

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА НА КАЧЕСТВО МАСЛА

Г.К. Низова, Н.Б. Брач

Изучено содержание белка, масла и жирных кислот в семенах 53 линий генетической коллекции льна (*Linum isititissimum* L.) ВИР им. Н.И.Вавилова. Количество белка и масла составило 16-22% и 34-41% соответственно. Выделены высокомасличные образцы. Выявлено внутривидовое разнообразие по содержанию жирных кислот. Обнаружены источники низкого и высокого содержания линолевой и линоленовой кислот, которые можно использовать в селекции для создания сортов с заданными характеристиками масла. Генетическая коллекция льна представляет большое разнообразие по признакам качества.

Введение.

Лен – одна из ценнейших масличных культур. В России до появления подсолнечника в конце XIX века льняное масло наряду с конопляным было основным источником пищевых растительных жиров. В XX столетии как продукт питания оно было незаслуженно забыто и использовалось только для производства олифы и красок. В настоящее время интерес к этому уникальному маслу возрождается во всем мире [1].

За последние 15-20 лет были подробно изучены биохимический состав семян льна, значение для организма человека составляющих их химических соединений и их метаболизм [2,3]. В семенах содержится 35-45% масла, 26-30% белка и 5% слизи, состоящей в основном из углеводов. Обезжиренную муку из семян льна используют как в продуктах питания человека, так и для кормления скота. Различные химические компоненты этой муки благотворно влияют на организм человека. Например, белки и слизь способствуют метаболизму глюкозы и снижают ее уровень в крови. Основным химическим компонентом семян, как по содержанию, так и по его значимости, является масло. Целебные свойства льняного масла определяет высокое содержание в нем биологически активных незаменимых полиненасыщенных жирных кислот: линолевой и линоленовой с двумя и тремя двойными связями, соответственно. Линоленовая кислота относится к группе омега-3 жирных кислот и составляет 50-60% от суммы жирных кислот масла. Наличие трех двойных связей в молекуле линоленовой кислоты обуславливает ее высокую биологическую активность, быстрое высыхание масла и непродолжительный срок его хранения [4].

Именно высокое содержание линоленовой кислоты позволяет делать из льняного масла высококачественные лакокрасочные материалы, специальные антикоррозионные покрытия и линолеум [5]. В основном именно эта кислота определяет лечебные свойства льняного масла. Линоленовая кислота интенсифицирует метаболизм холестерина и выводит его из организма, сокращает риск сердечнососудистых заболеваний, инфаркта миокарда и стабилизирует кровяное давление, снимает спазмы кровеносных сосудов и препятствует образованию тромбов.

В то же время, высокая концентрация линоленовой кислоты обуславливает быстрое окисление (прогоркание) льняного масла. По этой причине оно может храниться не более трех месяцев. Проблема хранения льняного масла решается путем создания мутантов [6], а затем и сортов, содержащих только 2,5% линоленовой кислоты [7,8].

Широкое разнообразие сфер применения семян льна требует от селекционеров выведения сортов с различными биохимическими показателями, соответствующими назначению конечной продукции. Одним из этапов решения этой задачи является выявление внутривидового разнообразия по биохимическим признакам.

В отделе генетических ресурсов масличных и прядильных культур ВИР им. Н.И.Вавилова создана большая генетическая коллекция линий льна различного эколого-географического происхождения [9]. Эти линии представляют широкий спектр изменчивости

по морфологическим и хозяйственно ценным признакам, являясь, таким образом, ценным материалом для изучения внутривидового разнообразия, проведения генетических исследований, а также исходным материалом для различных направлений селекции, в том числе на качество. Большой теоретический и практический интерес в этой связи представляют сведения по биохимическому составу семян линий генетической коллекции. В данной работе была поставлена задача изучить содержание масла и белка, а также жирнокислотный состав масла семян линий из генколлекции льна ВИР с целью выделения перспективного исходного материала для селекции.

