

УДК 633.854.54:631.527.53

ЦЕННОСТЬ ГЕНОФОНДА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПО ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ И СОЗДАНИЕ НА ЕГО ОСНОВЕ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Т. Г. ТОВСТАНОВСКАЯ, М. Н. ЯГЛО

Институт масличных культур НААН,
пос. Солнечный, Украина, 69093, e-mail: tovstanovskat@gmail.com

(Поступила в редакцию 14.08.2018)

Создание сортов льна масличного различного направления использования, адаптированных к определенным условиям произрастания в значительной степени зависит от наличия, формирования и изученности исходного материала. В засушливых условиях южной Степи Украины была изучена коллекция из 212 образцов льна масличного различного эколого-географического происхождения по десяти хозяйственно ценным признакам, а также коллекция мутантов. В результате исследований выделены 120 источников ценных признаков, из которых: 20 образцов – по раннеспелости (созревание на 5–10 дней раньше стандарта); 14 – высокорослости (превышение стандарта на 16,1–33,4 %); 15 – количеству коробочек на растении и семенной продуктивности (превышение стандарта на 19,4–72,2 % и 29,5–82,1 % соответственно); 13 – количеству семян в коробочке (превышение стандарта на 16,0–28,0 %); 10 – массе 1000 семян (превышение стандарта на 7,7–26,9 %); 21 – высокому содержанию масла (превышение стандарта на 1,3–9,8 %); 18 – повышенному содержанию линоленовой кислоты в масле (превышение стандарта на 5,2–20,2 %); 10 – комплексу ценных хозяйственных признаков. Сформирована и передана в Национальный центр генетических ресурсов растений Украины (г. Харьков) рабочая признаковая коллекция льна масличного из 108 образцов по элементам продуктивности и 10 мутантных образцов с морфологическими маркерными признаками для использования в различных селекционных программах. Создан новый исходный материал, который имеет практическое значение для селекционной работы со льном масличным, и на его основе высокопродуктивные сорта технического назначения, приспособленные к засушливым условиям степной зоны Украины и отвечающие требованиям производства.

Ключевые слова: лен масличный, коллекционный образец, мутантный образец, хозяйственно ценный признак, маркерный признак, источник.

The creation of oil flax varieties of different directions of use, adapted to specific growing conditions, largely depends on the availability, formation and knowledge of the source material. In the arid conditions of the southern Steppe of Ukraine, a collection of 212 samples of oil flax of various ecological and geographical origin was studied according to ten economically valuable traits, as well as a collection of mutants. As a result of the research, 120 sources of valuable traits were identified, of which: 20 samples - by early ripeness (maturation 5–10 days earlier than the standard); 14 - tallness (exceeding the standard by 16.1–33.4%); 15 - the number of bolls on the plant and seed productivity (exceeding the standard by 19.4–72.2% and 29.5–82.1%, respectively); 13 - the number of seeds in the box (exceeding the standard by 16.0–28.0%); 10 - the weight of 1000 seeds (exceeding the standard by 7.7–26.9%); 21 - high oil content (the standard is 1.3–9.8% higher); 18 - increased content of linolenic acid in the oil (exceeding the standard by 5.2–20.2%); 10 - a set of valuable economic traits. We have formed and transferred to the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine (Kharkiv) a working characteristic collection of oil flax from 108 samples according to productivity elements and 10 mutant samples with morphological marker traits for use in various breeding programs. A new source material has been created, which is of practical importance for the selection of oilseed flax, and highly productive varieties on its basis for technical purposes, adapted to the arid conditions of the steppe zone of Ukraine and meeting the requirements of production.

Key words: oil flax, collection sample, mutant sample, economically valuable trait, marker trait, source.

Введение

Широкое разнообразие сфер применения льна масличного требует от селекционеров выведения сортов с различными хозяйственно ценными признаками, соответствующими назначению конечной продукции и адаптированными к определенным условиям произрастания. Решение этого важного научного задания возможно при углубленном и всестороннем изучении генофонда льна масличного и выделения источников ценных хозяйственных признаков для использования в селекции культуры. Изучение мировой коллекции льна масличного проводилось многими зарубежными учеными [1–4]. Однако генетическое разнообразие коллекционного материала льна масличного в условиях южной Степи Украины не изучено и, следовательно, не использовано в достаточной мере.

