ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ВИДАМ РЖАВЧИНЫ

IMMUNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SPRING WHEAT INTROGRESSIVE LINES TO RUST RESISTANCE

Рсалиев А.Ш.¹, Аbugалиева А.И.², Кожакметов К.²

¹ НИИ Биологической Безопасности

² Казахский НИИ земледелия и растениеводства

Цель исследований: классифицировать пшенично-чужеродные формы яровой пшеницы по устойчивости к болезням на инфекционном фоне. В качестве инокулюма использованы уредоспоры стеблевой (Puccinia graminis), желтой (P. striiformis) и листовой ржавчины (P. triticiana) из коллекции микроорганизмов (НИИПББ, Отар). Обнаружено 9 интродуктивных линий яровой пшеницы: Казахская 10 x T.dicoccum (Север), 6569 x T.millitinae-1, 6569 x T.millitinae-2, 6628 x T.millitinae, 6625 x T.timopheevii-1, 6625 x T.timopheevii-2, 6625 x T.timopheevii-3, 6628 x T.timopheevii-1 и 6628 x T.timopheevii-2, которые показывают горизонтальную устойчивость к трем видам ржавчины. На фоне искусственного заражения возбудителем стеблевой ржавчины демонстрировали высокую устойчивость до конца вегетации растений, степень развития болезни варьировало от 0 до 5%, а ПКРБ и индекс устойчивости не превышали 107,5 и 0,08, соответственно. Сами источники — дикие сородичи T.militinae, T.dicoccum, T.timopheevii и T.kiharae в фазах взрослого растения обладали иммунитетом к видам ржавчины. Линии 6583 x T.timopheevii (Юг и Север) и 6625 x T.timopheevii-3 показали высокую устойчивость к листовой ржавчине, а линии 6569 x T.millitinae-1, -2, 6628 x T.millitinae, 6625 x T.timopheevii-1 и -2 проявляют иммунитет к данному патогену Puccinia triticiana.

Ключевые слова: дикие сородичи, интродуктивные линии, яровая пшеница, устойчивость к ржавчине.

Для цитирования: Рсалиев А.Ш., Аbugалиева А.И., Кожакметов К. ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ВИДАМ РЖАВЧИНЫ. Аграрная наука. 2019; (1): 38-42.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-38-42>

Устойчивые к болезням сорта являются обязательным элементом органического земледелия, в этом плане использование выделенных пшенично-чужеродных форм пшеницы перспективно в селекции адаптированных сортов.

С внедрением новых биологических технологий актуальным становится вопрос целенаправленного поиска и переноса генов конкретных признаков. Предварительно необходимо выявить источники и доноры, в том числе среди диких сородичей и созданных промежуточных пшенично-чужеродных гибридов (ПЧГ). Эти ценные формы могут использоваться как самостоятельный объект экологически устойчивых агросистем, так и в качестве эффективного переходного мостика в селекции для передачи полезных генов в геном пшеницы [1].

Запас генофонда Triticum aestivum по лимитирующим признакам не всегда позволяет решать многие актуальные задачи современной селекции. Потому наряду с применением классических методов селекции, отбора и гибридизации, внутривидового скрещивания пшеницы применяют также селекционно-генетические, цитогенетические методы с использованием пред-

Rsaliev A.Sh.¹, Abugaliyeva A.I.², Kozhakhmetov K.²

¹ Research Institute of Biological Safety

² Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing

The research goal is to classify wheat-alien forms of spring wheat according to diseases resistance on an infectious background. Uredospores of stem (Puccinia graminis), yellow (P. striiformis) and leaf rust (P. triticiana) from the collection of microorganisms (NIIBB, Otar) were used as inoculum. 9 introgression lines of spring wheat were found: Kazakhstanskaya 10 x T.dicoccum (North), 6569 x T.millitinae-1, 6569 x T.millitinae-2, 6628 x T.millitinae, 6625 x T.timopheevii-1, 6625 x T.timopheevii-2, 6625 x T.timopheevii-3, 6628 x T.timopheevii-1 and 6628 x T.timopheevii-2, which show horizontal resistance to three kinds of rust. Against the background of artificial infection with the causative agent of stem rust, they showed high resistance until the end of the growing season, disease development degree varied from 0 to 5%, and the PCRBI and resistance index did not exceed 107.5 and 0.08, respectively. The sources — wild relatives T.militinae, T.dicoccum, T.timopheevii and T.kiharae in the phases of an adult plant were immune to rust species. Lines 6583 x T.timopheevii (South and North) and 6625 x T.timopheevii-3 showed high resistance to leaf rust, and lines 6569 x T.millitinae-1, -2, 6628 x T.millitinae, 6625 x T.timopheevii -1 and -2 show immunity to this pathogen Puccinia triticiana.

