

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОЙ ЦЕННОСТИ ГИБРИДОВ F_2 , F_3 ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ ПО СТЕПЕНИ ТРАНСГРЕССИИ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

*Ж.С. Пилипенко, науч. сотрудник, С.И. Гриб, доктор с-х наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 08.04.2024)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

***Аннотация.** В результате внутривидовых и отдаленных скрещиваний получены 15 гибридных комбинаций ярового тритикале и проведена оценка трансгрессивной изменчивости у гибридных потомств F_2 , F_3 по высоте растений и элементам структуры урожайности (продуктивная кустистость, число колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса). Выделенные генотипы с высокой степенью трансгрессии являются ценными рекомбинантами для селекции высокопродуктивных конкурентоспособных сортов ярового тритикале.*

Введение

Основным методом создания нового исходного материала является внутривидовая и отдаленная гибридизация, в результате которой можно получить широкий спектр рекомбинантных форм. Среди них встречаются и трансгрессии, проявление хозяйственно-ценных признаков у которых выражено сильнее, чем у исходных родительских форм [1, 2]. Положительная трансгрессия означает, что значение конкретного признака у выделенного генотипа выше, чем у лучшего родителя, а отрицательная – ниже, чем у худшего родителя. Для практической селекции важное значение имеют положительные трансгрессии, полученные в результате появления рекомбинантов по различным хозяйственным и биологическим признакам и свойствам [3, 4, 5].

По мнению Н.И. Вавилова, трансгрессивная изменчивость – явление, в результате которого возникают растения с новой величиной хозяйственно полезных признаков и свойств, которые имеют важное значение в практической селекции [6].

Отборы трансгрессивных форм в F_2 и F_3 определяют успех селекционной работы. В этой связи важно выявлять степень трансгрессии по основным элементам структуры урожайности гибридов.

Целью данной работы было оценить трансгрессивную изменчивость по признаку «высота растений» и элементам структуры урожайности у гибридных потомств F_2 , F_3 ярового тритикале, полученных при внутривидовых и отдаленных скрещиваниях.

Условия и методика проведения исследований

С целью изучения трансгрессивной изменчивости и создания селекционно-ценного материала была проведена внутривидовая и отдаленная гибридизация. Скрещивание проводили по схеме; приведенной в таблице 1.

Таблица 1. Схема внутривидовой и отдаленной гибридизации ярового тритикале

Материнская форма	Отцовская форма		
	<i>Яровое тритикале</i>		<i>Яровая мягкая пшеница</i>
<i>Яровое тритикале</i>	Nagano	Рубин	Чайка
Dublet			
Рубин	+	-	+
Nagano	-	+	+
Э – 2144 (Ясь × Wanad)	+	+	+
<i>Яровые трансформанты из озимого тритикале</i>			
Т – 2869 (Grenado)	+	+	+
Т – 2551 (Dinaro)	+	+	+

Объектами исследования служили 4 сортообразца ярового тритикале, 2 сортообразца яровых трансформантов, полученных из озимого тритикале, короткостебельный сорт яровой мягкой пшеницы *Чайка* и созданные на их основе 15 гибридных комбинаций поколения F₂ и F₃.

Исследования проводили на полях РУП «Научно практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию». Почва среднекультуренная дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком песчаном суглинке, подстилаемом с глубины 0,5–0,7 м песком. Фосфорные и калийные (P₉₀K₁₀₀₋₁₂₀) удобрения вносили осенью под вспашку, азотные (N₇₀) – весной в предпосевную культивацию.

Гибридизацию проводили путем кастрации материнских цветков и последующим их принудительным опылением пыльцой отцовских форм твелетомом через 3–4 дня. При внутривидовых скрещиваниях использовали по 5 колосьев, при отдаленных – по 10 колосьев. В колосьях материнских растений кастрировали по 30–35 цветков в средней части колоса, укорачивая цветковые чешуи на половину их длины. Остальные цветки удаляли.

Изучение гибридов и родительских форм проводили в полевых условиях, где их высевали по схеме P₁, F₂, P₂ и P₁, F₃, P₂.

Степень трансгрессии в F₂ и F₃ определялась по методике Г.С. Воскресенской и В. И. Шпота [7]:

$$T_c = \frac{P_c * 100\%}{P_p} - 100\% ,$$

где T_c – степень трансгрессии данного признака, %;

P_c – максимальное значение признака у гибридов F₂ или F₃ (среднее из трех лучших растений);

P_p – максимальное значение признака у лучшей родительской формы (среднее из трех лучших растений).

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований выделены трансгрессивные формы у гибридов F₂ и F₃ тритикале ярового по всем комбинациям и типам скрещиваний.

Главной задачей в селекции ярового тритикале по признаку «высота растений» является отбор устойчивых к полеганию низкорослых форм. Следовательно, наибольшую ценность для дальнейшего использования в селекционном процессе представляют гибридные комбинации, трансгрессивные формы которых расположились в низкорослой группе. В результате изучения гибридов F_2 установлено, что наибольшее число низкорослых растений в диапазоне 66–80 см наблюдалось в комбинациях скрещиваний «яровое тритикале × яровая мягкая пшеница» (3,6 %) и яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровая мягкая пшеница» (2,1 %).

У гибридов F_3 наблюдалось увеличение числа среднестебельных растений, а в интервале 66–80 см выявлено 2,3 % растений, представленных гибридами в комбинациях скрещиваний «яровое тритикале × яровая пшеница».

Яровое тритикале по сравнению с другими зерновыми культурами характеризуется невысокой продуктивной кустистостью.

Высокое число продуктивных стеблей у гибридов F_2 отмечено при скрещивании «яровое тритикале × яровая мягкая пшеница» (у 4,1 % гибридных комбинаций) и яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровая мягкая пшеница» (3,1 %).

В третьем поколении произошел небольшой сдвиг в сторону увеличения числа продуктивных стеблей. Высокое число продуктивных стеблей отмечено в комбинациях «яровое тритикале × яровая мягкая пшеница» (14,1 %) и яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровое тритикале» (11,0 %).

По числу колосков в колосе варьирование признака у гибридов второго и третьего поколения находилось в интервале от 18 до 27 штук. Наибольшее число гибридных комбинаций F_2 (81,7 %) и F_3 (67,2 %) расположилось в вышеуказанном интервале.

Комбинации F_2 с высоким показателем числа колосков в колосе выявлены в скрещиваниях «яровое тритикале × яровая мягкая пшеница» (6,2 %) и «яровые трансформанты из озимое тритикале × яровое тритикале» (5,7 %), у гибридных комбинаций F_3 – яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровое тритикале» (14,1 %).

По числу зерен с главного колоса как в F_2 , так и в F_3 , наибольшее число трансгрессий с высоким показателем выявлены в комбинациях скрещиваний: «яровое тритикале × яровое тритикале» и яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровое тритикале».

Масса зерна с главного колоса в F_2 (30,6 %) и F_3 (71,9 %) находилась в группе с высоким и очень высоким значением, при этом наибольшее число рекомбинантов было представлено типом скрещиваний «яровое тритикале × яровое тритикале».

По комплексу признаков у гибридов второго поколения наибольший процент с высокими значениями признака отмечен в комбинациях скрещивания: «яровое тритикале × яровое тритикале» и «яровое тритикале × яровая мягкая пшеница», а у гибридов третьего поколения – «яровое тритикале × яровое тритикале» и яровые трансформанты из «озимое тритикале × яровое тритикале».

Анализ гибридов второго и третьего поколений ярового тритикале позволил выделить типы скрещивания с наибольшей продуктивностью растений по изучаемым признакам (таблица 2).

Таблица 2. Показатели продуктивности и частота трансгрессий у гибридов ярового тритикале F₂ и F₃ разных типов скрещивания

Тип скрещиваний		Признак, значение		Частота трансгрессий, %
Яровое тритикале × яровая пшеница	F ₂	высота растений, см	66-80	3,6
Яровые трансформанты из озимого тритикале × яровая пшеница				2,1
Яровое тритикале × яровая пшеница	F ₃			2,3
Яровое тритикале × яровая пшеница	F ₂	продуктивная кустистость, шт.	4,1-5,0	4,1
Яровые трансформанты из озимого тритикале × яровая пшеница				3,1
Яровое тритикале × яровая пшеница	F ₃			14,1
Яровые трансформанты из озимого тритикале × яровое тритикале		11,0		
Яровое тритикале × яровая пшеница	F ₂	число колосков в колосе, шт.	18-23	6,2
Яровые трансформанты из озимого тритикале × яровое тритикале				5,7
Яровые трансформанты из озимого тритикале × яровое тритикале	F ₃			14,1
Яровое тритикале × яровое тритикале	F ₂	число зерен в главном колосе, шт.	36-55	35,3
Яровое тритикале × яровое тритикале	F ₃			36,8
Яровое тритикале × яровое тритикале	F ₂	масса зерна с главного колоса, г	2,1-2,6	14,0
Яровое тритикале × яровое тритикале	F ₃			31,2

При изучении комбинаций по высоте растений в F₂ рекомбинанты с отрицательной степенью трансгрессии составили от -9,1 до -24,6 % (таблица 3). У гибридов F₃ генотипов с отрицательной степенью трансгрессии не наблюдалось.

Особый интерес представляют короткостебельные генотипы, выделенные в комбинациях: *T – 2551 × Чайка*, *Э – 2144 × Чайка*, *Рубин × Чайка*, *T – 2551 × Рубин*, *Nagano × Чайка*, *Э-2144 × Nagano* с отрицательными показателями T_c = -24,6...-9,1 % соответственно, которые необходимы для создания селекционного материала, устойчивого к полеганию. В гибридной комбинации: *T – 2551*

× *Чайка* при снижении высоты растений выделены генотипы с высоким значением $T_c = 60,6\%$ по продуктивной кустистости и длине колоса $T_c = 7,9\%$; у гибрида *Рубин* × *Чайка* при низкой высоте (77,3 см) высокая степень трансгрессии по продуктивной кустистости $T_c = 39,4\%$, длине колоса $T_c = 27,8\%$ и числу колосков в колосе $T_c = 9,1\%$; у гибрида *Э-2144* × *Nagano* при высоте 79,7 см высокая степень трансгрессии отмечена по продуктивной кустистости $T_c = 25\%$ и массе зерна с главного колоса $T_c = 18,0\%$

Таблица 3. Степень трансгрессии по высоте растений у гибридов F₂ ярового тритикале, %

Гибридная комбинация	Наименьшая высота растений, см		Степень трансгрессии, %
	лучшего родителя	гибрида	
F ₂			
<i>T</i> – 2551 × <i>Чайка</i>	88,0	66,3	-24,6
<i>Э</i> – 2144 × <i>Чайка</i>	88,0	69,7	-20,8
<i>Рубин</i> × <i>Чайка</i>	88,0	77,3	-12,1
<i>T</i> – 2551 × <i>Рубин</i>	94,5	84,0	-11,2
<i>Nagano</i> × <i>Чайка</i>	87,7	79,7	-9,4
<i>Э</i> – 2144 × <i>Nagano</i>	87,7	79,7	-9,1

По продуктивной кустистости положительные трансгрессии были выявлены у гибридов как второго, так и третьего поколений. Положительная степень трансгрессии у гибридов второго поколения наблюдалась у 80 % гибридных комбинаций, а у гибридов третьего поколения – у 74 %. Наибольший интерес по продуктивной кустистости представляют гибридные комбинации F₂ с самыми высокими показателями степени трансгрессии: *T* – 2551 × *Чайка* ($T_c=60,6\%$), *Рубин* × *Чайка* ($T_c=39,4\%$), *T* – 2869 × *Рубин* и *Э* – 2144 × *Рубин* ($T_c=27,6\%$), *Рубин* × *Nagano*, *Э* – 2144 × *Nagano* и *T* – 2869 × *Nagano* ($T_c=25,0\%$), а также гибридные комбинации F₃: *Dublet* × *Чайка* ($T_c=48,9\%$), *Э* – 2144 × *Рубин* ($T_c=35,1\%$), *T* – 2869 × *Рубин* ($T_c=32,5\%$), *Nagano* × *Рубин* ($T_c=30,3\%$), *T* – 2551 × *Чайка* ($T_c=21,3\%$), *T* – 2551 × *Nagano*, *Dublet* × *Nagano* и *T* – 2551 × *Рубин* ($T_c=21,2\%$) (таблица 4).

У 53,3 % гибридов F₂ по числу колосков в колосе выявлены положительные трансгрессии $T_c = 9,0$ –14,7 % (таблица 5). Наибольшая степень трансгрессии наблюдалась у гибридных комбинаций: *T* – 2869 × *Nagano*, *T* – 2869 × *Чайка* ($T_c=14,7\%$), *Nagano* × *Чайка* ($T_c=12,6\%$), *Dublet* × *Чайка* ($T_c=9,6\%$), *Рубин* × *Чайка* ($T_c=9,1\%$), *Э* – 2144 × *Чайка* ($T_c=9,0\%$). У гибридов F₃ рекомбинанты по числу колосков в колосе с положительной степенью трансгрессии не выявлены.

Генотипы с положительной степенью трансгрессии по признаку число зерен с главного колоса в F₂ выделены у двух гибридных комбинаций: *T* – 2869 × *Чайка* ($T_c=45,4\%$), *T* – 2869 × *Nagano* ($T_c = 13,1\%$), а в F₃ таковы не обнаружены (таблица 6).

При оценке проявления трансгрессии по массе зерна с колоса у трех гибридов F₂ выявлены генотипы с высокой положительной степенью трансгрессии: *T* – 2869 × *Чайка* ($T_c = 96,0\%$), *T* – 2869 × *Nagano* ($T_c = 41,5\%$), *Э* – 2144 ×

Таблица 4 – Степень трансгрессии по продуктивной кустистости у гибридов ярового тритикале

Гибридная комбинация	Наибольшее число продуктивных стеблей, шт.		Степень трансгрессии, %
	лучшего родителя	гибрида	
F₂			
T – 2551 × Чайка	3,3	5,3	60,6
Рубин × Чайка	3,3	4,6	39,4
T – 2869 × Рубин	2,3	3,0	27,6
Э – 2144 × Рубин	2,3	3,0	27,6
Рубин × Nagano	2,4	3,0	25,0
Э – 2144 × Nagano	2,4	3,0	25,0
T – 2869 × Nagano	2,4	3,0	25,0
F₃			
Dublet × Чайка	4,7	7,0	48,9
Э – 2144 × Рубин	3,7	5,0	35,1
T – 2869 × Рубин	4,0	5,3	32,5
Nagano × Рубин	3,3	4,3	30,3
T – 2551 × Чайка	4,7	5,7	21,3
T – 2551 × Nagano	3,3	4,0	21,2
Dublet × Nagano	3,3	4,0	21,2
T – 2551 × Рубин	3,3	4,0	21,2

Таблица 5 – Степень трансгрессии по числу колосков в колосе у гибридов F₂ ярового тритикале

Гибридная комбинация	Наибольшее число колосков в колосе, шт.		Степень трансгрессии, %
	лучшего родителя	гибрида	
T – 2869 × Nagano	22,4	25,7	14,7
T – 2869 × Чайка	22,4	25,7	14,7
Nagano × Чайка	22,2	25,0	12,6
Dublet × Чайка	22,8	25,0	9,6
Рубин × Чайка	24,0	26,3	9,1
Э – 2144 × Чайка	22,3	24,3	9,0

Таблица 6 – Степень трансгрессии по числу зерен с главного колоса у гибридов F₂ ярового тритикале

Гибридная комбинация	Наибольшее число зерен, шт.		Степень трансгрессии, %
	лучшего родителя	гибрида	
T – 2869 × Чайка	55,0	80,0	45,4
T – 2869 × Nagano	64,5	73,0	13,2

Nagano ($T_c = 18,0\%$) (таблица 7), а в F₃ пять гибридных комбинаций в среднем превосходили исходные родительские формы. Наиболее высокая степень трансгрессии отмечена у гибридных комбинаций: *T – 2869 × Чайка* ($T_c = 62,1\%$), *T – 2869 × Nagano* ($T_c = 65,3\%$), *Э – 2144 × Nagano* ($T_c = 31,4\%$).

Таблица 7 – Степень трансгрессии по массе зерна с главного колоса у гибридов F₂ и F₃ ярового тритикале

Гибридная комбинация	Наибольшее масса зерна с главного колоса, г		Степень трансгрессии, %
	лучшего родителя	гибрида	
F ₂			
T – 2869 × Nagano	2,17	3,07	41,5
T – 2869 × Чайка	1,99	3,9	96,0
Э – 2144 × Nagano	2,17	2,56	18,0
F ₃			
T – 2869 × Чайка	2,80	4,54	62,1
T – 2869 × Nagano	2,80	4,63	65,3
Э – 2144 × Nagano	2,90	3,81	31,4

Выводы

В результате анализа растений второго и третьего поколения гибридов ярового тритикале выделены рекомбинанты с разной степенью трансгрессии по всем изучаемым признакам и гибридным комбинациям.

По признаку «высота растений» у гибридов второго поколения выделились комбинации: *T – 2551 × Чайка*, *Э – 2144 × Чайка*, *Рубин х Чайка*, *T – 2551 × Рубин*, *Nagano × Чайка*, *Э-2144 × Nagano* с отрицательными (от –24,6 до –9,1 %) значениями степени трансгрессии.

Самая высокая степень трансгрессии (от 18,0 до 96,0 %) выявлена у гибридов F₂ в комбинациях: *T – 2869 × Чайка*, *T – 2869 × Nagano*, *Э – 2144 × Nagano*, в F₃ (от 31,4 до 62,1 %) *T – 2869 × Чайка*, *T – 2869 × Nagano*, *Э – 2144 × Nagano* по признаку «масса зерна с главного колоса».

С высокой положительной степенью трансгрессии (от 25,0 до 60,6 %) в F₂ по признаку «продуктивная кустистость» выделены комбинации: *T – 2551 × Чайка*, *Рубин × Чайка*, *T – 2869 × Рубин*, *Э – 2144 × Рубин*, *Рубин × Nagano*, *Э – 2144 × Nagano*, *T – 2869 × Nagano*, в F₃ (от 21,2 до 48,9) – *Dublet × Чайка*, *Э – 2144 × Рубин*, *T – 2869 × Рубин*, *Nagano × Рубин*, *T – 2551 × Чайка*, *T – 2551 × Nagano*, *Dublet × Nagano* и *T – 2551 × Рубин*.

Особый интерес представляют комбинации с трансгрессиями по комплексу признаков продуктивности у гибридов F₂: *T – 2551 × Чайка*, *Рубин × Чайка* – «высота растения», «продуктивная кустистость», *Э – 2144 × Nagano* – «высота растения», «продуктивная кустистость», «масса зерна с главного колоса».

Выявленные трансгрессивные генотипы являются ценными рекомбинантами, которые включены в селекционный процесс для создания высокопродуктивных конкурентоспособных сортов ярового тритикале.

Литература

1. Мюнцинг, А Генетические исследования / А. Мюнцинг. – Москва: Изд-во иностранной лит-ры, 1963. – 488с.
2. Лепехов, С.Б. Взаимосвязь трансгрессий у яровой мягкой пшеницы в F₃ с урожайностью в F₄ и F₅ / С.Б. Лепехов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – №4 (198). – С. 10-15

3. Орлюк, А.П. Принципы трансгрессивной селекции пшеницы / А.П. Орлюк, В.В. Базалий. – Херсон, 1998. – 274с.

4. Малышкина, Ю.С. Определение степени доминирования эффекта гетерозиса и трансгрессии в питомнике гибридов люпина белого в условиях северо-востока Беларуси / Ю.С. Малышкина, Е.В. Равков, М.И. Лукашевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 103-108.

5. Гатальская, Д.В. Оценка гибридов люпина желтого по степени доминирования, проявление эффекта гетерозиса и трансгрессивности / Д.В. Гатальская, Е.В. Равков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 98-101.

6. Вавилов, Н.И. Критический обзор современного состояния генетической теории селекции растений и животных // Генетика. – 1965. – №1. – С.20-40

7. Воскресенская, Г.С. Трансгрессия признаков у гибридов *Brassica* и методика количественного учета этого явления / Г.С. Воскресенская, В.И. Шпота // Доклады ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1967. – №7. – С. 18-20.

EVALUATION OF BREEDING VALUE OF F_2 , F_3 SPRING TRITICALE HYBRIDS BY THE DEGREE OF TRANSGRESSION OF AGRONOMIC CHARCTERS

Zh.S. Pilipenko, S.I. Grib

As a result of intraspecific and distant crosses, 15 hybrid combinations of spring triticale were obtained and the transgressive variability in plant height and yield structure elements (productive bushiness, number of spikelets and grains in an ear, grain weight per ear) in F_2 , F_3 hybrid progenies was evaluated. The isolated genotypes with a high degree of transgression are valuable recombinants for breeding of highly productive competitive varieties of spring triticale.

УДК 633.367.2:[631.527:526.32]

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО, СОЗДАННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТРАДИЦИОННОЙ И МАРКЕР-СОПУТСТВУЮЩЕЙ СЕЛЕКЦИИ

М.Н. Крицкий, кандидат с.-х. наук, **А.А. Козловский**, научный сотрудник,

Н.В. Анисимова*, канд. биол. наук, **А.В. Кильчевский***, академик
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

* Институт генетики и цитологии НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 14.03.2024)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения образцов люпина узколистного, созданных и оцененных с использованием методов традиционной и маркер-сопутствующей селекции по признакам: устойчивость к антракнозу, растрескиваемость бобов, содержание алкалоидов, склонность к яровизации, влагопроницаемость оболочки семян. Приведены основные характеристики нового сорта люпина узколистного Жакей с редуцированным ветвлением, созданного с использованием данных методик. Описываются основные