рис. 1, 2). Для селекционной практики представляет интерес селекционный материал, имеющий ПКРБ меньше 20 %.

В годы исследований из 57 синтетических линий 27 % имели ПКРБ меньше 20 % от ПКРБ контроля (стандарт Серебристая) по бурой ржавчине и 53,6 % – по стеблевой ржавчине в сравнении с восприимчивым стандартом Памяти Азиева.

Остальные линии, имеющие ПКРБ более 20 % от ПКРБ контроля, характеризуются более высокой степенью поражения, обусловленной, по-видимому, присутствием частично

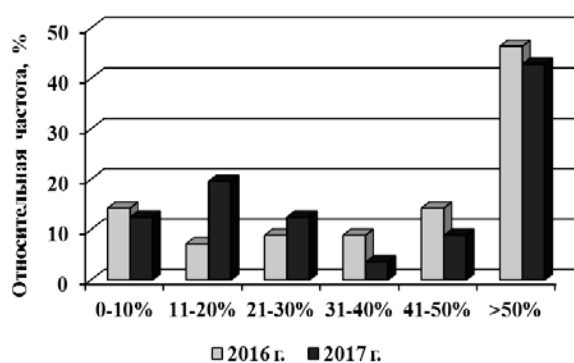


Рис. 1. Распределение синтетических линий по значению ПКРБ по бурой ржавчине
Distribution of synthetic lines according to PKRB index on the brown rust

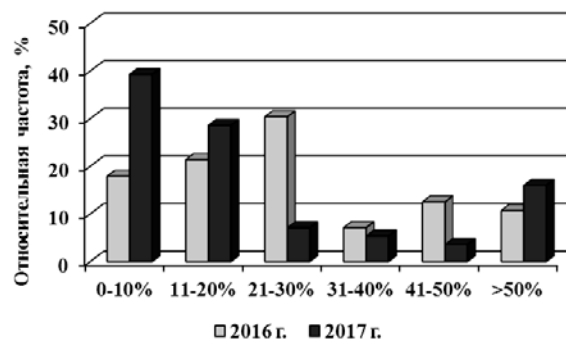


Рис. 2. Распределение синтетических линий по значению ПКРБ по стеблевой ржавчине
Distribution of synthetic lines according to PKRB index on the stem rust

эффективных или неэффективных олигогенов и одного-двух малых генов устойчивости.

Выделены синтетические линии, характеризующиеся расонеспецифической устойчивостью к бурой и стеблевой ржавчине (табл. 1).

Линии № 5 Langdon / Ku-2096, № 14 Langdon / Ku –2075 и № 52 Langdon / Ku-2100

имели низкий уровень ПКРБ (6,6–14,1 %) по бурой и стеблевой ржавчине. У остальных линий наблюдалось варьирование ПКРБ к разным видам ржавчины, но не более 35 %.

Поскольку большинство малых генов не экспрессируются на стадии проростков, такой тип устойчивости может быть постулиро-

Таблица 1

Полевая оценка синтетических линий с расонеспецифическим типом устойчивости к ржавчинным болезням (в среднем за 2016–2017 гг.)

Field assessment of synthetic lines with race non-specific resistance to rust diseases (on average in 2016–2017)

Но- мер ли- нии	Сорт, линия	Бурая ржавчина			Стеблевая ржавчина		
		степень по- ражения, %	ПКРБ		степень пораже- ния, %	ПКРБ	
			условные единицы	% от контроля		условные единицы	% от кон- троля
	Серебристая, контроль по бурой ржавчине	70	1057	100	55	–	–
	Памяти Азиева, контроль по стеблевой ржавчине	60	–	–	60	569	100
5	Langdon/Ku-2096	8,75	103	9,6	17,5	59	9,9
9	Ukr-Od 952.92/ <i>Ae. sq.</i> (1031)	10,0	137	13,8	22,5	149	25,9
14	Langdon/Ku-2075	13,75	96	8,4	12,5	39	6,6
19	Ukr-Od 1530.94/ <i>Ae. sq.</i> (1027)	6,25	56	6,4	31,25	133	23,0
21	Langdon/Ku-20–9	22,5	248	22,3	26,25	54	9,1
22	Langdon/IG 48042	23,75	384	32,3	11,25	44	7,5
24	Aisberg / <i>Ae. sq.</i> (511)	18,75	344	29,1	5,0	18	3,3
29	Langdon/IG 126387	18,75	309	27,7	27,5	111	18,6
42	UKR-Od 1530.94 / <i>Ae. sq.</i> (310)	11,25	176	16,9	36,25	198	34,4
52	Langdon/Ku-2100	8,75	99	9,4	23,75	83	14,1
	НСП _{0,05}	5,81			5,72		

ван в результате ювенильной оценки селекционного материала.