Наличие маркерных признаков является неотъемлемым компонентом современных коммерческих сортов, что обеспечивает правовую защиту селекционера и повышает эффективность семеноводства льна масличного. В связи с этим целью наших исследований было определение селекционной ценности образцов коллекции льна масличного, выделение источников хозяйственных признаков и создание сортов с маркерными признаками.

Основная часть

Материалом для изучения служили 212 коллекционных образцов, отличающихся эколого-географическим происхождением, биологическими, морфологическими и хозяйственными признаками. Среди них образцы отечественной и зарубежной селекции из 31 страны мира: США – 34 образца, Украина – 32, Россия – 31, Канада – 24, Аргентина – 26, Румыния – 6, Китай – 5, Чехия – 6, Франция – 5, Индия – 5, Марокко – 3, Казахстан – 3, Афганистан – 3, Дагестан – 3, Таджикистан – 2, Узбекистан – 2, Венгрия – 2, Армения – 1, Грузия – 1, Кошгар – 1, Кустанай – 1, Монголия – 1, Перу – 1, Уругвай – 1, Кипр – 1, Сицилия – 1, Венесуэла – 1, Австралия – 1, Германия – 1, Португалия – 1, неизвестного происхождения – 7.

Также изучалась мутантная коллекция, созданная методом индуцированного мутагенеза путем обработки семян γ -лучами и этилметансульфонатом [5].

Изучение коллекционных образцов льна осуществляли в соответствии с международным классификатором СЭВ [6], методическими указаниями по изучению коллекции [7], методикой ВОС [8]. Работа по формированию и изучению мировой географической коллекции и коллекции мутантов в Институте масличных культур НААН ведется с 1997 года. Каждый образец проходил испытания от двух до пяти лет. Структурный анализ осуществляли на 20 типичных для образца растениях. Определяли длину вегетационного периода, измеряли и подсчитывали: общую высоту растений, техническую длину стебля, количество стеблей на растении, количество продуктивных коробочек на растении, количество семян в коробочке, массу 1000 семян, массу семян с растения (семенную продуктивность). Также проводили описание морфологических признаков (окраску венчика, пыльников, семян). Содержание жирных кислот в масле льна определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе «Селмикром-1», содержание масла в семенах – на ЯМР-анализаторе АМВ-1006. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью программы «MSTAT-C».

Дифференциация образцов по продолжительности периода вегетации. Продолжительность периода вегетации (от полных всходов до полного созревания) у коллекционных образцов льна за годы исследований варьировала от 68 до 109 дней. У стандартного сорта она составляла в среднем 88 суток. Большинство коллекционных образцов льна масличного, а именно 48,1 %, были отнесены к среднеспелой группе с продолжительностью периода вегетации в пределах 86–90 суток. Количество образцов очень раннеспелых с продолжительностью периода вегетации 73–82 суток составляло 22,0 %, а группу раннеспелых, с продолжительностью 83–86 суток, сформировали 12,6 % образцов. Позднеспелых образцов (90–93 суток) было 13,4 %, а часть очень позднеспелых образцов (94–101 суток) составляла только 3,9 %.

Особенности природных условий каждой конкретной зоны выращивания требуют подбора сортов с определенным периодом вегетации. Генетическое разнообразие изученной коллекции льна масличного позволяет создавать сорта с разной продолжительностью вегетационного периода.

Для селекции раннеспелых сортов важно иметь исходный материал с сокращенным вегетационным периодом, семенная продуктивность которого была бы не ниже стандартного сорта. В результате скрининга коллекции льна по продолжительности периода вегетации выделено 20 раннеспелых образцов с вегетационным периодом 78–83 суток, которые на протяжении многих лет исследований созревали раньше стандартного сорта на 5–10 суток. Лучшими по семенной продуктивности были раннеспелые образцы UF0401172 (неизвестного происхождения) и UF0402207 (Дагестан), которые, кроме высокой продуктивности, имели также повышенное содержание масла в семенах – 44,6 % и 45,2 % соответственно. Выделенные образцы являются ценным исходным материалом, который можно использовать в селекционных программах как родительские формы для создания сортов с сокращенным периодом вегетации.

