

УДК 632.4:633.11(571.13)

ВИРУЛЕНТНОСТЬ ПРИРОДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Зверовская Т.С., Сабеева О.Б., Белан И.А.

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Омск, e-mail: Meshkova_LV@mail.ru

Представлены результаты анализа вирулентности природной популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Омской области за 2015–2017 гг. Определён расовый и генотипический состав 858 монопустульных изолятов патогена с использованием дифференцирующих наборов сортов растения-хозяина. Выявлено 9 физиологических рас гриба: 6, 12, 57, 77, 107, 144, 149, 167 и 184, где доминирует 77 раса с частотой встречаемости от 94,66% в 2015 г. до 99,14% в 2017 г. Ежегодно присутствует в спорообразцах 149 раса, дважды выявлены 57, 144 и 184 расы, остальные зафиксированы в отдельные годы в незначительном количестве. Различия между расами обусловлены генами устойчивости Lr 1, Lr2a, Lr2b и Lr3a или их сочетанием. Анализ монопустульных изолятов на изогенных линиях сорта Thatcher (Tc) с генами устойчивости Lr 1 – Lr 50 показал, что большинство линий были восприимчивы. Линии с генами Lr 41 и Lr Sp не поразились патогеном. Высокую резистентность (поражение от 0,1 до 10%) за годы исследований проявили линии с генами Lr 9 и Lr 19, линии с генами Lr 26, Lr 36, Lr 45 и Lr 47 поразились от 0 до 50%. Резистентность к отдельным изолятам показали изогенные линии: TcLr 1, 2a, 2b, 10, 14, 18, 23, 24 и 29. В результате проведённых исследований установлены эффективные гены: Lr 41, Lr 47 и Lr Sp, которые рекомендованы селекционерам для использования их при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине.

Ключевые слова: Омский регион, пшеница, ржавчина, монопустульный изолят, раса, устойчивость, сорт, линия

VIRULENCE OF NATURAL POPULATION OF THE PATHOGEN BROWN RUST WHEAT IN THE OMSK REGION

Meshkova L.V., Rosseeva L.P., Zverovskaya T.S., Sabaeva O.V., Belan I.A.

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, e-mail: Meshkova_LV@mail.ru

The results of the analysis of the virulence of the natural population of brown rust pathogen in the Omsk region for 2015–2017 are presented. The racial and genotypic composition of 858 single-pustule pathogen isolates was determined using differentiating sets of host plant varieties. 9 physiological races of the fungus were revealed: 6, 12, 57, 77, 107, 144, 149, 167 and 184, where 77 races dominate with a frequency of occurrence of 94.66% in 2015 to 99.14% in 2017. The 149 races are present in the in spore-samples annually, 57, 144 and 184 races are identified twice, the rest are fixed in some years in insignificant numbers. The differences between races are due to the resistance genes Lr 1, Lr2a, Lr2b and Lr3a, or their combination. An analysis of single-pustule isolates on isogenic lines of the Thatcher (Tc) variety with resistance genes Lr 1 – Lr 50 showed that most of the lines were susceptible. Lines with genes Lr 41 and Lr Sp were not affected by the pathogen. High resistance (damage from 0.1 to 10%) over the years of research showed lines with the Lr 9 and Lr 19 genes, lines with the Lr 26, Lr 36, Lr 45 and Lr 47 genes affected from 0 to 50%. Resistance to individual isolates showed isogenic lines: Tc Lr 1, 2a, 2b, 10, 14, 18, 23, 24 and 29. As a result of the conducted research, efficient genes were established: Lr 41, Lr 47 and Lr Sp, which are recommended to breeders for their use in creating wheat rust resistant varieties.

Keywords: Omsk region, wheat, rust, single-pustule isolate, race, resistance, variety, line

Проблема защиты мягкой пшеницы, основной зерновой культуры в Омской области, от бурой ржавчины по-прежнему актуальна, так как большинство сортов, выращиваемых в регионе, восприимчиво к данному заболеванию, при его массовом проявлении снижается не только количество получаемой продукции, но и посевные и технологические показатели качества зерна. В годы благоприятные по гидротермическим условиям для проявления заболевания, наблюдается массовое поражение посевов, что приводит к эпифитотии. Недобор зерна в годы эпифитотии может составить 40 и более процентов с низкими показателями качества зерна [1, 2].