Key words: wild relatives, introgressive lines, spring wheat, resistance to rust.

For citation: Rsaliev A.Sh., Abugaliyeva A.I., Kozhakhmetov K. IMMUNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SPRING WHEAT INTROGRESSIVE LINES TO RUST RESISTANCE. Agrarian science. 2019; (1): 38-42. (In Russ.) <https://doi.org/>

ставителей близких родов и видов пшеницы *Aegilops*, *Agropyron*, *Secale*, *T.timopheevii*, *T.dicoccum*, *T.kiharae*. Наиболее оптимальным подходом для оценки и последующего переноса уникальных для пшеницы аллелей от ее дикорастущих сородичей являются ПЧГ. Поддерживать и сохранять выявленный аллель в норме пшенично-чужеродных гибридов намного проще, чем отслеживать его в популяциях диких сородичей [1].

В наших исследованиях использован материал, созданный на протяжении многих лет путем успешной гибридизации пшеницы *Triticum aestivum* и видов *T.timopheevii*, *T.militinae*, *T.kiharae*, *T.dicoccoides*, *Ae.cylindrica*, *Ae.triaristata* и получением переходных гибридных форм и продвинутых константных гексаплоидных образцов [2].

Значимость исследований определяется выделением источников по признакам устойчивости к болезням для широкого и непосредственного использования в селекционных программах при создании новых сортов пшеницы, адаптированных в условиях Казахстана.

Цель: Изучить и классифицировать пшенично-чужеродные формы яровой пшеницы по устойчивости к болезням на инфекционном фоне.

Материал и методы исследований

Материалом исследований служили интрогрессивные линии яровой пшеницы [3], полученные в Казахском НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР, селекционер Кожаметов К.). В экспериментах в качестве инокулюма использованы уредоспоры стеблевой (*Puccinia graminis*), желтой (*P. striiformis*) и листовой ржавчины (*P. triticiana*) из коллекции микроорганизмов Научно-исследовательского института проблем биологической безопасности (НИИПББ, Отар).

Методы исследований

Полевые опыты заложены на полевом орошаемом участке НИИПББ, расположенного в п. Гвардейский, Кордайского района, Жамбылской области. Почва — серозем аллювиального происхождения, удобренный перегноем. Полевой участок после отвальной вспашки и боронования обрабатывали культиватором SOLO 503. Семена сеяли вручную на делянках, площадью 0,4 м² с междурядьями 20 см и длиной рядка 100 см. В каждый рядок, соответственно, высеивали по 65–80 зерен. Контрольный сорт Акмола 2. Для накопления и распространения инфекции в питомнике между ярусами сеяли восприимчивые сорта-спредеры.

Заражение растений. Весной заражали посевы яровых — смесью стеблевой и листовой ржавчины. Для заражения использовали только местную популяцию гриба. Взятый для заражения инокулюм активировали при температуре 37–40 °С в течение 30 минут с последующим обводнением во влажной камере при температуре 18–22 °С в течение 2–4 часа. Инфекционный материал на растения наносили методом опрыскивания водной суспензией спор с 0,001% Твин 80 по Э.Э. Гешеле [4] или методом опыления смеси спор с тальком (в соотношении 1:300) по Г.С. Турову и др. Заражение растений проводили вечером в безветренную погоду после предварительного полива и увлажнения листьев растений опытных посевов. Инфекционная нагрузка спор составила 20 мг/м². После заражения делянки накрывали полиэтиленовой пленкой на 16–18 часов для создания высокой влажности.