Ценность образцов по высоте растений и длине технической части стебля. Поскольку лен масличный выращивается для получения семян, то высота стебля не имеет такого большого значения, как для льна-долгунца. Длина технической части стебля важна в том случае, когда лен выращивается для двухстороннего использования (на масло и волокно). Однако очень большая высота стебля может вызвать полегание растений, что

приведет к потере части урожая и снижению его качества. В то же время слишком короткий стебель (менее 45 см) будет иметь короткое соцветие с меньшим количеством коробочек, что снизит урожай, а также создаст трудности при механизированной уборке и увеличит потери семян.

Так как между высотой растений и технической длиной стебля существует сильная положительная корреляция (0,766) [9], то высокорослые формы коллекции имели также и большую длину технической части стебля.

Высота растений у коллекционных образцов варьировала по годам от 17,6 до 78,1 см. Длина технической части стебля изменялась от 11,1 до 50,9 см. В результате исследований была выделена группа из 14 высокорослых образцов, высота которых составляла 59,8–68,7 см, превышающих стандартный сорт на 16,1–33,4 %. Длина технической части стебля выделенных образцов составляла 36,7–50,7 см при среднем значении этого признака у стандартного сорта 31,7 см. Наибольшая высота растений за годы изучения отмечена у образцов UF0402026 (США) – 68,7 см и UF0402218 (неизвестного происхождения) – 68,3 см, которые превысили стандартный сорт на 33,4 % и 32,6 % соответственно. Источники высокорослости UF0400816 (Россия), UF0402205 (Индия) UF0401827 (неизвестного происхождения) имели также большую массу семян с растения – 0,90–1,05 г. Выделенные образцы можно использовать в гибридизации для создания сортов двойного использования.

Перспективные для селекции генотипы льна масличного по элементам продуктивности растений. Важнейшим требованием к сортам льна масличного является их высокая урожайность. Семенная продуктивность зависит от связанных с ней показателей – количества продуктивных коробочек на растении, количества семян в коробочке, массы 1000 семян.

Количество продуктивных коробочек на растении. В соответствии с международным классификатором СЭВ [6] количество продуктивных коробочек на растении: очень низкое – <3 штук, низкое – 3–5 штук, среднее – 6–10 штук, большое – 11–20 штук, очень большое – >20 штук.

Этот признак отличается значительной изменчивостью, зависит от условий года и колеблется по годам в широких пределах – от 5,2 до 27,8 штук. Однако было выделено 15 образцов, которые за годы исследований в условиях дефицита влаги степной зоны формировали наибольшее количество коробочек – от 17,2 до 24,8 шт. и на 19,4–72,2 % превышали стандартный сорт, у которого этот показатель в среднем составлял 14,4 шт. Наибольшее количество коробочек отмечено у образцов, представленных в табл. 3. Образцы UF0400807 (Россия) и UF0401754 (Украина) характеризовались также и высоким содержанием масла в семенах – 47,6 % и 47,8 % соответственно.

Поскольку признак «количество коробочек на растении» является ведущим в формировании высокой семенной продуктивности [10], то выделенные образцы имели также и большую массу семян с растения – более 1 г. Были выделены образцы, которые стабильно на протяжении многих лет имели повышенную массу семян с растения (1,01–1,42 г) и превышали стандартный сорт на 29,5–82,1 %. Масличность этих образцов составляла 41,9–48,2 % против 44,8 % у стандарта. Этот исходный материал является перспективным для дальнейшей селекционной работы со льном масличным на высокую урожайность (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика лучших коллекционных образцов льна масличного по количеству коробочек и массе семян с растения, 1997–2014 гг.