Оценка ювенильной устойчивости синтетических линий пшеницы (табл. 2) показала восприимчивый тип ко всем четырем изолятам возбудителя бурой ржавчины либо варьирование типа реакции в зависимости от используемого изолята. Оценка полевой устойчивости к западно-сибирской популяции бурой ржавчины выявила в основном промежуточный тип устойчивости у большинства представленных линий, за исключением линии № 9 Ukr-Od 952.92/ *Ae. sq.* (1031), показавшей умеренную восприимчивость к патогену (10MS).

По результатам полевого обследования генотипов, несущих ген *Lr34*, имеющий плеiotропный эффект (=Sr57//Yr18/Pm38), Е.С. Сколотневой с коллегами [14]

установлено, что данный ген является неэффективным в условиях Западной Сибири. Пирамидирование же малоэффективных генов устойчивости обеспечивает устойчивость растений во взрослой стадии развития.

В наших исследованиях линия № 19 UKR-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (1027), несущая комбинацию генов устойчивости *Lr34* + *Lr39* (*Lr41*), имела более высокий уровень устойчивости как в условиях Омской (10MR), так и в условиях Ленинградской области (R).

Ген возрастной устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr2*, эффективный также против вирулентной расы *Ug99*, имеет рецессивный характер наследования и идентифицирован с помощью SNP-маркера *Sr2_ger9_3p* из представленных линий у синтетической линии № 24 Aisberg / *Ae. sq.* (511). Уровень устойчивости носителей данного гена зави-

Таблица 2

Оценка ювенильной и полевой устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине линий гексаплоидной синтетической пшеницы (2017 г.)

Assessment of juvenile and field resistance to brown and stem rust of hexaploid synthetic wheat (in 2017)

Но- мер ли- нии	Сорт, линия	Иденти- фициро- ванные гены	Поражение бурой ржавчиной			Поражение стеблевой ржавчиной, %, и тип реакции
			полевая оценка, %, и тип реакции	юве- нильная оценка, баллов*	полевая оценка, %, и тип реакции	
			Омск	СПб-Пушкин	Омск	
	Памяти Азиева, среднеранний стандарт	–	50S	3–4	70S	40S
	Серебристая, среднепоздний стандарт	<i>Lr10</i>	55S	3–4	50–70S	40S
5	Langdon / Ku-2096	<i>Lr39</i>	5M	0–3	1–5S	5MR
9	Ukr-Od 952.92/ <i>Ae.sq.</i> (1031)	<i>Lr39</i>	10MS	3–4	30–50S	10MS
14	Langdon / Ku-2075	<i>Lr39</i>	5M	1–3	R	5M
19	UKR-Od 1530.94 / <i>Ae.sq.</i> (1027)	<i>Lr34 + Lr39</i>	10MR	0–3	R	15MR
21	Langdon / Ku-20–9	<i>Lr39</i>	15M	3–4	1–5S	5R
22	Langdon/IG 48042	<i>Lr39</i>	5M	3–4	5–10S	5R
24	Aisberg / <i>Ae.sq.</i> (511)	<i>Lr39, Sr2</i>	5M	0–3	5–10MR	10MS
29	Langdon/IG 126387	<i>Lr39</i>	5M	3–4	5–10S	5M
42	UKR-Od 1530.94 / <i>Ae.sq.</i> (310)	<i>Lr10 + Lr39</i>	20M	0–4	1–5MR	5MS
52	Langdon / Ku-2100	<i>Lr39</i>	5M	0–3	1–5S	10MR
HCP _{0,05}		4,09				3,74

* Варьирование типа реакции при инокуляции 4 тест-клонами *P. triticina*.

сит от генетического окружения и влияния внешней среды [15], поэтому в полевых условиях данная линия характеризовалась как умеренно восприимчивая к стеблевой ржавчине (10MS). У выделенных синтетических линий присутствуют, вероятно, и другие гены устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине, для идентификации которых требуются дополнительные исследования.