После проявления болезней на восприимчивых контрольных сортах проведена оценка устойчивости растений к видам ржавчины по установленным шкалам. Тип поражения (в баллах) стеблевой ржавчиной определяли по E.C. Stakman и M.N. Levine [5], желтой — G. Gassner и W. Straib [6], листовой — E.E. Mains и H.S. Jackson [7]; степень поражения болезнями (в %) — R.F. Peterson и др. (модифицированная шкала Кобба) [8]. При этом 0 балл означает иммунитет, 1–2 балла — устойчивость, а 3–4 балла — восприимчивость. Оценка устойчивости растений на инфекционном фоне проведена согласно методической рекомендации.

В качестве показателя, характеризующего неспецифическую устойчивость генотипа, использовали критерий скорости нарастания болезни, выражаемый площадью под кривой развития болезни [9]. Расчет площади под кривой развития болезни (ПКРБ) проводили по формуле:

$$ПКРБ = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) / 2] [X_{i+1} - X_i], \quad (1)$$

где ПКРБ — площадь под кривой развития болезни (условные единицы); Y_{i+1} — интенсивность развития болезни на момент первого учета, %; Y_i — интенсивность развития болезни на момент последнего учета, %;

X_{i+1} — количество дней между вторым и первым учетом; X_i — количество дней между последним и предпоследним учетами; n — количество учетов.

Один из показателей, позволяющий классифицировать сорта по уровню устойчивости к болезням, это индекс устойчивости. Зная значения площади под кривой развития болезни образцов, определяли относительные значения индекса устойчивости (ИУ) к болезням:

$$ИУ = \frac{ПКРБ \text{ изучаемого сорта}}{ПКРБ \text{ контроля}}. \quad (2)$$

Полевые опыты проведены согласно методик [10, 11].

Результаты исследований

Иммунологическая характеристика интрогрессивных форм яровой пшеницы. Ранее [12] по результатам анализа интрогрессивных яровых и озимых форм пшеницы на естественном фоне обоснована необходимость анализа на искусственном фоне. С целью определения генотипов с горизонтальной (полевой) устойчивостью провели оценку 34 интрогрессивных линий яровой пшеницы на устойчивость к возбудителям видов ржавчины (таблица 1). Изучаемые нами интрогрессивные линии были получены К. Кожаметовым [2, 3] путем скрещивания адаптированных сортов мягкой пшеницы (Ильинская, Казахстанская 10, Казахстанская 17, Казахстанская 25, Казахстанская раннеспелая и селекционных номеров отдела селекции яровой пшеницы (Абугалиев С.Г.) 6583, 6569, 6628, 6625, 6631 с дикими видами *Triticum timopheevii*, *T.kiharae*, *T.dicoccum* и *T.millitinae*, полученными из ВИР.

В ходе исследований было выделено 11 интрогрессивных линий пшеницы, которые на фоне искусственного заражения возбудителем стеблевой ржавчины демонстрировали высокую устойчивость до конца вегетации растений. У этих образцов степень развития болезни варьировала от 0 до 5%, а ПКРБ и индекс устойчивости не превышали 107,5 и 0.08, соответственно. К ним относятся следующие интрогрессивные линии: Казахстанская 10 x *T.dicoccum* (Юг и Север); 6569 x *T.millitinae*-1, -2; 6628 x *T.millitinae*; 6625 x *T.timopheevii*-1, -2, -3; 6628 x *T.timopheevii*-1, -2 и 6631 x *T.timopheevii*. Кроме того, сами источники устойчивости — дикие виды *T.millitinae*, *T.dicoccum*, *T.timopheevii* и *T.kiharae* в фазах взрослого растения обладали иммунитетом к стеблевой ржавчине. Средняя устойчивость характерна для линий, созданных с участием 6583 x *T.timopheevii* (Юг и Север), Ильинская x *T.timopheevii*, 6631 x *T.millitinae*-1, -2 и Казахстанская 10 x *Zhykovskiy*. Их индекс устойчивости колебался от 0,11 до 0,56 единиц, развитие болезни в конце вегетации достигало 30%, а тип инфекции составил 2 балла. Остальные интрогрессивные линии проявили среднюю и высокую восприимчивость к болезни.