Материал и методы

Материалом для данного исследования послужили 53 линии генетической коллекции (гк) льна (*Linum isitativissimum* L.) ВИР им. Н.И.Вавилова. Для анализ отобраны семена, выращенные в 90-е годы на полях Пушкинского филиала ВИР (Санкт-Петербург). Лабораторные исследования проводились в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР. Содержание белка и масла определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе Informatic 8620 (Швеция). Калибровочная кривая для определения белка построена по методу Кьельдаля (на приборе Kjeltac Auto 1030 Analyzer), для масла – по массе обезжиренного остатка (в аппарате Сокслета). Жирнокислотный состав масла определяли методом газожидкостной хроматографии метиловых эфиров на хроматографе "Chrom 5" (ЧССР) [10].

Результаты и обсуждение

Результаты наших исследований показали, что линии генколлекции льна ВИР характеризуются относительно широкой амплитудой изменчивости по содержанию масла и белка. В среднем за два изучения года количество масла в условиях Ленинградской области колебалось от 34,7 до 41,6% и белка (Nx5.5) от 15,7 до 23,0% (табл.1).

Таблица 1. Изменчивость содержания белка, масла и жирных кислот в семенах генетической коллекции льна (Пушкин, 1990-2000гг.)

Показатели	Колебания	Среднее
Белок (Nx5,5),%	15,7 – 23,0	19,7 ± 0,18
Масло, %	34,2 – 41,6	36,8 ± 0,19
Жирные кислоты, % от суммы		
Пальмитиновая кислота (С 16:0)	3,5 – 6,5	4,9 ± 0,09
Стеариновая кислота (С 18:0)	1,3 – 5,3	2,9 ± 0,12
Олеиновая кислота (С 18:1)	10,7 – 29,9	17,1 ± 0,58
Линолевая кислота (С 18:2)	11,0 – 19,6	14,9 ± 0,26
Линоленовая кислота (С 18:3)	47,5 – 68,1	60,2 ± 0,59
Сумма полиненасыщенных кислот	63,5 – 81,5	75,1 ± 0,57

В таблицах 2 и 3 представлены линии льна наиболее контрастные по проявлению описываемых признаков. Максимальная изменчивость содержания белка у линий, выращенных в один год, составила 4,3%. Различия по годам у одного и того же образца достигали 2%. Наименьшее содержание белка имела линия гк173 – 15,7% и 16,7% в 1999 и 2000гг., соответственно. Стабильно превышали 21% содержания белка линии: гк22, гк91, гк124 и гк258 (табл. 2, 4).

Таблица 2. Линии генетической коллекции (гк) льна контрастные по содержанию белка и масла (Пушкин, 1990-2000гг.)

Название линии	Происхождение линии	Характеристика линии
----------------	---------------------	----------------------

ВИР гк173	л-1 из и-548145 (Германия)	Низкое содержание белка
ВИР гк2	л-1 из к-48 (Россия)	Высокое содержание белка
ВИР гк22	л-3-2 из к-562 (Россия)	-"
ВИР гк91	л-1 из к-5522 (Россия)	-"
ВИР гк124	л-1 из к-6284 (Сев. Ирландия)	-"
ВИР гк258	ВИР101 Россия	-"
ВИР гк130	л-1 из к-6577 (Чехия)	Низкое содержание масла
ВИР гк141	л-1 из к-6815 (Россия)	-"
ВИР гк176	л-1 из (л-1 из к-6815 х л-4 из к-5896) (Россия)	-"
ВИР гк258	ВИР101 (Россия)	-"
ВИР гк259	ВИР102 (Россия)	-"
ВИР гк129	л-2 из к-6392 (США)	Высокое содержание масла
ВИР гк173	л-1 из и-548145 (Германия)	-"
ВИР гк257	л-1 из к-6968 (Германия)	-"

Таблица 3. Линии генетической коллекции льна (гк) контрастные по содержанию олеиновой, линолевой и линоленовой кислот в масле семян (Пушкин, 1990-2000гг.)

