

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯН ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ ЛЬНА

И.А. Полякова¹, кандидат биологических наук
В.И. Левченко², заведующая лабораторией
В.А. Поляков², аспирант
В.А. Лях¹, доктор биологических наук

¹Запорожский национальный университет,
Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковского, 66
Тел.: +380986784063
E-mail: Ira.Linum@mail.ru

²Институт масличных культур НААН
Украина, 70417, Запорожская область, Запорож-
ский р-н,
пос. Солнечный, ул. Институтская, 1

Для цитирования: Полякова И.А., Левченко В.И.,
Поляков В.А., Лях В.А. Особенности биохимического
состава семян дикорастущих видов льна // Мас-
личные культуры. Научно-технический бюллетень
Всероссийского научно-исследовательского инсти-
тута масличных культур. – 2015. – Вып. 2 (162). –
С. 34–39.

Ключевые слова: *Linum*, дикие виды, содер-
жание белка, масличность, жирно-кислотный со-
став масла.

Представлены результаты изучения биохими-
ческого состава семян и их массы у 11 диких ви-
дов льна – *L. austriacum*, *L. hirsutum*, *L. nar-
bonense*, *L. perenne*, *L. thracicum*, *L. angustifolium*,
L. bienne, *L. hispanicum*, *L. crepitans*, *L. grandiflorum*,
L. pubescens. Проведено сравнение этих
видов с культурным льном по содержанию белка,
масличности, жирно-кислотному составу масла и
массе 1000 семян. Показатели масличности изуча-
емых видов находились в пределах 24,6–41,2 %, что существенно ниже, чем у льна масличного. У всех видов значительно меньше была и масса 1000 семян. По содержанию белка лишь *L. thracicum* был на уровне культурного вида, тогда как остальные значительно уступали ему. Выявлено, что в целом все изучаемые дикие виды имели жирно-кислотный состав масла, характерный для линум-типа. Показано варьирование содержания жирных кислот в масле и отмечено, что многолетние виды отличаются от однолетних меньшим содержанием насыщенных жирных кислот. Исследованиями

установлено, что по сравнению с культурным льном *L. hispanicum* отличается повышенным содержанием в масле насыщенных кислот, *L. grandiflorum* – олеиновой, а *L. thracicum* – линолевой кислот. Это открывает перспективы более широкого использования диких видов в генетико-селекционной работе по созданию специализированных сортов льна.

UDC 582.751.4:581.134

Properties of a biochemical composition of wild flax seeds.

I.A. Polyakova¹, candidate of biology
V.I. Levchenko², head of the laboratory
V.A. Polyakov², postgraduate student
V.A. Lyakh¹, doctor of biology

¹Zaporizhzhya National University,
66, Zhukovsky str., Zaporizhzhya, 69600, Ukraine
Tel.: +380986784063
ira.linum@mail.ru

²Institute of oil crops NAAS,
1, Institutska str., Solnechny, Zaporizhzhya region,
Zaporizhzhya oblast, 70417, Ukraine

Key words: *Linum*, wild species, protein content, oil content, fatty-acid composition of oil.

There was studied the biochemical composition of seeds and seed weights of 11 wild flax species: *L. austriacum*, *L. hirsutum*, *L. narbonense*, *L. perenne*, *L. thracicum*, *L. angustifolium*, *L. bienne*, *L. hispanicum*, *L. crepitans*, *L. grandiflorum*, *L. pubescens*. The wild species were compared with the cultivated flax on protein content, oil content, fatty-acid composition of oil and 1000 seeds weight. Indicators of oil content of the studied species were within 24.6–41.2%, which was significantly lower than those ones of oil flax varieties. All wild species had significantly lower 1000 seeds weight. Only *L. thracicum* was on the same level with cultivated flax in protein content, while other species were inferior to it. This study showed that, generally, all studied wild had fatty-acid composition of oil typical for *Linum*-type. Variation in contents of fatty acids in oil is shown and it is noted that perennial species differ from annual in lower content of saturated fatty acids. Study showed that, compared with the cultured flax, *L. hispanicum* differs with increased content of saturated fatty acids in oil, *L. grandiflorum* – with increased content of oleic acid and *L. thracicum* – with increased content of linoleic acid. This fact offers the prospect of a greater use of wild species in the genetic and breeding work on development of specialized varieties of flax.

Введение. Дикорастущие родичи культурных растений – это эволюционно-генетически близкие к культурным расте-

ниям виды естественной флоры, входящие в один род с культурными растениями, потенциально пригодные для введения в культуру. Произрастая в определенных, в т.ч. неблагоприятных условиях среды, они приобретают комплекс адаптивных признаков и вместе с культурными растениями входят в состав растительных ресурсов, составляя основное богатство каждой страны [1]. На 22-й конференции ФАО была принята резолюция, в которой подчеркивалась необходимость сбора, оценки и сохранения зародышевой плазмы растений в масштабе земного шара [2]. Поэтому изучение генетически ценных видов, перспективных для доместикации, становится все более актуальным.

Несмотря на большое разнообразие внутри рода *Linum* L., включающем от 100 до 200 видов [3; 4], культурным видом льна является только *Linum usitatissimum* L., подвидом которого, по мнению ряда авторов [3; 4; 5], считается *Linum humile* Mill. (лен масличный). Хотя, на наш взгляд, ряд диких видов вполне мог бы дополнить уже существующую группу культурных растений.

Издавна семя льна входит в Фармакопеи России и многих других стран мира. В народной медицине оно применяется как компонент целого ряда лечебных средств различного назначения [5]. За последние 15–20 лет были подробно изучены биохимический состав семян культурного льна и значение для организма человека составляющих его химических соединений. Благодаря этим исследованиям семена льна все шире стали использовать в продовольственных, диетических и лечебных целях. Это обусловлено тем, что был выявлен целый ряд биологических компонентов льняного семени, благотворно влияющих на здоровье человека, таких как высокое содержание альфа-линоленовой кислоты и диетической клетчатки – микроволокон; наличие природных лигнанов и др. Развитые страны еще в 80-е годы прошлого столетия пришли к пониманию важности «функционального питания» и поэтому

уделяют особое внимание применению льняного масла [5].

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. К сожалению, в селекционных программах льна используется достаточно ограниченное разнообразие культуры и перспективы улучшения качества масла решающим образом зависят от расширения генетической основы исходного материала для селекции. В этом аспекте привлечение через межвидовую гибридизацию диких видов, отличающихся значительным разнообразием многих признаков, является весьма актуальным направлением.

Большой теоретический и практический интерес в этой связи представляют сведения по биохимическому составу семян диких видов льна. В данной работе была поставлена задача изучения содержания масла и белка, а также жирнокислотного состава масла у однолетних и многолетних видов из генколлекции льна Запорожского национального университета, с целью выделения перспективного исходного материала для дальнейшей селекционной работы и доместикации.

Материалы и методы. Для изучения биохимических показателей семян нами были проанализированы 11 диких видов льна. А именно: многолетние виды – *L. austriacum* L., *L. hirsutum* L., *L. narbonense* L., *L. perenne* L., *L. thracicum* Degen; однолетние виды – *L. angustifolium* Huds., *L. bienne* Mill., *L. hispanicum* Mill., *L. crepitans* (Boenn.) Dumort, *L. grandiflorum* Desf., *L. pubescens*, и один генотип льна масличного (*L. humile*); сорт Пивденна нич использовали в качестве контроля. Коллекция диких видов льна поддерживается на опытных участках кафедры садово-паркового хозяйства и генетики растений Запорожского национального универси-

тата. Оценка биохимического состава проводилась на семенах урожая 2011–2014 гг.

Все измерения и наблюдения при изучении образцов проведены в соответствии с общепринятыми методиками [6], определение масличности семян образцов льна – согласно «ГОСТ 10857-64. Семена масличные. Методы определения масличности»; жирно-кислотный состав триглицеридов семян определялся методом газожидкостной хроматографии на приборе «НР-6980», азот – по Кьельдалю, математическую обработку проводили по общепринятым методикам статистической обработки экспериментальных данных.

Результаты и обсуждение. Коллекция диких видов льна собирается и поддерживается нами в течение многих лет. Большая часть образцов первоначально была получена из ВИР и ВНИИЛ. Образец семян *L. pubescens* приобретен в «Vejo Zaden B.V.», а виды *L. austriacum* и *L. hirsutum*, являются аборигенными для южной части степи Украины, где проводились данные исследования. Семена и вегетирующие растения данных видов были собраны *in situ*, перенесены на опытные участки и в течение ряда лет подробно изучались в условиях *ex situ* [7; 8].

Как указывает Жученко А.А., семя льна содержит: жиров – 41 %, диетической клетчатки – 28 %, протеина – 21 %, углеводов – 6 % (сахара, ароматические кислоты, лигнин и гемицеллюлоза) и 4 % золы. При этом состав льняного семени может значительно варьировать в зависимости от вида, сорта и генотипа [5].

Результаты наших исследований показали, что образцы коллекции диких видов льна характеризуются относительно широкой амплитудой изменчивости по содержанию масла и белка (табл. 1). Так,

содержание белка находится в диапазоне 16–26 %. Наименьшее количество выявлено у *L. narbonense*, а наибольшее – у *L. thracicum*. Если сравнивать изучаемые виды с культурным льном, то у большинства диких видов содержание белка в семенах существенно ниже, чем у *L. humile*. Исключение составляет только *L. thracicum*, у которого этот показатель на уровне культурного вида.

Как известно, белки семян льна характеризуются высокой биологической пищевой ценностью, которая зависит от количества и соотношения незаменимых аминокислот. При сравнении белков семян льна с эталоном (стандарт ФАО) был сделан вывод о том, что лен может стать ценным резервом белка. Дефицитными в нем являются лишь лизин и метионин. Пищевая ценность белка семян льна в балльной оценке (казеин принят за 100) оценивается в 92 единицы. Низкомолекулярный белок из семян льна – хирудин – обуславливает сильную противотромбовую активность, а циклический нанопептид циклоинопептид В характеризуется сильным иммуноподавляющим действием. Именно поэтому в последние годы семена льна все больше используются в качестве добавок в хлебопечении и при приготовлении других продуктов диетического питания [3].

Содержание масла в семенах – важнейший показатель для льна. В семенах современных коммерческих сортов льна масличного содержится до 50 % масла. Дикие виды льна содержат существенно меньше масла в семенах – от 24 до 41 %. Все изученные нами дикие виды содержали также существенно меньше масла в семенах, чем лен масличный. Ближе всего по данному показателю стоит *L. crepitans*, который имеет более 41 % масла. Такие показатели масличности семян характерны для селекционного материала куль-

турного льна и отдельных сортов иностранной селекции. Поэтому вид *L. crepitans*, на наш взгляд, можно отнести к ценному материалу для включения в межвидовую гибридизацию.

Таблица 1

Изменчивость биохимических показателей семян и их массы у диких и культурного видов льна

ЗНУ, ИМК, 2011–2014 гг.

№№ п/п	Вид	Масса 1000 шт., г	Содержание, %	
			белка	масла
Многолетние виды				
1	<i>Linum austriacum</i>	1,40	18,13	32,04
2	<i>Linum hirsutum</i>	0,66	22,44	24,62
3	<i>Linum narbonense</i>	1,22	16,85	34,85
4	<i>Linum perenne</i>	1,52	20,05	26,90
5	<i>Linum thracicum</i>	0,87	25,80	33,20
Однолетние виды				
6	<i>Linum angustifolium</i>	1,61	22,62	32,42
7	<i>Linum bienne</i>	1,69	23,61	33,12
8	<i>Linum crepitans</i>	5,13	23,35	41,16
9	<i>Linum hispanicum</i>	1,18	19,83	25,19
10	<i>Linum grandiflorum</i>	2,93	21,08	26,53
11	<i>Linum pubescens</i>	0,62	24,72	34,76
12	<i>Linum humile</i> *	7,50	25,42	44,52
	НСР ₀₅	0,11	0,80	1,50

Характерной особенностью семян льна является содержание масла во всех частях семени. А такие большие различия по масличности между разными видами, вероятно, обусловлены разным соотношением тканей в семенах разных генотипов. Согласно детальному анализу проведенных ранее исследований отечественных и зарубежных авторов по содержанию масла в разных частях и тканях семян культурного льна, приведенному А.Б. Дьяковым в монографии [9], установлено, что основная часть из общей массы содержащегося в семени льна масла – 74 %, находится в семядолях; 4,4 – в оси зародыша и 21,6 % – в эндосперме с оболочкой, а масличность этих частей семени составила 51,0; 44,9 и 22,0 % соответственно.

По нашим наблюдениям, в целом многолетние виды отличаются от однолетних меньшим содержанием как белка, так и масла. Вероятно, это связано со значительно меньшими размерами семян. При малом размере семян доля ядра уменьша-

ется, при этом увеличивается доля семенной оболочки и потому усредненная масличность тканей семени снижается. К подобному выводу при изучении семян культурного льна пришли и другие исследователи. Отмечено, что генотипическая изменчивость масличности семян льна может быть связана с крупностью, и обусловлено это увеличением поверхности по отношению к массе при уменьшении размеров (цит. по А.Б. Дьякову, 2006). Из результатов таблицы 1 видно, что все изучаемые дикие виды льна характеризуются мелкими семенами с массой 0,6–5,0 г. Так, у *L. pubescens*, *L. hirsutum* и *L. thracicum* данный показатель меньше 1 г. Более крупные семена имеют виды *L. crepitans* и *L. grandiflorum*, но и они существенно меньше по размерам, чем семена культурного льна.

Жирно-кислотный состав триглицеридов семян достаточно постоянен для каждого вида растений. В наших исследованиях все изучаемые дикие виды имели жирно-кислотный состав масла в целом характерный для вида *Linum* (табл. 2). Известно, что преобладающей жирной кислотой масла культурного льна является линоленовая, а ее содержание в коммерческих сортах варьирует в достаточно широких пределах – от 47 до 71 % и даже более. Благодаря этой специфической особенности жирно-кислотного состава масла лен выделен в особый линум-тип [9]. Содержание же насыщенных жирных кислот – пальмитиновой (С16:0) и стеариновой (С18:0), в отличие от ненасыщенных олеиновой (С18:1), линолевой (С18:2) и линоленовой (С18:3), находится в пределах 4–6 % каждая.

У диких видов данный показатель существенно отличается и варьирует от 2,8 до 7,8 % у пальмитиновой и от 2,8 до 7,5 % у стеариновой кислот. Большой изменчивостью по содержанию характеризовались и другие жирные кислоты: олеиновая (12–24 %) и линолевая (11–59 %) (табл. 2).

При этом в селекционных линиях и коммерческих сортах масличного льна содержание линолевой кислоты находится на уровне 10–15 %.

Таблица 2

Изменчивость содержания жирных кислот в семенах диких и культурного видов льна

ЗНУ, ИМК, 2011–2014 гг.

Генотип	Жирно-кислотный состав, %				
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	18:3
Многолетние виды					
<i>L. austriacum</i>	3,52	1,53	19,35	20,07	55,53
<i>L. hirsutum</i>	2,78	0,83	12,24	20,78	63,37
<i>L. narbonense</i>	3,40	0,97	16,42	18,68	60,53
<i>L. perenne</i>	3,85	1,23	20,77	22,07	52,08
<i>L. thracicum</i>	4,00	1,4	18,32	59,48	16,80
Однолетние виды					
<i>L. angustifolium</i>	6,15	4,78	20,30	15,56	53,21
<i>L. bienne</i>	6,67	5,6	18,14	14,60	54,97
<i>L. crepitans</i>	5,64	3,39	16,95	14,74	59,28
<i>L. hispanicum</i>	7,83	7,41	18,81	11,74	54,11
<i>L. grandiflorum</i>	5,00	3,38	24,02	10,77	56,83
<i>L. pubescens</i>	6,74	2,78	13,80	13,40	63,28
<i>L. humile</i>	6,12	4,09	21,34	14,98	53,47
НСР ₀₅	0,44	0,57	1,74	0,97	2,67

Как можно видеть из представленных в таблице 2 данных, в целом многолетние виды отличаются существенно меньшими показателями насыщенных жирных кислот и большим содержанием ненасыщенных кислот, особенно линолевой. Согласно установленной схеме основных этапов биосинтеза жира в семенах льна [9], синтез жирных кислот происходит не параллельно, а последовательно. Вероятно, многолетние виды имеют более высокие скорости реакций на первых трех этапах, что и обуславливает более низкие показатели насыщенных кислот.

Нами выявлено, что у *L. thracicum* содержание линолевой кислоты достигает почти 60 %. На наш взгляд, это очень интересный факт в связи с целебными свойствами льняного масла, которое определяется прежде всего высоким содержанием в нем биологически активных эссенциальных незаменимых полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и

линоленовой. Поэтому данный вид имеет перспективы как геноисточник для переноса генов, контролирующих этот ценный признак.

На представленной диаграмме (рисунок) визуализирована разница в содержании различных жирных кислот у ряда изученных диких видов.

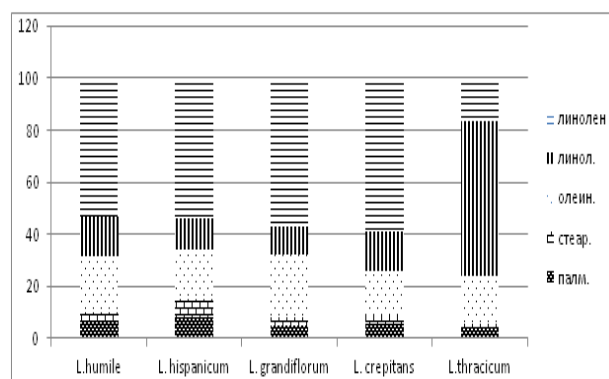


Рисунок – Соотношение жирных кислот в масле некоторых видов льна, ЗНУ, ИМК, 2011–2014 гг.

Жирно-кислотный состав триглицеридов семян достаточно постоянен для каждого вида растений, однако его можно изменить селекцией. Именно поэтому, на наш взгляд, необходимо шире включать в селекционную работу однолетний вид *L. hispanicum* как донор повышенного содержания насыщенных жирных кислот. Также перспективным для межвидовой гибридизации является и *L. crepitans*, который имеет достаточно высокие показатели масличности и более крупные семена. Данные виды являются близкородственными с *L. humile*, входят в одну группу $n = 15$ и скрещивания с ними удаются вполне успешно.

Вид *L. grandiflorum* интересен повышенным содержанием олеиновой кислоты. И хотя данный вид обычным путем не скрещивается со льном культурным, однако успешно выращивается как декоративное растение и вполне пригоден в

перспективе для выращивания и использования в производстве.

Выводы. 1. Установлено, что показатели масличности семян изучаемых диких видов находились в пределах 24,6–41,2 %, что существенно ниже, чем у льна масличного.

2. По содержанию белка только *L. thracicum* превышает культурный лен. Остальные виды содержат белка значительно меньше – от 16,8 до 24,7 %.

3. Выявлено, что изучаемые дикие виды имели жирно-кислотный состав масла с преобладанием линоленовой кислоты, характерный для культурного льна. При этом многолетние виды отличаются от однолетних меньшим содержанием насыщенных жирных кислот.

4. Установлено, что *L. hispanicum* отличается повышенным содержанием в масле насыщенных жирных кислот, *L. grandiflorum* – олеиновой, а *L. thracicum* – линолевой кислоты. Это позволяет рассматривать их в генетико-селекционной работе со льном в качестве источников ценных признаков.

На наш взгляд, поиск геноисточников в мировой коллекции рода *Linum* с различным биохимическим составом семян и масла может существенно повлиять на развитие всей отрасли льноводства в целом благодаря созданию в будущем специализированных сортов для разных отраслей промышленности (медицинской, пищевой, химической).

Список литературы

1. Ingram G.B. Integration of in situ conservation of plant genetics resources into landscape and regional planning // New York. USA. Oxford University Press. – 1996. – P. 454–476.

2. Kloppenburg J., Kleinman Jr., Daniel L. Analyzing empirically the distribution of the world's plant genetic resources // Bioscience. – 1987. – 37. – № 3. – P. 190–198.

3. Лях В.А., Сорока А.И. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* и биотехнологические пути работы с ними. – Запорожье: ЗНУ, 2008. – 182 с.

4. Кутузова С.Н. Генетика льна // Генетика культурных растений. – СПб: ВИР, 1998. – С. 6–52.

5. Жученко А.А.(мл.), Рожмина Т.А. Мобилизация генетических ресурсов льна. – М.: Старица, 2000. – 224 с.

6. Лях В.О., Полякова И.О. Селекция льну олійного (Методичні рекомендації). – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – 40 с.

7. Полякова И.О. Доместикація дикоростучих в Україні видів льону *Linum hirsutum* та *Linum austriacum* [електронний ресурс] // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 5. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_5_8.pdf.

8. Полякова И.А., Лях В.А. Морфологические и биологические особенности *Linum hirsutum* L. [електронний ресурс] // Актуальні питання біології, екології та хімії: електронне наукове видання. – Запорізький національний університет. – 2014. – № 2. – С. 15–19.

9. Дьяков А.Б. Физиология и экология льна. – Краснодар: ВНИИМК, 2006. – 214 с.

References

1. Ingram G.B. Integration of in situ conservation of plant genetics resources into landscape and regional planning. – New York. USA. Oxford University Press., 1996. – P. 454–476.

2. Kloppenburg J., Kleinman Jr., Daniel L. Analyzing empirically the distribution of the world's plant genetic resources // Bioscience. – 1987. – 37. – № 3. – P. 190–198.

3. Lyakh V.A., Soroka A.I. Botanicheskie i tsitogeneticheskie osobennosti vidov roda *Linum* i biotekhnologicheskie puti raboty s nimi. – Zaporozh'e: ZNU, 2008. – 182 s.

4. Kutuzova S.N. Genetika l'na // V kn.: Genetika kul'turnykh rastenii. – SPb: VIR, 1998. – S. 6–52.

5. Zhuchenko A.A.(ml.), Rozhmina T.A. Mobilizatsiya geneticheskikh resursov l'na. – M.: Staritsa, 2000. – 224 s.

6. Lyakh V.O., Polyakova I.O. Seleksiya l'onu izhzhya: ZNU, 2008. – 40 s.

7. Polyakova I.O. Domestikatsiya dikorostuchikh v Ukraini vidiv l'onu *Linum hirsutum* ta *Linum austriacum* // Naukovi dopovidi Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini. – 2014. – № 5. – Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_5_8.pdf.

8. Polyakova I.A., Lyakh V.A. Morfologicheskie i biologicheskie osobennosti *Linum hirsutum* L. // Aktual'ni pitannya biologii, ekologii ta khimii: elektronne naukove vidannya [elektronni resurs]. – Zaporiz'kii natsional'nii universitet. – 2014. – № 2. – S. 15–19.

9. D'yakov A.B. Fiziologiya i ekologiya l'na. – Krasnodar: VNIIMK, 2006. – 214 s.