№ нац. каталога UF04	Название образца	Происхождение	Количество коробочек на растении		Масса семян с растения		ДВП, суток	Масличность, %	Масса 1000 семян, г
			шт.	% к St	г	% к St			
02205	К 7348	Индия	22,8	158,3	1,05	134,6	84	43,2	5,7
02221	К 8055	Канада	22,5	156,3	1,10	141,0	84	45,0	7,5
00807	Легур	Россия	24,5	170,1	1,23	157,7	89	47,6	8,1
01754	14201 Д	Украина	24,8	172,2	1,10	141,0	89	47,8	7,2
01847	Росинка	Россия	22,1	153,5	1,15	147,4	89	43,8	6,4
00808	Південна ніч (St)	Украина	14,4	–	0,78	–	88	44,8	7,8
<i>HCP₀₅</i>			<i>1,9–2,6</i>		<i>0,17–0,21</i>		<i>2,1–3,3</i>	<i>0,36–0,45</i>	<i>0,27–0,31</i>

Количество семян в коробочке. В зависимости от года выращивания показатели этого признака колебались от 4,2 до 9,9 штук семян. Наибольшее количество семян в коробочке (8,7–9,6 шт.) имели 13 образцов, которые превысили стандартный сорт на 16,0–28,0 %, у которого в среднем было 7,5 семян в коробочке. Масса семян с растения у выделенных образцов составляла 0,52–1,43 г, масличность – 41,2–44,9 %. Лучшими по признаку количества семян в коробочке были образцы UF0401172 (неизвестного происхождения) – 9,6 шт. и UF0401760 (США) – 9,5 шт.

Масса 1000 семян. Увеличение размера семян является весьма важным в семеноводстве льна масличного, так как облегчает очистку от сорняков при доработке семян. По данному признаку показатели коллекционных образцов льна масличного по годам изучения изменялись в широких пределах – 3,1–11,2 г. Для селекции на крупносемянность выделено 10 образцов, которые в условиях дефицита влаги степной зоны Украины имели повышенную массу 1000 семян (8,4–9,9 г) и превышали стандартный сорт на 7,7–26,9 %. Выделенные образцы имели массу семян с растения 0,74–1,30 г, масличность – 43,2–50,6 %. Наибольшую массу 1000 семян имели образцы UF0401709 (Индия) – 9,6 г, UF0402030 (Марокко) – 9,9 г и UF0402220 (Канада) – 9,7 г.

Масличность. Одним из основных направлений в селекции льна масличного является создание сортов с высоким содержанием масла в семенах. В наших исследованиях масличность семян коллекционных образцов варьировала от 35,7 до 51,1 %. Для селекции высокомасличных сортов льна можно рекомендовать 21 образец, которые в засушливых условиях степной зоны имели повышенное содержание масла в семенах (в пределах 45,4–49,2 %) и превышали по этому показателю стандартный сорт на 1,3–9,8 %. Лучшими по масличности были образцы UF0401057 (Россия) – 48,8 %, UF0400810 (Россия) – 48,0 %, UF0401897 (Россия) – 49,2 %, UF0401701 (Россия) – 48,2 %. Выделенные образцы характеризовались семенной продуктивностью на уровне 0,53–1,30 г (0,78 г у стандарта), массой 1000 семян 6,4–8,5 г (7,8 г у стандарта).

Содержание линоленовой кислоты в масле. Одним из требований к современным сортам льна является высокое качество масла, характеризующееся большим содержанием полиненасыщенной линоленовой кислоты. Содержание линоленовой кислоты в масле у образцов коллекции по годам колебалось от 48,5 % до 71,1 %. Выделено 18 высоколиноленовых образцов, которые могут быть использованы для создания сортов технического направления. Содержание линоленовой кислоты у них составляло 60,3–69,9 %, превышение стандартного сорта – 5,2–22,0 %. Самое высокое содержание линоленовой кислоты было у образцов UF0402220 (Канада) – 69,9 % и UF0402212 – 68,9 %.

Комплекс хозяйственно ценных признаков. Для создания сорта с определенными характеристиками селекционер выбирает исходный материал, который характеризуется наибольшим комплексом лучших признаков и с помощью гибридизации вносит недостающие свойства в создаваемый генотип. В результате исследований отобрано 10 коллекционных образцов, сочетающих высокие показатели семенной продуктивности (0,84–1,30 г), масличности (45,4–49,2 %), содержания линоленовой кислоты (58,1–66,4 %) (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика образцов льна масличного с высокими показателями комплекса хозяйственно ценных признаков, 1997–2014 гг.