Название линии	Происхождение линии	Жирные кислоты
		Олеиновая кислота
ВИР гк103	л-4 из к-5896 (Нидерланды)	Низкое содержание
ВИР гк173	л-1 из и-548145 (Германия)	-"
ВИР гк22	л-3-2 из к-562 (Россия)	Высокое содержание
ВИР гк79	л-1-2 из к-5408 (Россия)	-"
		Линолевая кислота
ВИР гк22	л-3-2 из к-562 (Россия)	Низкое содержание
ВИР гк79	л-1-2 из к-5408 (Россия)	-"
ВИР гк122	л-3-2 из к-6272 (Сев. Ирландия)	-"
ВИР гк141	л-1 из к-6815 (Россия)	Высокое содержание
ВИР гк159	л-1-1 из к-7659 (Германия)	-"
ВИР гк173	л-1 из и-548145 (Германия)	-"
		Линоленовая кислота
ВИР гк119	л-2-3 из к-6210 (Индия)	Низкое содержание
ВИР гк122	л-3-2 из к-6272 (Сев. Ирландия)	Высокое содержание
ВИР гк136	л-1 из к-6634 (Чехословакия)	-"
ВИР гк160	л-2-1 из к-7659 (Германия)	-"
ВИР гк161	л-1 из к-7679 (Аргентина)	-"

Максимальный размах изменчивости по содержанию масла в семенах наблюдали в 1999г., когда он составил 6,2%. Больше всего масла содержали линии: гк129 (41,6%), гк257 (40,3%), гк173 (40,1%), гк159 (39,8%), гк67 (39,5%) и гк136 (39,3%). Меньше 35% масла содержала высокобелковая линия гк258 (табл. 2, 4).

Таблица 4. Содержания белка, масла и жирных кислот (среднее за 2 года) в семенах линий генетической коллекции льна (Пушкин, 1990-2000гг.)

№ гк	Линии генетической коллекции ВИР	Белок, %	Масло, %	Жирные кислоты, % от суммы					
				С 16:0	С 18:0	С 18:1	С 18:2	С 18:3	ΣС18:2 +С18:3
2	Л-1из к-48, селекции Альтгаузена	21,7	35,5	4,8	2,6	19,2	15,1	58,4	73,5
22	Л-3-2 из к-562,	22,0	34,9	4,1	2,5	26,0	11,8	55,8	67,5

32	Псковский кряж *Л-2-1 из к-716, Псковский кряж	18,6	38,7	4,6	2,5	15,7	15,3	61,9	77,2
41	*Л-1-4 из к-867, Вотский кряж	21,1	36,8	4,2	4,2	17,2	14,9	59,5	74,4
54	Л-5 из к-1507, Вятская губ.	18,1	38,4	3,9	1,8	14,4	15,4	63,1	78,5
65	Л-3 из к-3178, Тверская губ.	19,7	36,0	4,4	3,4	17,2	16,9	58,2	75,1
79	Л-1-2 из к-5408, Печерский кряж	20,9	34,9	4,5	2,5	27,4	11,6	54,7	65,7
91	*Л-1 из к-5522, Палкинский кряж	23,0	34,8	4,4	2,6	23,9	14,9	54,2	69,1
100	Л-1-2-1-2 из к- 5821, Karnobat 5, Венгрия	17,4	38,0	5,9	3,2	15,9	13,3	61,9	75,1
103	Л-4 из к-5896, Lin N 225, Нидерланды	17,7	38,8	5,4	3,2	12,1	14,1	65,3	78,0
109	Л-3-2 из к-6099, Masovi M.A.G. Аргентина	20,5	35,4	4,0	2,2	16,3	16,2	61,5	77,6
115	*Л-1 из к-6148, Кру пносемянный Р-9	19,3	36,8	5,1	3,4	12,0	13,5	66,0	79,5
119	*Л-2-3 из к-6210, NP (RR)38, Индия	19,1	36,7	5,2	3,6	24,4	19,3	47,5	66,8
121	*Л-1-1 из к-6272, <i>L. dominion</i> , Ирландия	20,2	36,9	4,3	3,4	17,8	15,8	58,7	74,5
122	Л-3-2 к-6272, <i>L. dominion</i> , Ирландия	19,3	36,4	5,4	2,5	13,9	11,8	66,3	78,0
123	*Л-1 из к-6273, L. Duke, Ирландия	17,8	38,2	5,4	2,8	15,9	14,4	61,5	75,9
124	Л-1 из к-6284, Stormont Motley, Ирландия	22,4	36,2	3,6	2,6	19,4	16,0	58,5	74,5
125	*Л-5-1 из к-6296, Koto, США	18,1	38,0	4,9	3,7	17,9	14,9	58,6	73,5
128	*Л-7-1 из к-6307, Victory, США	18,2	39,2	5,1	2,8	14,8	13,3	64,0	77,3
129	*Л-2 из к-6392, Bolley Golden, Нидерланды	17,0	41,6	5,4	3,4	14,0	14,4	62,8	77,2
130	Л-1 из к-6577, Medra, Чехословакия	19,6	35,2	4,6	2,6	16,3	14,5	62,2	76,6
136	Л-1 из к-6634, Mermilloid, Чехословакия	18,4	39,3	5,5	3,4	11,9	14,0	65,4	79,3
137	*Л-1 из к-6645, Modzuron,	18,8	37,1	5,6	2,2	12,7	14,0	65,5	79,5

141	Чехословакия Л-1 из к-6815, К-6, Россия	21,2	35,0	5,0	3,5	19,8	18,6	53,3	71,8
143	Л-1 из к-6917, Versailles (47-4), Франция	20,0	37,3	4,5	2,3	14,7	15,8	62,8	78,6
146	*Л-1-1 из к-6988, Франция	18,7	39,4	5,4	3,1	17,4	16,7	57,4	74,1
151	*Л-2 из к-7003, Polk CI-1191, Венесуэла	20,7	38,9	5,7	2,7	15,6	12,9	63,1	76,0
159	Л-1-1 из к-7659, Bionda, Германия	18,1	39,8	4,7	2,2	14,4	17,7	61,2	78,8
160	Л-2-1 из к-7659, Bionda, Германия	17,4	37,5	4,8	2,8	13,1	16,0	63,4	79,4
161	*Л-1 из к-7679, Buenos Aires 106, Аргентина	18,5	39,3	5,6	2,3	14,6	12,6	64,9	77,5
173	Л-1 из и-8145, 48254 Ottawa 2152, Германия	16,2	40,1	5,1	3,1	12,6	17,7	61,6	79,3
174	*Л-1 х инт.№ 549589, Швеция	19,9	37,7	5,9	4,4	17,5	13,7	58,5	72,2
176	Л-1 (л-1 из к-6815 Х л-4 из к-5896)	20,3	35,2	6,0	3,8	21,4	15,0	53,9	68,9
257	Л-1 из к- 6968, Vitagold, Германия	18,8	40,3	5,4	2,9	16,3	15,1	60,5	75,5
258	ВИР 101, л-1 к-48 Х л-1 к-512, донор скороспелости, Россия	21,4	34,4	4,7	2,8	23,5	13,2	55,8	69,0
259	ВИР 102, л-1 из к- -48 х л-1 из к-512, донор скороспе- лости, Россия	21,2	35,0	4,5	2,7	21,7	14,8	56,5	71,2

* - данные за один год

Преобладающей жирной кислотой масла льна, как было сказано, является линоленовая кислота, содержание которой варьировало в очень широких пределах от 47,5% до 68,1%. Большой изменчивостью по содержанию характеризовались и другие жирные кислоты масла льна: пальмитиновая кислота (3,5 – 6,5%), стеариновая (1,3 – 5,3%), олеиновая (10,7 – 29,9%), линолевая (11,0 – 19,6%) (табл. 1).

Изменчивость по содержанию пальмитиновой кислоты (С 16:0) в масле линий по нашим данным составила 3%. Наименьшее содержание ее было у линии гк124 – 3,6%, а наибольшее – у линий гк100 и гк176 – 5,9 и 6,0% соответственно (табл. 3, 4). Содержание стеариновой кислоты (С 18:0) варьировало от 1,3 до 4,3%. Различия по годам для одной и той же линии достигали 2%.

Изменчивость по содержанию олеиновой кислоты (С 18:1) в масле линий составил 8,7% в 2000г. Наибольшее ее содержание (25-29%) имели линии гк22 и гк79. (табл. 3, 4.). У Линий гк103 и Гк173 минимальное количество олеиновой кислоты – 11-13%.

Содержание линолевой кислоты (С 18:2) составляло 17-19% у линий гк141, гк159 и низкоолеиновой линии гк173 и 11-12% у линии гк122, а также у линий гк22 и гк79, имевших большое количество олеиновой кислоты (табл. 3, 4).