Известно, что сорта яровой пшеницы по-разному реагируют на создание инфекционного фона желтой ржавчины. При этом в основных регионах возделывания яровой пшеницы в Казахстане желтая ржавчина не представляет опасности, но в опыте определили потенциальную устойчивость синтетических линий яровой пшеницы к этому патогену. В результате среди изученного селекционного материала только три линии (Казахстанская 17 x *T.kiharae*, Казахстанская 25 x *T.timopheevii*-2, Казахстанская 10 x *Zhykovskiy*) и контрольный сорт Акмола 2 оказались средневосприимчивыми и восприимчивыми к желтой ржавчине. Данные образцы пора-

жались, в основном, на 3–4 балла, а степень их поражения была от 20 до 40%, соответственно, индекс устойчивости был выше — от 0,26 до 0,80 единиц, что показано в таблице 2 без включения иммунных образцов. Высокую и среднюю устойчивость (поражение в пределах 0–10%) к болезни проявили 91% линий (31 образец) синтетической пшеницы ярового типа развития (таблица 2). У этих образцов первые признаки желтой ржавчины на флаговых листьях в дальнейшем не были развиты, и во время третьей оценки этот орган растений был чистым от инфекции и в активном зеленом состоянии.

Оценка на устойчивость в полевых условиях к листовой ржавчине показала, что к возбудителю *Russinia tritici* высокая устойчивость проявили 9 (26,5%) линий, умеренную — 8 (23,5%), остальные относились к высоко и умеренно восприимчивым (таблица 3). При этом линии 6583 х *T.timopheevii* (Юг и Север) и 6625 х *T.timopheevii-3* показали высокую устойчивость к листовой ржавчине, а линии 6569 х *T.millitinae-1*, -2, 6628 х *T.millitinae*, 6625 х *T.timopheevii-1* и -2 проявляют иммунитет к данному патогену. У отдельных линий (Казахстанская 10 х *T.kiharae*, 6631 х *T.millitinae-1*) степень развития болезни колебалась в пределах 20% с восприимчивым типом инфекции в 3–4 балла, т.е. обнаружены крупные и средние пустулы без некроза и хлороза, что расценивается как восприимчивые к листовой ржавчине. Между исследованными линиями яровой пшеницы отмечена значительная дифференциация по индексу устойчивости от 0,0 до 1,31.

Среди видов пшениц, в основном иммунных к листовой ржавчине, выделяется образец *T.dicoccum*, с типом инфекции 2–3 и процентом поражения 10–30.

В настоящее время наибольший интерес для повышения селекции на болезнестойкость представляют образцы, сочетающие групповую устойчивость к нескольким патогенам. В наших экспериментах отдельные устойчивые линии к одному патогену, оказались восприимчивыми к другим видам ржавчины. Тем не менее, обнаружено 9 интрогрессивных линий яровой пшеницы: Казахстанская 10 х *T.dicoccum* (Север), 6569 х *T.millitinae-1*, 6569 х *T.millitinae-2*, 6628 х *T.millitinae*, 6625 х *T.timopheevii-1*, 6625 х *T.timopheevii-2*, 6625 х *T.timopheevii-3*, 6628 х *T.timopheevii*

Таблица 1.

Результаты оценки устойчивости интрогрессивных линий яровой пшеницы к стеблевой ржавчине