№ нац. каталога UF04	Название образца	Происхождение	ДВП, суток	Высота растения, см	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г	Масличность, %	Содержание линоленовой кислоты, %
01057	Авангард	Россия	86	57,3	0,98	7,3	48,8	59,1
01855	Исилькульский	Россия	87	58,8	1,04	7,7	45,4	58,1
01722	Ренсогуа	Россия	87	55,6	0,84	7,1	47,5	59,1
00813	Небесный	Россия	87	54,3	0,93	8,0	46,8	61,2
01897	Ручеек	Россия	89	52,2	0,88	7,0	49,2	60,3
01701	Северный	Россия	86	54,3	1,30	8,2	48,2	66,4
00807	Легур	Россия	89	56,4	1,23	8,1	47,6	61,6
01754	14201 Д	Украина	89	56,1	1,10	7,2	47,7	61,4
01756	501 (M ₅ T×T)	Украина	88	47,5	1,02	6,8	47,7	63,6
01755	17 Д	Украина	89	46,7	0,97	6,7	47,5	61,4
00808	Південна ніч (St)	Украина	88	51,5	0,78	7,8	44,8	57,3
HCP ₀₅			2,1–3,6	1,3–1,8	0,11–0,20	0,16–0,31	0,47–0,59	0,9–1,1

В результате всестороннего изучения образцов льна масличного в условиях южной Степи Украины сформирована и зарегистрирована в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины (г. Харьков) рабочая признаковая коллекция генофонда льна масличного по элементам продуктивности, включающая 108 образцов. Коллекция рекомендуется для использования в различных селекционных программах.

Методом индуцированного мутагенеза в Институте масличных культур создана коллекция мутантов, большая часть которой представлена в каталоге «Генетическая коллекция вида *Linum usitatissimum* L.» [5] и постоянно пополняется новыми образцами. Коллекция включает ценные генотипы с измененным жирно-кислотным составом масла, а также широким спектром наследуемых изменений нарушения синтеза хлорофилла от стадии семян до взрослого растения, окраски лепестков венчика, формы и размера цветка, пыльников, семян, структуры стебля и листьев, мутации стерильности.

В результате исследований выделено 10 мутантных линий с маркерными признаками цветка, семян, листьев, которые были переданы в Национальный Центр генетических ресурсов растений Украины (г. Харьков). Выделенные мутантные образцы с маркерными признаками можно рекомендовать для включения в селекционный процесс, (табл. 3).

Таблица 3. Мутантные образцы льна масличного с измененными морфологическими признаками

Название образца	Маркерный признак
	Цвет лепестков венчика и пыльников
М 17	фиолетовый венчик
М 18	белый венчик, синие пыльники
М 23	бледно-голубой венчик, кремовые пыльники
М 24	белый венчик, кремовые пыльники
М-31	розовый венчик, кремовые пыльники
	Форма цветка
М 12	звездочкообразная
	Цвет семян
М 24	желтые
М 29-6	пятнистые желто-коричневые
М 29-7	пятнистые желто-оранжевые
	Окраска листьев
М 28	желто-зеленая верхушка растения

С использованием генофонда коллекции льна создано 12 сортов льна масличного, приспособленных к условиям степной зоны Украины и отвечающих требованиям производства. Большинство из них имеют отличительные морфологические маркерные признаки. Так, сорт Дебют создан методом индивидуального отбора из аргентинского образца К 7655, который был выделен из коллекции по раннеспелости. При создании сорта Орфей используемый в качестве родительской формы коллекционный образец Циан (Россия) был выделен как источник высокой масличности, проявивший донорские свойства. Родительскими формами сорта Водограй являются коллекционный образец К 7679 (Аргентина), вовлеченный в скрещивания как источник большого количества коробочек на растении и образец 14201 Д – как источник комплекса признаков (большой массы семян с растения, масличности, содержания линоленовой кислоты в масле). Путем отбора мутантов коллекционного образца Циан (Россия) был создан сорт Айсберг, имеющий два маркерных признака – белый цветок формы «звездочка» и коричневые семена. Новый сорт Вогні Дніпрогеса отличается желто-зеленой окраской растения на протяжении всего вегетационного периода.

Заключение

В результате исследований охарактеризованы 212 образцов географической коллекции льна масличного по хозяйственным признакам в условиях южной Степи Украины. Установлено большое генетическое разнообразие образцов. Выделено 120 источников ценных признаков, которые могут использоваться в селекционных программах различного направления, в частности: 20 образцов – по раннеспелости (созревание на 5–10 дней раньше стандарта); 14 – высокорослости (превышение стандарта на 16,1–33,4 %); 15 – количеству коробочек на растении и семенной продуктивности (превышение стандарта на 19,4–72,2 % и 29,5–82,1 % соответственно); 13 – количеству семян в коробочке (превышение стандарта на 16,0–28,0 %); 10 – массе 1000 семян (превышение стандарта на 7,7–26,9 %); 21 – высокому содержанию масла (превышение стандарта на 1,3–9,8 %); 18 –

повышенному содержанию линоленовой кислоты в масле (превышение стандарта на 5,2–20,2 %); 10 – комплексу ценных хозяйственных признаков.

Сформирована признаковая коллекция льна масличного из 108 образцов по элементам продуктивности растения и мутантная коллекция из 10 образцов с морфологическими маркерными признаками.

Создан новый исходный материал и на его основе сорта льна масличного с маркерными признаками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова, Е. В. Генофонд льна как основа селекционной работы / Е. В. Иванова, Е. Л. Андроник, М. Е. Маслинская // Вестник Белорусской государственной с.-х. академии. – 2014. – №. 4 – С. 86–91.

2. Рожмина, Т. А. Поиск новых источников селекционно-значимых признаков масличного льна в коллекции ВНИИЛ / Т. А. Рожмина, А. А. Жученко, Н. В. Кишляк, Т. С. Киселева // Бюл. науч.-техн. инф. по масл. культурам ВНИИМК. – Вып. 2 (159–160), 2014. – С. 75–81.

3. Лучкина, Т. Н. Изучение мировой коллекции льна как исходного материала для селекции в условиях Ростовской области. / Т. Н. Лучкина // Бюл. науч.-техн. инф. по масл. культурам ВНИИМК. – 2010. – Вып. 2 (144–145) – С. 102–107.

4. Низова, Г. К. Изучение генетической коллекции льна на качество масла / Г. К. Низова, Н. Б. Брач // Аграрная Россия. – 2010. – № 1. – С. 32–35.

5. Лях, В. А. Генетическая коллекция вида *Linum usitatissimum* L. (каталог) / В. А. Лях, Л. Ю. Мищенко, И. А. Полякова. – Запорожье: Институт масличных культур, 2003. – 60 с.

6. Рыкова, Р. Международный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. / Р. Рыкова, С. Кутузова, В. Корнейчук. – Л.: ВИР, 1989. – 37 с.

7. Кутузова, С. Н. Методические указания. Изучение коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / С. Н. Кутузова, А. Г. Питько. – Л.: ВИР, 1988. – 28 с.

8. Методика ВОС. Методика проведения экспертизы сортів льону низького (олійного, кудряшу) (*Linum humile* Mill.) на відмінність, однорідність і стабільність: <http://sops.gov.ua/vos>.

9. Товстановская, Т. Г. Селекційна цінність генофонду льону олійного та створення на його основі вихідного матеріалу для селекції сортів в умовах південного Степу України: дис. ... канд. с.-х. наук:06.01.05 / Т. Г. Товстановська. – Харків, 2016. – 198 с.

10. Товстановская, Т. Г. Продуктивность сортообразцов коллекции льна масличного в зависимости от различного соотношения элементов урожая / Т. Г. Товстановская // Наук.-техн. бюл. Института олійних культур УААН України. – Запоріжжя. – 2000. – Вип. 5. – С.89–97.

11. Сагайдак, Е. А. Вивчення колекції льону олійного з маркерними морфологічними ознаками та господарсько-цінними показниками / Е. А. Сагайдак, М. М. Ягло // Наук.-техн. бюл. НААН України. – Запоріжжя – 2016. – Вип. 23. – С. 96–101.