Доминирующим элементом в системе защиты пшеницы от ржавчины, учитывая негативное влияние на окружающую среду

фунгицидов, должна быть иммуногенетическая защита, которая предполагает создание и внедрение в производство устойчивых сортов с различными генами резистентности или их сочетанием, эффективными в конкретном регионе.

Из 36 сортов мягкой пшеницы (озимая + яровая), включённых в Государственный реестр РФ и допущенных к выращиванию в Омской области, только 11 либо проявляют устойчивость к бурой ржавчине, либо задерживают развитие заболевания (Омская 37, Омская 38, Омская 41, Дуэт, Элемент 22, Омская 35, Уралосибирская, Сигма, Мелодия, Боевчанка и Столыпинская). Резистентность в первых устойчивых сортах, получивших широкое распространение в регионе: Терция, Тулеевская и Дуэт была генетически однородна и детерми-

нирована геном Lr9, что подтвердили гибридологический и моносомный анализы, а также исследования с помощью ДНК-маркеров [3–5].

К 2007 г. посевные площади под сортами, устойчивость которых обеспечивал ген Lr9 (Терция, 1996 г., Соната, 2002 г., Тулеевская, 2003 г., Дуэт, 2004 г.) в Омской области составляли около 400 тыс. га, что способствовало появлению в популяции патогена генов вирулентных к Lr9 [6].

В настоящее время в регионе получили распространение новые устойчивые сорта: Омская 37 и Омская 38, резистентность их контролируется комплексом генов устойчивости Lr 26 + Lr 19; Мелодия, по результатам нашего анализа с использованием тест-клонов, выявлено наличие гена Lr 26; Сигма с генами устойчивости Lr 26 и Sr 31; Элемент 22 в родословной присутствует сорт Терция, устойчивость которого обеспечивает ген Lr9 [7, 8].

Несмотря на расширение ассортимента устойчивых к бурой ржавчине сортов пшеницы, рекомендованных для выращивания в Омской области, следует отметить небольшое их разнообразие по генам резистентности к возбудителю заболевания. В большинстве сортов это пирамида генов Lr 26 + Lr 19 и ген Lr 26.

Сужение генетического разнообразия в пользу отдельных генов резистентности, как указывают Мартынов С.П. и Добровольская Т.В., может вызвать адекватное изменение в популяции возбудителя и массовое размножение патогена на однородном генетическом материале [9].

Исходя из этого, цель нашего исследования заключается в выявлении новых вирулентных изолятов возбудителя заболевания с последующим их использованием при оценке резистентности исходного и селекционного материала. Основным приёмом при выявлении подобных изолятов является постоянный мониторинг вирулентности природных популяций на тест-наборах сортов растения-хозяина.

Материалы и методы исследования

Проявление бурой ржавчины на посевах пшеницы в Омской области в годы исследования отмечалось во всех агроклиматических зонах выращивания мягкой пшеницы, этому способствовали благоприятные погодные условия в июле – августе, особенно в 2015–2016 гг.

Споровые образцы бурой ржавчины, с целью широкого охвата популяции патогена,

собирали на посевах пшеницы опытных полей ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в динамике через 8–10 дней, начиная с момента проявления заболевания на озимой пшенице и до конца вегетации яровой, коллекционных и селекционных форм, а также с сортов, включённых в Государственный реестр РФ и допущенных к возделыванию в Омской области. В период массового проявления заболевания инфицированные листья собирали на госсортоучастках различных агроклиматических зон области и на производственных посевах. Базовые сорта, для сбора инфекционного материала, широко распространённый в области восприимчивый раннеспелый сорт Памяти Азиева, а также среднеспелые сорта Мелодия и Дуэт.

