

УДК 631.527.524.84

НАСЛЕДОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ F₁-F₃ И ВЫДЕЛЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ

М. А. ЛИТАРНАЯ

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 221003, e-mail: malarittaML@mail.ru

(Поступила в редакцию 18.01.2019)

Лен – традиционная для Беларуси культура, однако его производство остается недостаточно эффективным. Частично эту проблему можно решить с помощью селекции, привлекая мировое разнообразие культуры льна-долгунца в селекционный процесс. Так, за последние десятилетия белорусскими селекционерами с помощью гибридизации создано 15 сортов льна-долгунца, 9 из них включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь: Грант, Мара, Маяк, Рубин, Талер и др. В статье представлены результаты исследований гибридного материала, полученного путем межсортовых скрещиваний. Оценку гибридов первого и последующих поколений проводили в сравнении с родительскими формами. В ходе анализа был установлен низкий эффект гетерозиса по всем изучаемым признакам, характер наследования элементов продуктивности в исследуемых гибридных комбинациях проявлялся по-разному – от его отсутствия до сверхдоминирования. Проявление высоких положительных частот и степеней трансгрессии по основным элементам продуктивности позволило выделить источники трансгрессивных форм льна-долгунца для целей практической селекции на повышение качества волокна: Левит 1 x Верас, Ласка x Ритм, Веста x Левит 1, 806/3 x С-108, С-108 x Ритм. Среди изучаемых гибридных комбинаций на более поздних этапах селекционного процесса были выделены перспективные линии на основе следующих комбинаций Левит 1 x Ритм, Левит 1 x Веста, Веста x Ритм, Веста x Ласка, Верас x Левит 1, которые в дальнейшем послужат исходным материалом в селекции на повышение основных хозяйственно-полезных признаков.

Ключевые слова: лен-долгунец, линия, скрещивания, гибрид, урожайность, гетерозис, коэффициент наследования, трансгрессия.

Flax is a traditional culture for Belarus, but its production remains insufficiently effective. Part of this problem can be solved by breeding, attracting the world's diversity of flax culture in the breeding process. So over the past decade, Belarusian breeders using hybridization created 15 varieties of flax, 9 of them are included in the state register of varieties of the Republic of Belarus: Grant, Mara, Mayak, Rubin, Taler, etc. The article presents the results of studies of hybrid material obtained by interbreeding. Evaluation of hybrids of the first and subsequent generations was carried out in comparison with parental forms. The analysis was set to low the effect of heterosis for all studied traits, nature of inheritance of productivity elements in the investigated hybrid combinations manifested themselves in different ways – from its absence to serdolikovaya. The manifestation of high positive frequencies and degrees of transgression on the main elements of productivity allowed us to identify sources of transgressive forms of flax for the purposes of practical selection to improve the quality of fiber: Levit 1 x Veras, Laska x Ritm, Vesta x Levit 1, 806/3 x S-108, S-108 z Ritm. Among the investigated hybrid combinations in the later stages of the breeding process was to identify promising lines on the basis of the following combinations Levit 1 x Ritm, Levit 1 x Vesta, Vesta x Ritm, Vesta x Laska, Veras x Levit 1, which then serve as source material in breeding for the improvement of the basic economic-useful signs.

Key words: flax, line, crossing, hybrid, yield, heterosis, inheritance coefficient, transgression.

Введение

Культура льна-долгунца, интерес к которой снизился в связи с распространением синтетических материалов, в последние годы снова возрождается в связи с тем, что она находит новые области применения. Поскольку лен – традиционная для Беларуси культура, способная сохранить стратегическую и финансовую независимость республики благодаря своей востребованности на внешнем рынке и высокой окупаемости. Дальнейшее развитие льноводства зависит от возможностей увеличения производства конкурентоспособной продукции льна.

Однако, несмотря на все значение льна-долгунца для народного хозяйства Республики Беларусь, производство его остается недостаточно эффективным. Частично эту проблему можно решить с помощью селекции, одной из функций которой является создание высокопродуктивных сортов. За последнее десятилетие белорусскими селекционерами с помощью гибридизации, с последующей оценкой и отбором лучших линий создано 15 сортов льна-долгунца, 9 из них включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь: Грант, Мара, Маяк, Рубин, Талер и другие [8].

Основное направление в селекции льна – создание высокопродуктивных сортов, дающих высокие стабильные урожаи в изменчивых условиях произрастания [1, 7]. Генофонд мировой коллекции *Linum usitatissimum* L. является источником ценных морфологических, биологических

и хозяйственно ценных признаков. Поэтому необходимо вовлечение в селекционную работу образцов льна мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения, разработка методов подбора родительских пар при гибридизации лучших сортов и селекционных номеров. Генетическая рекомбинация в настоящее время является основой селекции, а гибридизация и отбор остаются решающими методами создания новых сортов, с помощью которых создано подавляющее большинство современных сортов льна-долгунца [2,3].

