

Устойчивость к бурой ржавчине в F₁ пшеницы мягкой озимой, созданных с участием сортов носителей пшенично-ржаных транслокаций

Осьмачко Елена Николаевна, аспирант;

Бакуменко Ольга Николаевна, аспирант;

Власенко Владимир Анатолиевич, доктор сельскохозяйственных наук

В 2013-2015 годах провели тестирование F₁ пшеницы мягкой озимой по устойчивости против бурой ржавчины. Выявлено, что в 2014 году по показателю степени фенотипического доминирования среди гибридных комбинаций было сверхдоминирование у 42,9%, частичное положительное доминирование – 3,6%, промежуточное наследование – 32,1%, частичное отрицательное доминирование – 7,1%, депрессия – 14,3%. В 2015 году сверхдоминирование проявили 28,6%, частичное положительное доминирование – 14,3%, промежуточное наследование – 39,3%, частичное отрицательное доминирование – 14,3%, депрессию – 3,5%. Гибридные комбинации Золотоколоса / Вильшана, Золотоколоса / Антониовка, Полиська 90 / Веснянка, Крыжынка / Ремесливна, Крыжынка / Розкишина, Золотоколоса / Астет, созданные с участием родительских компонентов с 1AL / 1RS и с 1BL / 1RS транслокациями, способные формировать потомство устойчивое против бурой ржавчины.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, иммунитет, гены устойчивости, бурая ржавчина, 1AL / 1RS, 1BL / 1RS транслокации.

Реализация производительности современных сортов пшеницы ограничивается потерями урожая от грибковых заболеваний, которые интенсивно развиваются в условиях повышенной влажности и температуры воздуха [1]. Несмотря на проведение мероприятий по защите зерновых культур от пятнистостей, потери достигают 30-40% [2]. Основная причина этого явления – высокая пластичность и приспособляемость возбудителей к экологическим условиям во взаимодействии с сортовыми особенностями [3].

Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia recondita*) – одна из самых распространенных и вредоносных болезней пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L. среди листовых заболеваний. Пораженные растения покрываются пустулами красно-бурого цвета. Вред бурой ржавчины заключается в уменьшении ассимиляционной поверхности растений и усилении транспирации. Это приводит к нарушению водного баланса, преждевременному отмиранию листьев, снижения зимостойкости растений [4].

В борьбе с бурой ржавчиной наиболее эффективным методом является селекция

болезнеустойчивых сортов. Анализ современного сортимента районированных сортов свидетельствует о наличии незначительного количества сортов, обладающих устойчивостью к болезням [5]. Создание сортов, сочетающих высокий потенциал урожайности с генетической его защитой от болезней, один из центральных вопросов в селекции, который является наиболее экономичным, экологичным и необходимым методом борьбы с вредными организмами. Этот метод включает поиск доноров эффективных генов устойчивости к болезням [6].

У пшеницы мягкой зарегистрировано 68 чужих транслокаций, несущих гены устойчивости к болезням и вредителям и других ценных адаптивных признаков [7]. Одним из успешных путей обогащения геноплазмы пшеницы чужими генетическими компонентами через межродовую гибридизацию стало получение пшенично-ржаных транслокаций (ПРТ) или замещений. В последние годы получают распространение сорта с ПРТ [8], которые характеризуются повышенным адаптивным потенциалом [9], а потому пользуются спросом в производстве и используются в селекции как исходный материал. Наибольшее распространение в мире получила ПРТ 1BL/1RS (315 образцов), значительно меньшего – 1AL/ARS (13 образцов) и только по одному образцу зафиксировано с 2BS/2RL и 6BS/6RL генетическими компонентами [10]. Экспериментально доказано, что рожь может быть эффективным источником новых хозяйственно-ценных признаков для пшеницы [11]. Природные популяции ржи содержат редкие источники генов устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине, а также к мучнистой росе [12].

Сорта пшеницы мягкой, несущие пшенично-ржаную транслокацию 1BL/1RS, содержат гены против бурой ржавчины (*Lr26*), мучнистой росы (*Pm8*), стеблевой ржавчины (*Sr31*), желтой ржавчины (*Yr9*), вируса полосатой мозаики (*Wsm*), тли (*Gb*) [13], а сорта с 1AL/1RS транслокацией устойчивые к тле *Schizaphis graminum* (ген *Gb2*, биотипов А, В, С) [14], к бурой (*Lr 24*) и стеблевой ржавчине (*Sr24*) [15], к мучнистой росе (*Pm17*) [16].

Целью исследования было изучение наследования устойчивости к бурой ржавчине гибридами первого поколения пшеницы мягкой озимой, полученных от скрещивания сортов, которые являются носителями пшенично-ржаных транслокаций.

Эксперименты проводили в 2013-2015 годах на опытном поле Сумского национального аграрного университета. Поле расположено в Сумском районе, который входит в северо-восточную часть Лесостепи. Предшественником была гречка. Почва – чернозем типичный глубокий мало-гумусный, среднесуглинистый, содержание гумуса в пахотном слое колеблется около 3,9%. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной.

Среднесуточная (среднегодовая) температура воздуха в 2013-2014 вегетационном году была $9,5^{\circ}\text{C}$, что на $2,1^{\circ}\text{C}$ выше многолетнего показателя ($7,4^{\circ}\text{C}$), абсолютный максимум ее ($34,0^{\circ}\text{C}$) отмечен в третьей декаде августа, минимум (минус $26,0^{\circ}\text{C}$) – в третьей декаде января. Сумма осадков составила 552,6 мм, что на 40,4 мм меньше многолетней нормы (593мм). Среднесуточная (среднегодовая) температура воздуха в 2014-2015 вегетационном году была $7,9^{\circ}\text{C}$, что на $0,5^{\circ}\text{C}$ выше многолетнего показателя ($7,4^{\circ}\text{C}$). Абсолютный максимум ее (40°C) отмечен в третьей декаде июля, минимум (минус 22°C) – во второй декаде февраля. Сумма осадков составила 600,5 мм, что на 7,5 мм больше многолетней нормы (593 мм).

Материалом для исследований послужили 28 гибридов первого поколения, которые созданы в результате реципрокного скрещивания сортов пшеницы мягкой озимой. Как компоненты скрещиваний использовали сорта пшеницы различного генетического происхождения (Овидий, Полиська 90, Подолянка, Царивна, Куяльник, Антонивка, Вильшана, Досконала, Астет, Васылына, Розкишна, Косоч) и сорта – носители пшенично-ржаных транслокаций (1AL / 1RS – Золотоколоса, Веснянка, 1BL / 1RS – Крыжынка, Калынова и Ремесливна).

Посев F_1 осуществляли в гибридном питомнике вручную под мерную линейку с площадью питания каждого растения 10 x 30 см вместе с родительскими формами по схеме: ♀ – F_1 – F_1 (реципрокная комбинация) – ♂, в 3-кратной повторности. Фенологические наблюдения, учеты и оценки, тестирования устойчивости гибридов к бурой ржавчине проводили на естественном инфекционном фоне при участии сортов – накопителей инфекции (Мироновская 10, Sel / Egin) согласно общепринятой методики [17].

Показатель степени фенотипического доминирования признаков у растений первого поколения гибридов определяли по формуле В. Griffing [18], группировка полученных данных проводилась в соответствии с классификацией G. Beil, R. Atkins [19]. Математическую обработку данных выполняли с использованием компьютерного программного обеспечения Microsoft Excel 2003.

По результатам исследований 2013-2015 годов у растений F_1 обнаружено разную степень фенотипического доминирования, по которой определен тип наследования признаков, что в свою очередь зависит от задействованных родительских компонентов.

На основе показателя степени фенотипического доминирования в 2014 году (табл. 1) выявлено, что среди гибридных комбинаций 42,9% проявили сверхдоминирование (СД), 3,6% – частичное положительное доминирование (ЧПД),

32,1% – промежуточное наследования признака (ПН), 7,1% – частичное отрицательное доминирование (ЧОД), 14,3% – депрессию (Д).

Наибольшую ценность в селекции пшеницы мягкой озимой на устойчивость против бурой ржавчины имеют гибриды, которые превышают по этому показателю свои родительские формы, такими есть реципрокные гибридные комбинации с проявлением СД ($h_p = 1,3-11$) – Золотоколоса / Астет, Золотоколоса / Вильшана, Золотоколоса / Антонивка, Крыжынка / Ремесливна, а также прямая – Крыжынка / Розкишна и обратные – Полиська 90 / Веснянка, Калынова / Веснянка, Васылына / Веснянка. С двенадцати комбинаций у троих материнскими и шести – отцовскими формами являются носители 1AL / 1RS транслокаций, у двух – отцовскими и материнскими – 1BL / 1RS, и в одной – материнская 1BL / 1RS.

Таблица 1

Показатели наследования (h_p) устойчивости к бурой ржавчине в F_1 пшеницы мягкой озимой

Комбинация	h_p		Комбинация	h_p	
	2014 г.	2015 г.		2014 г.	2015 г.
Золотоколоса / Куяльнык	-1,0	-0,4	Золотоколоса / Антонивка	3,3	1,5
Куяльнык / Золотоколоса	-1,2	-0,7	Антонивка / Золотоколоса	1,3	1,0
Золотоколоса / Досконала	0,5	0,8	Золотоколоса / Косоч	-0,5	0,0
Досконала / Золотоколоса	-0,1	-0,3	Косоч / Золотоколоса	-1,3	-0,3
Золотоколоса / Царивна	0,3	0,1	Веснянка / Полиська 90	0,9	1,0
Царивна / Золотоколоса	0,0	-0,2	Полиська 90 / Веснянка	2,4	2,2
Золотоколоса / Астет	3,3	1,7	Веснянка / Калынова	-0,5	-0,1
Астет / Золотоколоса	4,0	2,8	Калынова / Веснянка	2,3	-0,1
Золотоколоса / Овидий	0,5	0,5	Веснянка / Васылына	-1,0	-1,0
Овидий / Золотоколоса	0,4	0,1	Васылына / Веснянка	2,0	-0,3
Золотоколоса / Подолянка	-1,1	-1,3	Крыжынка / Ремесливна	11,0	2,0
Подолянка / Золотоколоса	-0,2	-0,6	Ремесливна / Крыжынка	4,0	1,0
Золотоколоса / Вильшана	5,0	9,0	Крыжынка / Розкишна	2,5	-1,0
Вильшана / Золотоколоса	9,0	9,0	Розкишна / Крыжынка	-5,5	-1,0

Доминирование родительской формы ($h_p = 0,9$) выявлено в прямой комбинации Веснянка / Полиська 90, где материнская форма является носителем 1AL / 1RS транслокации. Устойчивость растений у этого гибрида была ниже, чем у материнской формы, но выше чем у отцовской.

Промежуточным наследованием ($h_p =$ от 0,5 до 0,5) характеризовались реципрокные комбинации – Золотоколоса / Досконала, Золотоколоса / Царивна, Золотоколоса / Овидий, прямые – Золотоколоса / Косоч, Веснянка / Калынова и обратная – Подолянка / Золотоколоса. Из них в пяти комбинациях, материнская форма является носителем 1AL / 1RS транслокации, а в четырех – отцовская. В скрещиваниях

Золотоколоса / Досконала, Золотоколоса / Царивна, Золотоколоса / Овидий, Золотоколоса / Косоч получили растения, устойчивость которых была ниже, чем в материнских форм, но выше – чем у отцовских. В комбинациях Веснянка / Калынова и Подолянка / Золотоколоса устойчивость превысила уровень материнских форм, но была меньше показателей родительских.

Частичное отрицательное доминирование ($h_r = -1$) характерно для прямых комбинаций – Золотоколоса / Куяльник и Веснянка / Васылына, где материнские формы являются носителями 1AL / 1RS транслокации. У полученного потомства, устойчивость была ниже чем у материнской формы и равнялась устойчивости отцовской. Таким образом, наличие этой транслокации в материнской форме не всегда обеспечивает наследование уровня ее устойчивости.

Тип наследования «депрессия» ($h_r = \text{от } -1,1 \text{ до } -5,5$) выявлено в таких гибридов: Золотоколоса / Подолянка, Куяльник / Золотоколоса, Косоч / Золотоколоса, Розкишна / Крыжынка. Из них в одной комбинации материнская форма является носителем 1AL / 1RS транслокации, у двух – отцовская, и еще у одной отцовская форма с 1BL / 1RS. От скрещивания Золотоколоса / Подолянка получили потомство, устойчивость которого была ниже, чем у материнской формы и составляла уровень отцовской. В комбинации Косоч / Золотоколоса резистентность оказалась ниже, чем у отцовской формы, и равнялась устойчивости материнской. В комбинациях Куяльник / Золотоколоса и Розкишна / Крыжынка резистентность гибридов была ниже показателей отцовских форм.

По результатам исследований 2015 года по поражению растений бурой ржавчиной было выявлено, что степень фенотипического доминирования в гибридных комбинациях распределились так: 28,6% показали СД, 14,3% – ЧПД, 39,3% – ПН, 14,3% – ЧОД, 3,6% – Д.

Сверхдоминирование ($h_r = 1,5-9,0$), где устойчивость гибридов была выше показателей родительских форм, оказалось в реципрочных гибридных комбинациях Золотоколоса / Астет, Золотоколоса / Вильшана, у прямых – Золотоколоса / Антонивка, Крыжынка / Ремесливна, Крыжынка / Розкишна, а также в обратной Полиська 90 / Веснянка. С восьми комбинаций шесть являются носителями 1AL / 1RS транслокации и две 1BL / 1RS.

Частичное положительное доминирование ($h_r = 0,8-1,0$) выявлено в прямых комбинациях Золотоколоса / Досконала, Веснянка / Полиська 90 и в обратных комбинаций Антонивка / Золотоколоса, Ремесливна / Крыжынка. У двух комбинаций материнская форма с 1AL / 1RS транслокацией, в одной – родительская, а в Ремесливна / Крыжынка – отцовский и материнский компонент с 1BL / 1RS транслокацией. При скрещивании

Золотоколоса / Досконала показатель устойчивости против бурой ржавчины гибрида превысил устойчивость отцовской формы, но был ниже, чем у материнской. У комбинациях Антонивка / Золотоколоса, Ремесливна / Крыжынка устойчивость растений была на уровне с отцовской формой и выше материнской, у гибрида Веснянка / Подолянка устойчивость равнялась материнской форме, но была меньше показателя родительской.

Промежуточным наследованием (h_r = от -0,4 до 0,5) характеризовались реципрочные комбинации – Золотоколоса / Царивна, Золотоколоса / Овидий, Золотоколоса / Косоч, Веснянка / Калынова, прямая – Золотоколоса / Куяльник и обратные – Досконала / Золотоколоса, Васылына / Веснянка. Из них в пяти комбинациях, материнская форма с 1AL / 1RS транслокацией, а в шести – родительская. У комбинациях Золотоколоса / Куяльник, Золотоколоса / Царивна, Золотоколоса / Овидий, Золотоколоса / Косоч, Калынова / Веснянка показатель устойчивости против бурой ржавчины у гибридов был выше, чем у родительской формы и ниже устойчивости материнской. У комбинациях Царивна / Золотоколоса, Косоч / Золотоколоса, Досконала / Золотоколоса, Овидий / Золотоколоса, Веснянка / Калынова и Васылына / Веснянка устойчивость превысила уровень материнских форм, но была меньше показателей родительских.

Частичное отрицательное доминирование (h_r = от -0,6 до -1) характерно для прямой комбинации – Веснянка / Васылына и в обратных Куяльник / Золотоколоса, Подолянка / Золотоколоса, Розкишна / Крыжынка. Из них в одной комбинации материнская форма с 1AL / 1RS транслокацией, у двух отцовская и у гибрида Розкишна / Крыжынка отцовский компонент с 1BL / 1RS транслокацией. При скрещивании Куяльник / Золотоколоса, Подолянка / Золотоколоса показатель устойчивости против бурой ржавчины гибрида превысил устойчивость отцовской формы, но был ниже, чем у материнской. У комбинации Веснянка / Васылына устойчивость растений была на уровне с отцовской формой и выше материнской. У гибрида Розкишна / Крыжынка устойчивость равнялась материнской форме, но была меньше показателя родительской.

В случае когда устойчивость гибрида была ниже показателей родительских форм, что характерно для типа наследования «депрессия» (h_r = - 1,3) и выявлено у комбинации Золотоколоса / Подолянка.

В течение двух лет у реципрочных комбинациях – Золотоколоса / Куяльник, Золотоколоса / Подолянка, Золотоколоса / Косоч, Веснянка / Полиська 90, Веснянка / Калынова, Веснянка / Васылына признак наследовался по разным типам. Сверхдоминирование по обоим годам проявилось в реципрочных комбинациях – Золотоколоса / Астет, Золотоколоса / Вильшана, у прямых – Золотоколоса / Антонивка,

Крыжынка / Ремесливна и в обратных – Полиська 90 / Веснянка. Это связано со сложным процессом взаимодействия полигенов родительских форм и материнским эффектом в наследовании устойчивости.

В 2014 году среди гибридных комбинаций 42,9% проявили сверхдоминирование, 3,6% – частичное положительное доминирование, 32,1% – промежуточное наследование признака, 7,1% – частичное отрицательное доминирование, 14,3% – депрессию. По результатам исследований в 2015 году было выявлено 28,6% сверхдоминирование, 17,9% – частичное положительное доминирование, 35,7% – промежуточное наследование признака, 14,3% – частичное отрицательное доминирование, 3,5% – депрессию. Основным типом наследования в 2014 году было сверхдоминирование, а в 2015 промежуточное наследование.

Гибридные комбинации – Золотоколоса / Вильшана, Золотоколоса / Антонивка, Полиська 90 / Веснянка, Крыжынка / Ремесливна, Крыжынка/ Розкишна, Золотоколоса / Астет – созданные при участии родительских компонентов с 1AL / 1RS и с 1BL / 1RS транслокациями способны формировать потомство устойчивое против бурой ржавчины.

В перспективе дальнейших исследований запланировано исследовать изменчивость в F₂, а также выделить формы с высокой устойчивостью против бурой ржавчины, при возможности – трансгрессивные.

Литература:

1. Ретьман С. В. Абіотичні чинники та розвиток септоріозу листя / С. В. Ретьман, О. В. Шевчук // Карантин і захист рослин. – 2009. – № 12. – С. 2-3.
2. Ретьман С. В. Плямистості озимої пшениці в Лісостепу України й концептуальні основи захисту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.11 «Фітопатологія» / Ретьман Сергій Васильович. – К., 2009. – 43 с.
3. Ковалишина Г. М. Селекція озимої пшениці на стійкість проти хвороб / Г. М. Ковалишина // Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 1 - 5 листоп. 2004 р.). – К., 2004. – С. 709-718.
4. Пересипкін В.Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. // В.Ф. Пересипкін. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 262 с.
5. Біляєва І.М. Динаміка ураження сортів озимої м'якої пшениці бурюю іржею і втрати урожайності від патогена за різної вологозабезпеченості рослин / І.М. Біляєва // Зрошуване землеробство : міжвід. темат. наук. зб. – К., 2009. – Вип. 51. – С.111-115.
6. Лісовий М.П. Стан та перспективи селекції на стійкість щодо збудників основних хвороб рослин в Україні / М.П. Лісовий // Вісник аграрної науки. – 2000. – №12. – С.70-72.

7. Рыбалкин П. Н. Развитие идей хлебного батьки / П. Н. Рыбалкин // Пшеница и тритикале: Мат. науч.-практ. конф. «Зеленая революция П.П. Лукьяненко». – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 6-13.
8. Власенко В. А. Використання генетичних компонентів жита в селекції миронівських сортів озимої м'якої пшениці / В. А. Власенко, В. Т. Колючий, М. П. Чебаков [та ін.] // 36. наук. пр. Уманського держ. аграр. ун-ту. – Умань, 2005. Вип. 60. – С. 54-63.
9. Беспалова Л. А. Достижения отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале к 100-летию академика П. П. Лукьяненко / Л. А. Беспалова, Ф. А. Колесников, Ю. М. Пучков [и др.] // Пшеница и тритикале : Мат. науч.- практ. конф. «Зеленая революция П. П. Лукьяненко». – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 13-27.
10. Rabinovich S. V. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. / S. V. Rabinovich // Euphytica. – 1998. – Vol. 100. – P. 323-340.
11. Солодухина О. В. Генетическая характеристика образцов ржи по устойчивости к бурой ржавчине / О. В. Солодухина // Генетика. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 497-506.
12. Солодухина О. В. Генетическая детерминация устойчивости ржи к стеблевой ржавчине / О. В. Солодухина, В. Д. Кобылянский // Генетика. – 2000. – Т. 36, № 5. – С. 678-681.
13. Бабаянц Л. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах членах СЭВ / Л. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Бехтер. – Прага, 1988. – 321 с.
14. Sebesta E. E. Registration of Amigo wheat germplasm resistant to greenbug / E. E. Sebesta, E. A. Wood, D. R. Porter [et al.] // Crop Sci. – 1995. – Vol. 35. – P. 293.
15. Интрогрессивные линии пшеницы с генами устойчивости к болезням и вредителям, созданные в Центре генетических ресурсов пшеницы США / С. В. Рабинович, W. J. Raupr, Т. Ю. Маркова [и др.] // Генет. ресурсы культурных растений. Пробл. мобил., инвентар.:Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13-16 ноября 2001 г. – СПб.: ВИР, 2001. – С. 387-390.
16. Власенко В. А. Селекційна еволюція миронівських пшениць / [В. А. Власенко, В. С. Кочмарський, В. Т. Колючий, Л. А. Коломієць, С. О. Хоменко, В. Й. Солоня]; під заг. ред. В. А. Власенка. – Миронівка, 2012. – 330 с.
17. Бабаянц Л. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах членах СЭВ / Л. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Бехтер. – Прага, 1988. – 321 с.
18. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques / B. Griffing // Genetics. – 1950. – Vol. 35. – P. 303-321.
19. Beil G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Beil, R. E. Atkins // Jowa J. Sci. – 1965. – Vol. 39, №. 3. – P. 345-348.