Более 65% линоленовой кислоты содержится у линий гк122 (с низким уровнем линолевой кислоты) и гк115 и гк136. В генетической коллекции была выявлена линия гк119 с относительно низким количеством линоленовой кислоты – 47,5% (табл.4).

Высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот линолевой и линоленовой делают льняное масло ценным техническим сырьем. У многих образцов генетической коллекции льна сумма полиненасыщенных кислот по нашим данным составила более 75%. Особенно высокое содержание суммы этих кислот – выше 79% наблюдалось у линий гк115, гк136, гк137, гк160 и гк173 (табл.4).

Заключение

Полученные нами данные основных биохимических признаков качества семян льна оказалась в пределах разнообразия изученных линий довольно стабильными (у некоторых варьирование по годам было сравнимо с генотипическими различиями). Тем не менее, удалось выявить определенный уровень изменчивости по содержанию олеиновой, линолевой и линоленовой кислот. Обнаруженные формы (линии) можно рассматривать как источники низкого и высокого содержания этих кислот в селекции сортов с заданными характеристиками масла. Из генколлекции льна выделены высокомасличные линии. Изучение генетической коллекции льна ВИР подтвердило, что она является ценным генетическим материалом на качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масличные культуры для пищевого использования в России (проблемы селекции, сортимент) // Под ред. С.Н.Кутузовой. – СПб.: ВИР, 1998.–80 с.
2. Cunnane S., Thompson L.U. Flax seed in human nutrition //AOCS Press, Champaign, USA, 1995.
3. Oomah B.D., Mazza G. Flaxseed proteins—a review // *Food chemistry*. – 1993. –V.48. – P.109-114
4. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 775. Лен (Характеристика образцов по биохимическим показателям). – СПб.: ВИР, 2006.– 80с.
5. Green A.G., Marshall D.R. Isolation of induced mutants of linseed (*Linum usitatissimum* L.) having reduced linolenic acid content // *Euphytic*. – 1984. – V.33. – P.321-328
6. Brutch N.B., Kutuzova S.N. *Linum usitatissimum* as a useful plant for people // *Melhoramento*. – 1999. – V. 36. – P. 176-182.
7. Dribnenki J.C.P., Green A.G. LinolaTM 947 low linolenic acid flax // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1995. – V.75. – №1. – P.201-202.
8. Dribnenki J.C.P., Green A.G., Atlin G.N. LinolaTM 989 low linolenic acid flax // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1996. – V.76. – №2. – P.329-331.
9. Брач Н.Б., Пороховинова Е.А., Кутузова С.Н. Лен // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб.: ВИР, 2005. – С.303-329.
10. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимических исследований растений // Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат., 1987. – 430 с.

Низова Г. К., канд. биол. наук;

Брач Н.Б., д-р. с.-х. наук;

Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА НА КАЧЕСТВО МАСЛА

Г.К. Низова, Н.Б. Брач

Изучено содержание белка, масла и жирных кислот в семенах 53 линий генетической коллекции льна (*Linum isitatisimum* L.) ВИР им. Н.И.Вавилова. Количество белка и масла составило 16-22% и 34-41% соответственно. Выделены высокомасличные образцы. Выявлено внутривидовое разнообразие по содержанию жирных кислот. Обнаружены источники низкого и высокого содержания линолевой и линоленовой кислот, которые можно использовать в селекции для создания сортов с заданными характеристиками масла. Генетическая коллекция льна представляет большое разнообразие по признакам качества

Key words: Genetic collection of flax; protein, oil and fatty acids contents in seeds

Ключевые слова: Генетическая коллекция льна; содержание белка, масла и жирных кислот в масле семян.

STUDYING OF THE N.I.VAVILOV INSTITUTE FLAX GENETIC COLLECTION ON OIL QUALITY

G.K.Nizova, N.B. Brach

All-Russian N.I.Vavilov Institute of Plant Industry

Protein, oil and fatty acids contents in seeds of 53 lines of N.I.Vavilov Institute genetic collection of flax (*Linum isitatisimum* L.) was studied. The quantity of protein and oil has made 16-22 % and 34-41 % accordingly. High-oil accessions are allocated. An intra-specific variety on fatty acids contents is revealed. Sources of the low and high contents linoleic and linolenic acids for selection were found out. The genetic collection of flax represents a broad variety to attributes of quality