Педигри линий	Тип и степень поражения, балл/%			ПКРБ*	ИУ**
	1-учет	2-учет	3-учет		
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	2/10	2/20	3/50	760	0,57
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Север)	2/20	2/40	3/60	1220	0,92
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Юг)	1/5	2/20	3/40	632,5	0,48
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Север)	1/10	2/20	3/50	760	0,57
6583 х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	1/10	2/30	2/30	750	0,56
6583 х <i>T.timopheevii</i> (Север)	1/5	2/10	2/20	342,5	0,26
6625 х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	0	1/5	3/20	220	0,17
6625 х <i>T.timopheevii</i> (Север)	1/10	2/20	3/20	535	0,40
Казахстанская 10 х <i>T.dicoccum</i> (Юг)	0	1/5	1/5	107,5	0,08
Казахстанская 10 х <i>T.dicoccum</i> (Север)	0	0	0	0	0,00
Казахстанская 17 х <i>T.kiharae</i>	1/10	2/20	3/20	535	0,40
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	2/10	3/30	4/40	825	0,62
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	2/20	3/50	4/70	1435	1,08
Ильинская х <i>T.timopheevii</i>	0	2/10	2/20	290	0,22
Казахстанская раннеспелая х <i>T.timopheevii</i>	1/10	3/20	3/30	610	0,46
(6569 х <i>T.millitinae</i>) — 1	0	0	0	0	0,00
(6569 х <i>T.millitinae</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.millitinae</i>)	0	0	0	0	0,00
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	0	1/5	1/5	107,5	0,08
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 3	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6631 х <i>T.timopheevii</i>)	0	0	0	0	0,00
(6631 х <i>T.millitinae</i>) — 1	1/5	2/10	2/10	267,5	0,20
(6631 х <i>T.millitinae</i>) — 2	0	1/5	2/10	145	0,11
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	2/10	3/20	3/30	610	0,46
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	2/10	3/20	3/30	610	0,46
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 3	2/20	3/30	3/40	930	0,70
(Казахстанская 10 х Zyhkovsk)	1/5	2/10	2/20	342,5	0,26
Виды <i>Triticum</i>					
<i>T.millitinae</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.dicoccum</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.timopheevii</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.kiharae</i>	0	0	0	0	0,00
Акмола 2, сорт-стандарт	3/20	4/40	4/60	1330	1,00

* — площадь под кривой развития болезни; ** — индекс устойчивости

Таблица 2.

Результаты оценки устойчивости интрогрессивных линий яровой пшеницы к желтой ржавчине (за исключением полностью иммунных образцов)

Педигри линий	Тип и степень поражения, балл/%			ПКРБ	ИУ
	1 учет	2 учет	3 учет		
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	0	0	1/5	37,5	0,04
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Север)	0	0	1/5	37,5	0,03
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Юг)	0	1/5	2/10	145	0,11
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Север)	1/5	1/10	2/10	267,5	0,20
6583 х <i>T.timopheevii</i> (Север)	0	0	1/5	37,5	0,03
Казахстанская 17 х <i>T.kiharae</i>	3/20	4/40	4/40	1070	0,80
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	1/5	2/10	2/10	267,5	0,20
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	1/5	2/10	3/20	342,5	0,26
(6631 х <i>T.timopheevii</i>)	0	0	0	140	0,00
(Казахстанская 10 х Zhykovskiy)	2/10	3/10	4/20	395	0,30
Акмола 2	2/10	3/30	4/40	935	0,70

Таблица 3.

Результаты оценки устойчивости интрогрессивных линий яровой пшеницы к листовой ржавчине (Lr)