Собранные спорообразцы возбудителя бурой ржавчины пшеницы в осенне-зимний период в условиях светокультуры при температуре 18–22 °С, круглосуточной освещённости 5 тыс. люкс и капельножидкой влаги возобновляли на проростках сорта Памяти Азиева. Монопустульные изоляты патогена выделяли с последующим их размножением на этом же сорте. Тестировали спорообразцы по расовому составу на стандартном наборе сортов – дифференциаторов с генами устойчивости: Malakof (Lr1), Carina (Lr2в), Brevit (Lr2с), Webster (Lr2а), Loros (Lr2с), Mediterranean (Lr3а), Hussar (Lr11) и Democrat (Lr3а), а на наличие генов вирулентности на серии изогенных линий сорта Тетчер с генами устойчивости: Lr 1 – Lr 50, по общепринятой бензимидазольной методике [10]. В качестве стандарта устойчивости использовали линию Од.35-1 с геном устойчивости от *Aegilops speltoides*, а восприимчивости – сорт Саратовская 29.

Тип реакции растения на внедрение патогена определяли на 8–10 день после заражения по международной шкале в модификации Джонстона и Бровдера, где балл 0, 1, 2 – устойчивость (R), 3, 4 – восприимчивость (S), X – гетерогенность. Вирулентность популяций сравнивали по коэффициенту сходства, предложенного Л.А. Животовским.

Результаты исследования и их обсуждение

Выделенные монопустульные изоляты изучали по расовому составу и по наличию генов вирулентности патогена. В 2015 г. было протестировано 337 изолятов из 20 спорообразцов патогена, в 2016 г. – 289 изолятов из 22, а в 2017 г. – 232 изолята из 14 спорообразцов.

Таблица 1

Расовый состав бурой ржавчины пшеницы в Омской области, 2015–2017 гг.

Год сбора	Физиологическая раса, %									Σ рас
	6	12	57	77	107	144	149	167	184	
2015	0,59	0,59	1,19	94,66	0	1,48	1,19	0,30	0	7
2016	0	0	1,04	96,54	0,35	0,69	0,69	0	0,69	6
2017	0	0	0	99,14	0	0	0,43	0	0,43	3

Мониторинг расового состава спорообразцов бурой ржавчины, собранных на посевах озимой и яровой пшеницы в Омской области в 2015–2017 гг., выявил девять физиологических рас гриба: 6, 12, 57, 77, 107, 144, 149, 167 и 184. Доминирует 77 раса от 94,66% в 2015 г. до 99,14% в 2017 г., что говорит о незначительном разнообразии популяции патогена, обусловленном однотипностью устойчивости генотипов выращиваемых сортов растения-хозяина. Ежегодно присутствует в спорообразцах 149 раса, 57, 144 и 184 расы выявлены дважды, остальные зафиксированы в отдельные годы в незначительном количестве (табл. 1).

Различия по количеству выявленных физиологических рас возбудителя обусловлены продолжительностью вегетационного периода растения-хозяина и благоприятными гидротермическими условиями для проявления заболевания.

Благоприятные погодные условия в июле – августе для заражения, проявления и массового распространения заболевания сложились в 2015 и 2016 гг. В 2015 г. июль характеризовался прохладной погодой. Среднемесячная температура воздуха равнялась 18,3 °С, что на 0,3 °С меньше нормы, осадков выпало 53,3 мм. В августе отмечалась умеренно теплая погода с избытком осадков во второй и третьей декадах, выпало 129,4% к среднееголетним значениям. В целом за вегетационный период температура и количество выпавших осадков способствовали росту вегетативной массы растений и затягиванию развития растений. Такие погодные условия способствовали массовому развитию и распространению листовых заболеваний. В результате было выявлено 7 физиологических рас гриба: 6, 12, 57, 77, 144, 149 и 167.

Погодные условия, благоприятные для развития бурой ржавчины, сложились и в 2016 г. в июле среднемесячная температура воздуха составила 19,7 °С (0,1 °С к норме). Осадков выпало 108,9 мм (181,5% к среднееголетним значениям), в августе эпифитотийному развитию листостебель-

ных заболеваний способствовали обильные росы, что позволило зафиксировать 6 рас патогена: 57, 77, 107, 144, 149 и 184.