При создании конкурентоспособного сорта основой по-прежнему остается опыт и наблюдательность селекционера. Поэтому нами предприняты попытки проанализировать и определить перспективы использования полученных нами гибридов.

Основная часть

Исследования проводились на опытных полях РУП «Институт льна» в период с 2011 по 2018 годы. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, среднеобеспеченная по содержанию основных элементов питания и гумуса.

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались различным температурным режимом, значительной периодичностью и характером выпадения осадков, что способствовало более объективной оценке коллекционного материала [6].

С целью создания нового исходного материала в 2011 году отобраны образцы льна из коллекции РУП «Институт льна», характеризующиеся высокими показателями урожайности и качества волокна, и проведена гибридизация по диаллельной схеме скрещивания (табл. 1). Популяции гибридов, полученных от парных скрещиваний, изучали в сравнении с родительскими сортами. Гибриды F₁ высевали в луночном питомнике отбора в поле на высоком агротехническом фоне, в выровненных условиях. Посев производили в оптимальные сроки с площадью питания на одно растение 2,5 × 2,5 см². Уборку льна в питомнике проводили в раннюю желтую спелость. К морфологическому анализу растений приступали при достижении соломой воздушно-сухого состояния. При проведении анализа учитывали общую высоту растения, техническую длину стебля, количество коробочек и семян на растении, массу технической части стебля и волокна, содержание волокна в стебле.

Таблица 1. Схема диаллельных скрещиваний (схема 7x7) 2011 год

♀ ♂	Левит 1	С-108	Ритм	Ласка	Веста	806-3	Верас
Левит 1	-	х	х	х	х	х	х
С-108	х	-	х	х	х	х	х
Ритм	х	х	-	х	х	х	х
Ласка	х	х	х	-	х	х	х
Веста	х	х	х	х	-	х	х
806-3	х	х	х	х	х	-	х
Верас	х	х	х	х	х	х	-

Характер наследования признаков и величина гетерозиса у гибридов первого поколения, степень и частоту трансгрессии у гибридов второго поколения, коэффициент наследуемости у гибридов третьего поколения определяли с помощью Microsoft Office Excel 2007, по Б. А. Доспехову [5].

В результате проведенных диаллельных скрещиваний получено 42 комбинации. Общее количество гибридных семян составило 1419 шт., средний процент завязываемости составил 68 %. Полученные семена были посеяны в 2012 году в питомнике F₁, который состоял из 216 номеров, включая родительские формы.

Оценку гибридов F₁ по элементам структуры урожайности и содержанию волокна проводили одновременно с анализом этих же показателей у родительских форм. Из анализируемых комбинаций положительный эффект гетерозиса по признакам «общая высота растений» и «масса волокна» проявили только 5 комбинаций. Положительный эффект гетерозиса по признаку «содержание волокна в стебле» наблюдался в незначительной степени только у трех комбинаций, при этом основным типом наследования всех изучаемых комбинаций является частичное доминирование. В наследовании признака «масса волокна» главную роль играет сверхдоминирование. В целом по всем изучаемым признакам депрессия преобладает над положительным эффектом гетерозиса.

Трансгрессия признаков в селекционной практике встречается достаточно часто и имеет большое практическое значение. В наших исследованиях трансгрессии по всем анализируемым

признакам наблюдались у 80,9 % комбинаций скрещиваний. В остальных комбинациях трансгрессии проявились только по отдельным количественным признакам.

По признакам «общая высота растений» и «техническая длина стебля» степень трансгрессии варьировала от 2,2 % до 20,7 % и от 0,7 % до 19,2 % соответственно. По признаку «общая высота растений» выделены гибриды от скрещивания сортов Верас x Веста, где частота трансгрессий составила 96,4 %.

Признак «количество семян на растении» в исследуемых гибридных комбинациях характеризуется высокими показателями степени проявления трансгрессий ($T_c=12,1-188,5$ %) и частоты проявления положительных трансгрессий ($T_{ч}=14,3-84,2$ %). Выделены гибридные комбинации Веста x Ласка, Ритм x С-108, С-108 x Ласка, Верас x С-108, Верас x Левит 1, Ритм x Веста, Верас x Веста, Ласка x Веста, Левит 1 x Веста, Левит 1 x Верас, Веста x С-108, Верас x 806/3, Ласка x Верас, Веста x 806/3, у которых степень трансгрессии находилась в пределах 103,9–188,5 %.

Анализ трансгрессивной изменчивости признака «вес технической части стебля» показал, что степень и частота проявления положительных трансгрессий этого признака у гибридов F_2 оказались высокими ($T_c=8,2-102,7$ %, $T_{ч}=18,2-89,5$ %).

Основной продукцией, ради которой возделывается лен-долгунец, является волокно, поэтому основное внимание уделяется именно отбору элитных растений с высоким содержанием волокна. Из 42 комбинаций у 85,7 % выявлены положительная степень ($T_c=1,1-23,4$ %) и частота ($T_{ч}=2,9-87,9$ %) проявления трансгрессии по признаку «содержание волокна» в стеблях льна-долгунца. По этому признаку выделена комбинация С-108 x Ритм, у которой степень трансгрессии составила 23,4 %.

В результате исследований выделены гибриды, обладающие высокой степенью и частотой трансгрессии и представляющие ценность в виде источников трансгрессивных форм в последующих поколениях по комплексу ценных признаков.

Статистические методы оценки характера наследуемости ценных признаков являются предпосылкой для подбора родительских форм для скрещивания, поэтому расчет коэффициента наследуемости (h^2) имеет важное значение для этих целей. В селекции обычно используется наследуемость в узком смысле, поскольку она позволяет предсказать результаты селекционной работы. Коэффициент наследуемости характеризует степень передачи селекционного признака от отцовской формы к гибриду.

Для вычисления коэффициента наследуемости в узком смысле использовали однофакторный дисперсионный анализ в гибридном поколении F_3 по показателю «содержание волокна в стебле». Из табл. 2 видно, что наследование содержания волокна на 91–93 % обусловлено передачей признака от отцовской формы гибриду.

Таблица 2. Дисперсионный анализ коэффициента наследуемости по признаку «содержание волокна» у гибридов льна-долгунца (F_3 , 2014 г.)

Комбинация скрещивания	Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт}}$	F_{05}	h^2
Левит 1 x Ритм x Ласка x Веста	Общая	29,45	8	–	–	–	0,93
	Повторений	2,68	2	–	–	–	
	Отцовских форм	25,45	2	12,72	38,43	4,30	
	Ошибки	1,32	4	0,33	–	–	
Ритм x Левит 1 x Веста x Верас	Общая	25,94	8				0,91
	Повторений	1,70	2				
	Отцовских форм	22,80	2	11,40	31,57	4,30	
	Ошибки	1,44	4	0,36			
Ласка x Ритм x Веста	Общая	4,93	5				0,93
	Повторений	0,39	2				
	Отцовских форм	4,33	1	4,33	41,29	12,71	
	Ошибки	0,21	2	0,11			

Минимальная величина коэффициента наследуемости, при которой можно вести успешный отбор, должна составлять 0,50, или 50 %. Если коэффициент наследуемости ниже минимальной величины, то отбор из таких комбинаций рекомендуется начинать с более поздних поколений, чтобы исключить потерю ценных гибридов.

В результате ежегодного изучения и выбраковки худших номеров было отобрано в селекционном питомнике второго года 16 линий, которые в 2018 году были высеяны в питомнике СП 3г. На протяжении всего периода вегетации проводили наблюдения и учет, поэтому некоторые номера были выбракованы как неустойчивые к болезням и полеганию.

По результатам изучения из питомника СП 3г. выделено 9 перспективных высокопродуктивных линий, характеристика которых представлена в табл. 3.

В результате изучения перспективного селекционного материала были выделены линии, которые различаются между собой периодом созревания. Линии 11-4ЛМ_{4.3-1.4-1}, 11-27ЛМ_{1.1-1.2-1}, 11-28ЛМ_{2.2-1.3-1} способны формировать урожай семян и волокна за 86–87 дней, что характеризует их как позднеспелые.

Высота растений у отобранных линий варьировала от 85 см (11-4ЛМ_{2.8-1.3-3}) до 97 см (11-28ЛМ_{2.2-1.3-1}).

Средняя урожайность тресты лучших линий льна-долгунца находилась в пределах 450–680 г/м². Наилучшие показатели урожайности тресты были у номеров СП 3г-34 и СП 3г-37 (630 г/м²), СП 3г-46 (650 г/м²), СП 3г-48 (680 г/м²).

По урожайности общего и длинного волокна выделены номера СП 3г-34, СП 3г-46, СП 3г-48, у которых показатели находились в пределах 206,4–219,8 г/м² и 170,0–190,0 г/м² соответственно.

Таблица 3. Характеристика перспективных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков (СП 3г, 2018 г.)

№ п/п СП 3г	Название сорта, линии	Происхождение	Высота, см	Период вегета- ции, дней	Урожайность, г/м ²				Содержание волокна, %	
					семян	тресты	волокна		обще-го	длин- ного
							обще-го	длин- ного		
	Ярок (ст.)		91	83	41,8	500	154,9	125	30,9	24,9
	Лада (к.)		100	84	69,0	700	212,5	180	30,4	25,7
	Ализэ (к.)		89	85	36,1	545	177,7	145	32,5	26,4
	Талер (к.)		100	87	23,2	630	195,0	170	31,0	27,0
31	11-2ЛМ _{1.6-2.2-1}	Левит 1 х Ритм	93	84	63,4	590	180,2	150	30,5	25,4
34	11-4ЛМ _{2.8-1.3-3}	Левит 1 х Веста	85	85	57,4	630	206,4	170	32,8	27,0
35	11-4ЛМ _{2.8-1.3-5}		91	85	35,2	530	165,2	130	31,2	24,5
37	11-4ЛМ _{4.3-1.4-1}		88	86	52,8	630	188,4	160	29,9	25,4
38	11-8ЛМ _{4.3-4.2-3}	С-108 х Ритм	90	82	41,4	600	182,6	150	30,4	25,0
45	11-27ЛМ _{1.1-1.2-1}	Веста х Ритм	89	86	57,8	520	173,0	130	33,3	25,0
46	11-28ЛМ _{2.2-1.3-1}	Веста х Ласка	97	87	35,8	650	218,0	180	33,5	27,7
47	11-30ЛМ _{5.1-1.2-1}	Веста х Верас	90	84	33,4	450	134,8	110	30,0	24,4
48	11-37ЛМ _{2.6-2.2-1}	Верас х Левит 1	92	82	29,4	680	219,8	190	32,3	27,9
общее среднее			91,9	84,6	44,4	588,8	185,3	153,1	31,4	25,9
НСР ₀₅			4,59	4,23	2,22	29,44	9,26	7,65	1,57	1,29

Все перспективные линии характеризуются высоким содержанием общего волокна, которое находится в пределах 29,9–33,5 %. Наиболее высокое содержание длинного волокна наблюдали у линий 11-4ЛМ_{2.8-1.3-3} (27,0 %), 11-28ЛМ_{2.2-1.3-1} (27,7 %) и 11-37ЛМ_{2.6-2.2-1} (27,9 %).

За последние годы с использования генетических ресурсов льна-долгунца было создано большое количество нового исходного материала. Так, в результате многократного индивидуального отбора из гибридных популяций были выделены перспективные линии 12Х_{6.6-2.3-3}, 80Е_{6.1-2}, 5Ш_{7.1-4.3-6}, 1Э_{4.2-2.6-2} и 18Ю_{1.6-2.7-3-1}, которые стали родоначальниками сортов Грант, Маяк, Мара, Рубин и Талер, обладающие высокими показателями урожайности, качество волокна и устойчивости к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды.

Заключение

Анализ полученных гибридов F₁ показал низкий эффект гетерозиса по комплексу изучаемых признаков. Характер наследования элементов продуктивности в исследуемых гибридных комбинациях зависит от особенностей родительских форм и наследовался по-разному – от его отсутствия до сверхдоминирования. У гибридов F₂ выявлены высокие положительные частота и степень трансгрессии по основным элементам продуктивности, что позволило выделить источники трансгрессивных форм льна-долгунца для целей практической селекции на повышение качества волокна: Левит 1 х Верас, Ласка х Ритм, Веста х Левит 1, 806/3 х С-108, С-108 х Ритм. Наследование признака «содержания волокна в стебле» у гибридов F₃ на 91–93 % обусловлено передачей признака от отцовской формы гибриду. Однако наиболее важное значение в дальнейшей селекционной работе с целью создания высокопродуктивных сортов является отбор линий Левит 1 х Ритм, Левит 1 х Веста, Веста х Ритм, Веста х Ласка, Верас х Левит 1, обладающие комплексом хозяйственно-полезных признаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты селекции и характеристика новых сортов льна-долгунца РУП «Могилевская ОСХОС НАН Беларуси» // П.Р. Хомутовский [и др.] / Льноводство: реалии и перспективы. – Могилев, 2013. – С. 40–43.
2. Сравнительная характеристика сортов льна-долгунца, районированных с 1932 по 2000 гг. / С. И. Кузнецова [и др.] / Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца. – Торжок, 2005. – С. 40–49.
3. G. Salas, W. Friedt, Comparison of pedigree selection and single seed descent for oil yield in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*, 1995. – Vol. 83. – S. 25–32.
4. Марченков, А. Н. Наследование признаков у реципрокных гибридов льна-долгунца / А. Н. Марченков // Тр. ВНИИ льна: Вып. XI. – Торжок, 1973. – С. 35–40.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: «Агропромиздат», 1985. – 351 с.
6. Агрометеорологический бюллетень // ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр»; ред. Н. В. Мельчакова. – Минск, 2018 г.
7. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (*Linum usitatissimum* L.) / И. В. Ущаповский [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Том 51. №5. – С. 602–616.
8. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2017. – С. 37–38.