Педигри линий	Тип и степень поражения, балл/%			ПКРБ*	ИУ**
	1-учет	2-учет	3-учет		
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	2/10	2/20	3/50	760	0,57
Ильинская х <i>T.timopheevii</i> (Север)	2/20	2/40	3/60	1220	0,92
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Юг)	1/5	2/20	3/40	632,5	0,48
Казахстанская 10 х <i>T.kiharae</i> (Север)	1/10	2/20	3/50	760	0,57
6583 х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	1/10	2/30	2/30	750	0,56
6583 х <i>T.timopheevii</i> (Север)	1/5	2/10	2/20	342,5	0,26
6625 х <i>T.timopheevii</i> (Юг)	0	1/5	3/20	220	0,17
6625 х <i>T.timopheevii</i> (Север)	1/10	2/20	3/20	535	0,40
Казахстанская 10 х <i>T.dicoccum</i> (Юг)	0	1/5	1/5	107,5	0,08
Казахстанская 10 х <i>T.dicoccum</i> (Север)	0	0	0	0	0,00
Казахстанская 17 х <i>T.kiharae</i>	1/10	2/20	3/20	535	0,40
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	2/10	3/30	4/40	825	0,62
(Казахстанская 25 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	2/20	3/50	4/70	1435	1,08
Ильинская х <i>T.timopheevii</i>	0	2/10	2/20	290	0,22
Казахстанская раннеспелая х <i>T.timopheevii</i>	1/10	3/20	3/30	610	0,46
(6569 х <i>T.millitinae</i>) — 1	0	0	0	0	0,00
(6569 х <i>T.millitinae</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.millitinae</i>)	0	0	0	0	0,00
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	0	1/5	1/5	107,5	0,08
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6625 х <i>T.timopheevii</i>) — 3	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	0	0	0	0	0,00
(6628 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	0	0	0	0	0,00
(6631 х <i>T.timopheevii</i>)	0	0	0	0	0,00
(6631 х <i>T.millitinae</i>) — 1	1/5	2/10	2/10	267,5	0,20
(6631 х <i>T.millitinae</i>) — 2	0	1/5	2/10	145	0,11
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 1	2/10	3/20	3/30	610	0,46
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 2	2/10	3/20	3/30	610	0,46
(Казахстанская 10 х <i>T.timopheevii</i>) — 3	2/20	3/30	3/40	930	0,70
(Казахстанская 10 х Zhykovsk)	1/5	2/10	2/20	342,5	0,26
Виды <i>Triticum</i>					
<i>T.millitinae</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.dicoccum</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.timopheevii</i>	0	0	0	0	0,00
<i>T.kiharae</i>	0	0	0	0	0,00
Акмола 2, сорт-стандарт	3/20	4/40	4/60	1330	1,00

-1 и 6628 х *T.timopheevii*-2, которые показывают горизонтальную устойчивость к трем видам ржавчины. Изучение транслокаций, как и замещения хромосом позволяют подтвердить обоснование стабильной устойчивости к болезням для обозначенных выше генотипов, как это показано на результатах изучения коллекции ВИР [13], синтетических и интрогрессивных форм с использованием *Aegilops L.* [14] и сортов [15, 16].

Выводы

Таким образом, выделено 11 интрогрессивных линий пшеницы, которые на фоне искусственного заражения возбудителем стеблевой ржавчины демонстрировали высокую устойчивость до конца вегетации растений. У этих образцов степень развития болезни варьировало от 0 до 5%, а ПКРБ и индекс устойчивости не превышали 107,5 и 0,08, соответственно. Сами источники — дикие сородичи *T.millitinae*, *T.dicoccum*, *T.timopheevii* и *T.kiharae* в фазах взрослого растения обладали иммунитетом к видам ржавчины.

Высокую и среднюю устойчивость (поражение в пределах 0–10%) к желтой ржавчине проявили более 90% всех изученных линий яровой пшеницы (за исключением Казахстанская 17 х *T.kiharae*, Казахстанская 25 х *T.timopheevii*-2, Казахстанская 10 х Zhykovskiy) и сорт-стандарт Акмола 2.

Линии 6583 х *T.timopheevii* (Юг и Север) и 6625 х *T.timopheevii*-3 показали высокую устойчивость к листовой ржавчине, а линии 6569 х *T.millitinae*-1, -2, 6628 х *T.millitinae*, 6625 х *T.timopheevii*-1 и -2 проявляет иммунитет к данному патогену *Puccinia triticiana*.

Обнаружено 9 интрогрессивных линий яровой пшеницы (Казахстанская 10 х *T.dicoccum* (Север), 6569 х *T.millitinae*-1, 6569 х *T.millitinae*-2, 6628 х *T.millitinae*, 6625 х *T.timopheevii*-1, 6625 х *T.timopheevii*-2, 6625 х *T.timopheevii*-3, 6628 х *T.timopheevii*-1 и 6628 х *T.timopheevii*-2), которые показывают горизонтальную устойчивость к трем видам ржавчины и перспективны в селекции на устойчивость в виде источников ценных признаков.