В 2017 г. гидротермические условия в июле-августе для проявления заболевания отличались контрастностью. Среднемесячная температура воздуха в июле составила 18,5 °С (-1,1 °С от нормы), осадков выпало 70,4 мм (117,3% к среднееголетним значениям), что было благоприятно как для развития растений, так и листостебельных патогенов. Август не был благоприятным для развития бурой ржавчины, характеризовался как засушливый, температура воздуха 18,2 °С была на 1,8 °С выше нормы, а осадков выпало на 41,4 мм меньше нормы, что способствовало раннему созреванию пшеницы, соответственно, отмиранию листового аппарата и прекращению развития заболевания. Более короткий временной промежуток сбора инфекции отразился и на количестве зафиксированных рас, было выявлено три: 77, 149 и 184.

Несмотря на отличие по числу выявленных рас бурой ржавчины за годы исследования в популяциях преобладает 77 раса. Расчёт коэффициентов сходства по расовому составу патогена по годам подтвердил их высокую сопряжённость, которая между годами составляла от 95,09 до 97,40%.

Анализ спорообразцов возбудителя бурой ржавчины пшеницы по наличию генов вирулентности в популяциях на наборе изогенных линий сорта Тетчер показал, что независимо от года сбора большинство линий используемого набора с генами устойчивости: Lr 2c, 3bg, 3ka, 11, 15, 16, 17, 20, 21, 25, 27 + 31, 30, 32, 33, 43, 44, 46, 48, 49 и 50 проявило 100% восприимчивость ко всем монопустульным изолятам. Изогенные линии Tc Lr: 1, 2a, 2b, 3, 10, 14, 18 не поражались отдельными изолятами до 2,4%, а линии Tc Lr: 23, 24 и 29 до 53,4%. Линии Tc Lr 26, Tc Lr 36 и Tc Lr 45 характеризовались высокой резистентностью, число биотипов, не поражающих эти линии, варьировало от 65,7 до 82,4%. Высокую эффективность (поражение от 0,1 до 10%) проявили линии

с генами резистентности Lr 9, Lr 19 и Lr 47, а иммунитет ко всем монопустульным изолятам выявлен у линий с генами устойчивости Lr 41 и Lr Sp. Полученные данные по частоте встречаемости генов вирулентности в спорообразцах также подтвердили и большее однообразие популяции 2017 г., из 16 линий, пять Tc Lr: 1, 2a, 2b, 10 и 14 были поражены на 100% (табл. 2).

На структуру популяции патогена существенное влияние оказывает и генотип выращиваемого сорта.

С целью подтверждения этого влияния было проведено сравнение популяции патогена по генам вирулентности спорообразцов, собранных с сортов – Памяти Азиева, Мелодия и Дуэт. Эти сорта характеризуются наличием или отсутствием генов устойчивости. В сорте Памяти Азиева отсутствуют гены устойчивости к возбудителю бурой ржавчины, в сорте Мелодия имеется ген Lr 26, а в сорте Дуэт – Lr 9. Было установлено, что в спорообразцах с сорта Дуэт все монопустульные изоляты поразили изогенную линию Tc Lr 9, а изоляты с сорта Мелодия линию Tc Lr 26. К спорообразцам с сорта Памяти Азиева линия Tc Lr 9 показала иммунитет, а поражение линии Tc Lr 26 варьировало от 0 до 40% в зависимости от года и пункта сбора инокулюма.

Сравнение спорообразцов возбудителя бурой ржавчины, собранных в различных агроклиматических зонах области, по генам вирулентности показало, что условия окружающей среды являются одним из важнейших факторов, определяющих как саму возможность проявления болезни, так и интенсивность её развития. Так, в зоне северной лесостепи, характеризующейся меньшей теплообеспеченностью по сравнению южной лесостепной и степи зонами, не выявлены биотипы патогена с авирулентностью к линиям с генами устойчивости Lr: 1, 2a, 2b и 23, но были отмечены различия по генам вирулентности pp: 24, 26 и 29. Споробразцы Северной лесостепи были более чем на 20% вирулентные к линии Tc Lr 24 и на 10% – к линии Tc Lr 29, чем Южной лесостепи и Степи, а к линии Tc Lr 26 большей вирулентностью характеризовалась популяция Южной лесостепи. Линии с генами устойчивости Lr 36, 45 и 47 поражались популяциями Южной лесостепи и Степи в два раза больше, чем Северной лесостепи (табл. 3).

В целом наибольшее разнообразие по вирулентности патогена выявлено в зоне Южной лесостепи с более благоприятным соотношением температуры и осадков и для растения-хозяина и возбудителя заболевания.

Таблица 2

Поражение изогенных линий биотипами бурой ржавчины, %, 2015–2017 гг.

Год	Линии с генами устойчивости, % поражения*															
	1	2a	2b	3	9	10	14	18	19	23	24	26	29	36	45	47
2015	97,9	97,3	97,6	100	0,6	98,5	99,4	92,0	1,2	89,0	74,2	22,9	73,0	24,6	17,6	9,7
2016	99,3	98,6	99,3	99,2	0	100	99,7	96,2	0	76,8	64,4	34,3	72,7	19,7	24,9	4,5
2017	100	100	100	96,6	1,7	100	100	85,4	0	56,3	46,6	33,2	67,7	28,5	20,3	8,6

Примечание. *Изогенные линии, проявившие иммунитет Lr 41 и Lr Sp и полностью восприимчивые Lr 2c, 3bg, 3ка, 11, 15, 16, 17, 20, 21, 25, 27+31, 30, 32, 33, 43, 44, 46, 48, 49 и 50, в таблице отсутствуют.

Таблица 3

Влияние агроклиматической зоны области на генофонд возбудителя бурой ржавчины пшеницы, 2015 г.

Агроклиматическая зона	Линии с генами устойчивости, % поражения*											
	1	2a	2b	9	19	23	24	26	29	36	45	47
Северная лесостепь	100	100	100	0	0	100	99,7	10,3	82,8	13,8	10,3	6,9
Южная лесостепь	98,9	99,5	97,4	0,9	1,1	87,0	71,6	29,8	71,6	27,4	24,5	11,1
Степь	95,0	92,0	97,0	0	0	90,0	73,0	12,0	73,0	22,0	19,0	13,0

Примечание. *Изогенные линии, проявившие иммунитет Lr 41 и Lr Sp и полностью восприимчивые Lr 2c, 3bg, 3ка, 11, 15, 16, 17, 20, 21, 25, 27+31, 30, 32, 33, 43, 44, 46, 48, 49 и 50, в таблице отсутствуют.

Заключение

Таким образом, мониторинг генофонда возбудителя бурой ржавчины пшеницы Омской области показал, что на состав патогена оказывают влияние генотип растения-хозяина, год сбора инокулюма и агроклиматическая зона. Значительных изменений в составе популяции патогена за последние три года не выявлено, что объясняется незначительными площадями под устойчивыми сортами.

Иммунитет ко всем монопустульным изолятам проявляют линии с генами устойчивости Lr 41 и Lr Sp, высокую устойчивость (поражение $\leq 10\%$) показывают линии с генами Lr 9, Lr 19 и Lr 47. Среднее поражение линий с генами Lr 26, Lr 36 и Lr 45 варьирует от 10,3 до 34,3% в зависимости от года и агроклиматической зоны.

Использование сортов и линий с генами Lr 9, Lr 19 и Lr 47 и в комбинации с другими генами резистентности приведёт к генетическому разнообразию устойчивости растения-хозяина, что позволит в дальнейшем избежать эпифитотийного проявления бурой ржавчины.

Полученные данные по составу возбудителя бурой ржавчины пшеницы необходимо учитывать при составлении программ по созданию устойчивых сортов к бурой ржавчине, адаптированных к определённым агроклиматическим зонам их выращивания.