Из представленных 10 синтетических линий пшеницы 6 принадлежат к группе синтетических гексаплоидов селекции университета Киото: № 21 Langdon / Ku –20–9, № 22 Langdon / Ig 48042, характеризующиеся высокой устойчивостью к стеблевой ржавчине (5R), № 5 Langdon / Ku-2096, а также № 14 Langdon / Ku –2075, № 29 Langdon/IG 126387 и № 52 Langdon / Ku-2100, характеризующиеся умеренной устойчивостью к данному патогену (5–10 MR).

ВЫВОДЫ

1. Доля линий синтетической гексаплоидной пшеницы, характеризующихся низкими значениями ПКРБ (<20%), по бурой ржавчине составила 27%, по стеблевой ржавчине – 53,6%.

2. Выделены синтетические линии, которые рекомендуются в качестве исходного

материала для селекции на расонеспецифическую устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине: № 5 Langdon / Ku-2096, № 9 Ukr-Od 952.92/ *Ae. sq.* (1031), № 14 Langdon / Ku –2075, № 19 Ukr-Od 1530.94/ *Ae. sq.* (1027), № 21 Langdon / Ku –20–9, № 22 Langdon / Ig 48042, № 24 Aisberg / *Ae. sq.* (511), № 29 Langdon / IG 126387, № 42 UKR-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (310) и № 52 Langdon / Ku-2100.

3. Восприимчивость выделенных синтетических линий к большинству изолятов возбудителя бурой ржавчины (3–4 балла) подтверждает расонеспецифический тип устойчивости к данному патогену.

4. Выделены синтетические линии: № 19 UKR-Od 1530.94 / *Ae. sq.* (1027), несущая комбинацию генов устойчивости *Lr34 + Lr39* (*Lr41*), характеризующаяся высоким уровнем устойчивости во взрослой стадии развития растений в условиях Омской и Ленинградской областях, и № 24 Aisberg / *Ae. sq.* (511) с геном возрастной устойчивости к стеблевой ржавчине *Sr2*, характеризующаяся умеренной восприимчивостью к популяции стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16–16–10005).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99 / V. Shamanin, E. Salina, R. Wanyera [et al.] // *Euphytica*. – 2016. – Vol. 12. – P. 287–296. – DOI 10.1007/s10681-016-1769-0.
2. Гультяева Е. И., Садовая А. С. Селекция мягкой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине в России // *Защита и карантин растений*. – 2014. – № 10. – С. 24–26.
3. Valkoun J., Dostal J., Kucerova D. Triticum x Aegilops hybrids through embryo culture // In: Bajaj YPS (ed) *Biotechnology in agriculture and forestry*. – Berlin: Springer, 1990. – P. 152–166.
4. Мартынов С. П., Добротворская Т. В., Митрофанова О. П. Генеалогический анализ распространения генетического материала эгилопсов (*Aegilops* L.) в сортах мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // *Генетика*. – 2015. – Т. 51 (9). – С. 1000–1008. – DOI: 10.7868/S0016675815090076.
5. Оценка линий синтетической пшеницы (*Triticum durum*/*Aegilops tauschii*) по вегетационному периоду и устойчивости к болезням / В. П. Шаманин, И. В. Потоцкая, С. С. Шепелев [и др.] // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2017. – № 21 (3). – С. 347–353.
6. Johnson R. Durable resistance: definition, genetic control and attainment in plant breeding // *Phytopathol.* – 1981. – Vol. 71. – P. 567–568.
7. Сюков В. В., Тырышкин Л. Г., Захаров В. Г. Доноры полевой устойчивости яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к листовой бурой ржавчине (*Puccinia recondita* rob. ex desm.) // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. – 2014. – Т. 16, № 5 (3). – С. 1166–1172.
8. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Клевакина М. В. Оценка сибирской коллекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Вестн. КазГАУ*. – 2016. – № 2 (11). – С. 55–59.
9. Койшыбаев М., Шаманин В. П., Моргунов А. И. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: метод. указания. – Анкара: ФАО-СЕК, 2014. – 58 с.
10. Сочалова Л. П., Лихенко И. Е. Генетическая устойчивость сортов яровой пшеницы к облигатно-аэрогенным заболеваниям в условиях лесостепи Приобья. – Новосибирск, 2011. – 28 с.
11. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss // *Phytopathology*. – 1926. – Vol. 16. – P. 89–120.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1985. – 321 с.
13. Зеленева Ю. В., Плахотник В. В., Судникова В. П. Методические подходы к определению расонеспецифической устойчивости к возбудителю *Puccinia graminis* Pers. f. sp. Triticis Erikss. et Henn. // *Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского*. – 2017. – № 2 (64). – С. 9–15.
14. Методические подходы к идентификации эффективных генов, определяющих устойчивость пшеницы к комплексу грибных заболеваний / Е. С. Сколотнева, И. Н. Леонова, Е. Ю. Букатич [и др.] // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2017. – № 21 (7). – С. 862–869. – DOI 10.18699/VJ17.307.15.
15. Stem and leaf rust resistance in wild relatives of wheat with D genome (*Aegilops* spp.) / V. K. Vikas, M. Sivasamy, J. Kumar [et al.] // *Genet Resour Crop Evol.* – 2014. – Vol. 61. – P. 861–874. – DOI 10.1007/s10722-014-0085-6.