Работа выполнена при финансовой поддержке ПЦФ МСХ РК (2015–2017 гг.) О.0722 «Создание и внедрение сортов зерновых с генетически идентифицированными

стресс-индикаторными свойствами на основе молекулярной селекции, геномики и биотехнологии (биохи́мии) для эффективного использования биоклиматического и почвенного потенциала страны» и ПЦФ МСХ

ЛИТЕРАТУРА

1. Размахнин Е.П. Применение методов биотехнологии и отдаленной гибридизации для улучшения пшеницы /Размахнин Е.П., Размахнина Т.М., Козлов В.Е., Гончаров Н.П., Вепрев С.Г. //Докл. и сообщения XI Межд. генетико-селекционной школы-семинара «Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур». — Новосибирск, 2012. С.213–220.
2. Кожухметов К. Биологические основы селекции зерновых колосовых культур при отдаленной гибридизации: автореф. дис.... д-ра биол. наук. — 06.01.05/ Кожухметов Кенейбай; Казахский НИИ земледелия и растениеводства. — Алматы: 2010. 51 с.
3. Кожухметов К., Абуғалиева А.И., Савин Т.В., Башабаева Б.М. (2017) Способ создания самофертильных аллоплазматических эуплоидных и анеуплоидных линий мягкой пшеницы. — Патент РК №31891.
4. Гешеле Э.Э. Методы заражения растений и учета его результатов в селекции. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. — М.: Колос, 1978. — С.129–159.
5. Stakman E.C., Levine M.N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp //Minn. Agr. Exp. St. Technol. Bull. 1922. 8. P.38–41.
6. Gassner G., Straib W. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Weizensorten gegen *Puccinia glumarum* It Phytobotany. 1929. B. 1:3:215–275.
7. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticaria* Erikss il Phytopathology. 1926. Vol. 16: 2: 89–120.
8. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian J. Res. 1948. Vol. 26. P.496–500.
9. James W.S. An illustrated series of assessment for diseases preparation and usage //Canadian Plant Diseases Survey. 1971. Vol. 51:2. P.36–35.
10. Методические указания ВИР по изучению коллекции пшеницы. — М.: ВИР, 1985. — 60 с.
11. Гуляев Г.В., Гужов Ю.Л. Селекция и семеноводство полевых культур. — М.: Агропромиздат. 1987. — 444 с.
12. Abugaliyeva A.I. Evaluation of wild wheat introgression lines for rust resistance and yield /Abugaliyeva A.I., Kozhakhmetov K.K., Morgounov A.I. //Technical Workshop BGR1. 17–20 September. — Sydney, Australia, 2015. — P.3.
13. Садовая А.С. Характеристика устойчивости к возбудителю бурой ржавчины сортов и линий мягкой пшеницы из коллекции ВИР, несущих чужеродный материал /Садовая А.С., Гуляева Е.И., Митрофанова О.П., Шайдаук Е.Л., Хакимова А.Л., Зуев Е.В. //Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2014. — 18(4/1). — С.739–749.
14. Плотникова Л.Я. Эффективность генов возрастной ржавчины Lr22b, Lr37 в западной Сибири и цитофизиологическая основа их воздействия /Плотникова Л.Я., Штубей Т.Ю. // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2012. — 16(1). — С.123–131.
15. Давоян Э.Р. Идентификация генов устойчивости к листовой ржавчине в видах *Aegilops* L., синтетических формах и интрогрессивных линиях мягкой пшеницы /Давоян Э.Р., Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян О.Р., Зубанова Ю.С., Зинченко А.Н., Кравченко А.М. //Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2012. — 16(1). — С.116–122.
16. Шаманин В.П. Селекционно-генетическая оценка популяций яровой пшеницы Сибирского питомника членочной селекции СИММИТ /Шаманин В.П., Моргун А.И., Манес Я., Зеленский Ю.И., Чурсин А.С., Левшунов М.А., Потоцкая И.В., Лихенко И.Е., Манько Т.А., Каракоз И.И., Табаченко А.В., Петуховский С.Л. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. — 16(1). — С.21–32.

ОБ АВТОРАХ:

Рсалиев А.Ш., кандидат биологических наук, НИИ Биологической Безопасности
Абуғалиева А.И., профессор, доктор биологических наук, Казахский НИИ земледелия и растениеводства
Кожухметов К., доктор биологических наук, Казахский НИИ земледелия и растениеводства

РК (2018–2020 гг.) BR06249329 «Фитопатологический скрининг сортообразцов пшеницы по устойчивости к основным грибным болезням».