Список литературы / References

1. Лубнин А.Н. Селекция яровой мягкой пшеницы в Сибири. Новосибирск, 2006. 31 с.
- Lubnin A.N. Breeding of spring soft wheat in Siberia. Novosibirsk, 2006. 31 p. (in Russian).
2. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Защита яровой мягкой пшеницы от листостебельных болезней // Земледелие. 2016. № 6. С. 43–46.
- Doronin V.G., Ledovskiy E.N., Krivosheeva S.V. Protection of Spring Wheat from Leaf-Stem Diseases // Zemledele. 2016. № 6. P. 43–46 (in Russian).
3. Росеева Л.П. Генетический контроль устойчивости к бурой ржавчине яровой мягкой пшеницы: дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 1992. 136 с.
- Rosseeva L.P. Genetic control of resistance to brown rust of spring soft wheat: dis. ...cand. s.- n. nauk. Omsk, 1992. 136 p. (in Russian).
4. Гульязева Е.И. Генетическое разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к возбудите-

лю бурой ржавчины // Доклады Россельхозакадемии. 2012. Т. 32. № 2. С. 29–32.

Gulyaeva E.I. Genetic diversity of Russian common wheat varieties for leaf rust resistance // Russian Agricultural Sciences. 2012. V. 32. № 2. С. 125–128

5. Гульязева 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.

Gulyaeva E.I., Sadovaya A.S., Shaydayuk E.L. Molecular-Genetic Screening of Modern Russian Common Wheat Varieties for Leaf Rust Resistance // Plant Protection News. 2014. № 1. P. 26–29 (in Russian).

6. Мешкова Л.В., Росеева Л.П. Тенденция увеличения вирулентности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к эффективному гену устойчивости в Омской области // Современные средства, методы и технологии защиты растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 10–11 июля 2008 г.). Новосибирск, 2008. С. 149–153.

Meshkova L.V., Rosseeva L.P. The trend of increasing virulence of the causative agent of brown rust of wheat to effective resistance genes in the Omsk region // The modern means, methods and technologies of plant protection: Materials of the Intern. scientific-practical conf. (Novosibirsk, 10–11 July 2008). Novosibirsk, 2008. P. 149–153 (in Russian).

7. Белан И.А., Росеева Л.П., Росеев В.М., Бадаева Е.Д., Зеленский Ю.И., Блохина Н.П., Шепелев С.С., Першина Л.А. Изучение хозяйственно-ценных и адаптивных признаков у линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих транслокации 1RS.1BL и 7DL–7Ai // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 1. С. 178–186.

Belan I.A., Rosseeva L.P., Rosseev V.M., Badaeva E.D., Zelenskiy Yu.I., Blokhina N.P., Shepelev S.S., Pershina L.A. Examination of Adaptive and Agronomic Characters in Lines of Common Wheat Omskaya 37 Bearing Translocations 1RS.1BL and 7DL–7Ai // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. 2012. Vol. 16. № 1. P. 1778–1786 (in Russian).

8. Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2017 год. Омск, 2017. 112 с.

Recommendations for the cultivation of crops and the results of the trials in the Omsk region in 2017. Omsk, 2017. 112 p. (in Russian).

9. Мартынов С.П., Добротворская Т.В. Генеалогический подход к анализу устойчивости пшеницы к болезням // Фитосанитарное оздоровление экосистемы: Второй Всероссийский съезд по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). СПб., 2005. Т. 1. С. 511–513.

Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V. A genealogical approach to the analysis of wheat resistance to diseases // Phytosanitary rehabilitation of the ecosystem: Second All-Russian Plant Protection Congress (St. Petersburg, December 5–10, 2005). SPb., 2005. T. 1. P. 511–513 (in Russian).

10. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирнова Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине: методические рекомендации ВНИИФ. М., 2012. 93 с.

Kovalenko E.D., Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Smirnova L. A., Shherbik A. A. Methods of evaluation and selection of source material for create wheat varieties resistant to brown rust: methodical recommendations VNIIF. M., 2012. 93 p. (in Russian).