REFERENCES

1. Shamanin V., Salina E., Wanyera R., Zelenskiy Yu., Morgounov A., *Euphytica*, 2016, Vol. 12, pp. 287–296., DOI 10.1007/s10681-016-1769-0.

2. Gul'tjaeva E.I., Sadovaja A. S., *Zashhita i karantin rastenij*, 2014, No. 10, pp. 24–26. (In Russ.)
3. Valkoun J., Dostal J., Kucerova D., In: Bajaj YPS (ed) *Biotechnology in agriculture and forestry*, Berlin, *Springer*, 1990, pp. 152–166.
4. Martynov, S.P., Dobrotvorskaja T. V., Mitrofanova O. P., *Genetika*, 2015, No. 51 (9), pp. 1000–1008., DOI: 10.7868/S0016675815090076. (In Russ.)
5. Shamanin V. P., Potockaja I. V., Shepelev S. S. Pozherukova V. E., Truschenko A. Yu., Chursin A. S., Morgounov A. I., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2017, No. 21 (3), pp. 347–353. (In Russ.)
6. Johnson R., *Phytopathol.*, 1981, Vol. 71, pp. 567–568.
7. Sjukov V. V., Tyryshkin L. G., Zaharov V. G., *Izv. Samar. nauch. centra RAN*, 2014, Vol. 16., No. 5 (3), pp. 1166–1172. (In Russ.)
8. Shamanin V. P., Potockaja I. V., Klevakina M. V., *Vestn. KazGAU*, 2016, No. 2 (11), pp. 55–59. (In Russ.)
9. Kojsybaev M., Shamanin V. P., Morgunov A. I. *Skrining pshenicy na ustojchivost» k osnovnym boleznyam: metod. ukazaniya* (Wheat screening for resistance to main diseases: methodical guidance), Ankara: FAO-SEK, 2014, 58 p.
10. Sochalova L. P., Lihenko I. E. *Geneticheskaja ustojchivost» sortov jarovoj pshenicy k obligatno-ajerogennym zabolevanijam v uslovijah lesostepi Priob'ja* (The genetic resistance of the spring wheat varieties to obligate the airborne diseases in the forest-steppe conditions of Priobya), Novosibirsk, 2011, 28 p.
11. Mains E. B., Jackson H. S., *Phytopathology*, 1926, Vol. 16, pp. 89–120.
12. Dospheov B. A. *Metodika polevogo opyta: (S osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methods of field experience: the basics of statistical processing of the research results), Moscow, Kolos, 1985, 321 p.
13. Zeleneva Ju. V., Plahotnik V. V., Sudnikova V. P. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Un-t im. V.I. Vernadskogo*, 2017, No. 2 (64), pp. 9–15. (In Russ.)
14. Skolotneva E. S., Leonova I. N., Bukatich E. Ju., E. A. Salina, *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2017, No. 21 (7), pp. 862–869., DOI 10.18699/VJ17.307.15. (In Russ.)
15. Vikas V. K., Sivasamy M., Kumar J., Jayaprakash P., Kumar S., Parimalan R., Kumar A., Srinivasan K., Radhamani J., Jacob S. R., Yadav M., Rani J., Bisht I. S., Bhandari D. C., Archak S., Tyagi R. K., Bansal K. C., *Genet Resour Crop Evol.*, 2014, Vol. 61, pp. 861–874., DOI 10.1007/s10722-014-0085-6.