REFERENCES

1. Razmahnin E.P. Application of biotechnology and remote hybridization methods to improve wheat/Razmahnin E.P., Razmachnina T.M., Kozlov V.Ye., Goncharov N.P., Veprev S.G.// Report and messages XI Int. Genetic Breeding School-Seminar "The current state and priority directions of development of genetics, epigenetics, breeding and crop production." — Novosibirsk, 2012. P.213–220.
2. Kozhakhmetov K. Biological basis of cereal crops breeding with distant hybridization: author. dis Dr. Biol. Sciences. — 01/06/05 / Kozhakhmetov Kenebay; Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing. Almaty: 2010. 51 p.
3. Kozhakhmetov K., Abugaliyeva A.I., Savin T.V., Bashabaeva B.M. (2017) A method for creating self-fertile alloplasmic euploid and aneuploid lines of common wheat. Patent of the Kazakhstan Republic No. 3181.
4. Geshele E.E. Methods of plant infection and recording of its results in breeding. Basics of phytopathological evaluation in plant breeding. M.: Kolos, 1978. P.129–159.
5. Stakman E.C., Levine M.N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp //Minn. Agr. Exp. St. Technol. Bull. 1922. 8. P.38–41.
6. Gassner G., Straib W. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Weizensorten gegen *Puccinia glumarum* It Phytobotany. 1929. B. 1:3:215–275.
7. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticaria* Erikss il Phytopathology. 1926. Vol. 16: 2: 89–120.
8. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian J. Res. 1948. Vol. 26. P.496–500.
9. James W.S. An illustrated series of assessment for diseases preparation and usage //Canadian Plant Diseases Survey. 1971. Vol.51:2. P.36–35.
10. Methodological guidelines VIR on the study of the collection of wheat. M.: VIR, 1985. 60 p.
11. Gulyaev G.V., Guzhov Yu.L. Breeding and seed production of field crops. M.: Agropromizdat. 1987. 444 p.
12. Abugaliyeva A.I. Evaluation of wild wheat introgression lines for rust resistance and yield/Abugaliyeva A.I., Kozhakhmetov K.K., Morgounov A.I. //Technical Workshop BGR1. 17–20 September. Sydney, Australia, 2015. P.3.
13. Sadovaya A.S. Resistance characteristics to the causative agent of brown rust of common wheat varieties and lines from the VIR collection carrying foreign material/Sadovaya A.S., Gulyayeva E.I., Mitrofanova O.P., Shaydyuk E.L., Khakimova A.L., Zuev E.V.// Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2014. 18 (4/1). P.739–749.
14. Plotnikova L.Ya. Gene Efficiency of Age Rust Lr22b, Lr37 in Western Siberia and the Cytophysiological Basis of Their Exposure / Plotnikova L.Ya., Stubei T.Yu. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2012. 16(1). P.123–131.
15. Davoyan E.R. Identification of leaf rust resistance genes in *Aegilops* L. species, synthetic forms and introgressive lines of common wheat/Davoyan E.R., Davoyan P.O., Bebyakina I.V., Davoyan O.R., Zabanova Yu.S., Zinchenko A.N., Kravchenko A.M. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2012. 16(1). P.116–122.
16. Shamanin V.P. Breeding and genetic assessment of Siberian nursery spring wheat populations of shuttle breeding CIMMYT/ Shamanin V.P., Morgunov A.I., Manes J., Zelensky Yu.I., Chursin A.S., Levshunov M.A., Pototskaya I.V., Lihenko I.E., Manko T.A., Karakoz I.I., Tabachenko A.V., Petukhovskiy S.L.// Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2012. 16(1). P.21–32.

ABOUT THE AUTHORS:

Rsaliev A.Sh., Candidate of Biological Sciences, Research Institute of Biological Safety
Abugaliyeva A.I., Professor, Doctor of Biological Sciences, Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing
Kozhakhmetov K., Doctor of Biological Sciences, Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing