Изменчивость жирно-кислотного состава масла хлопчатника образцов коллекции ВИР

Л.П. Подольная¹,

кандидат биологических наук

Р.К. Туз²,

кандидат сельскохозяйственных наук

М.Ш. Асфандиярова²,

кандидат сельскохозяйственных наук

В.А. Еремин²,

мл. научный сотрудник

¹Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42
E-mail: l.podolnaya@vir.nw.ru

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
416251, Астраханская обл., Черноярский р-н,
с. Соленое Займище, Квартал Северный, д. 8.
E-mail: rtuz@yandex.ru

Для цитирования: Подольная Л.П., Туз Р.К., Асфандиярова М.Ш., Еремин В.А. Изменчивость жирно-кислотного состава масла хлопчатника образцов коллекции ВИР // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 29–35.

Ключевые слова: хлопчатник, масло, жирно-кислотный состав, изменчивость, корреляции.

Двухфакторный дисперсионный анализ жирно-кислотного состава 25 образцов хлопчатника за два года показал значительное влияние погодных условий на изменчивость этих параметров. Лишь для олеиновой кислоты не отмечено значимых отличий между годами. Достоверные отличия между образцами отмечены только по содержанию непредельных кислот – линолевой, олеиновой и пальмитолеиновой. Корреляционный анализ выявил различия по структуре и силе связей между годами. Более мягкие условия в период созревания семян привели к их ослаблению. Наиболее сильной значимой связью, отмеченной в обоих вариантах, была отрицательная связь между содержанием пальмитиновой и линолевой кислот ($r = -0,69$, $r = -0,57$).

Variability of fatty acid composition of oil in cotton samples from VIR collection.

¹ L.P. Podolnaya, PhD in biology

² R.K. Tuz, PhD in agriculture

² M.Sh. Asfandiyarova, PhD in agriculture

² V.A. Eremin, junior researcher

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources

42–44, Bolshaya Morskaya str., St. Petersburg, 190000, Russia

E-mail: l.podolnaya@vir.nw.ru

² "Federal Scientific Agricultural Caspian Center of the Russian Academy of Sciences"

8, Severny Kwartal, Solyonoe Zaimische settl., Chernoyarsky district, Astrakhan region, 416251, Russia

E-mail: rtuz@yandex.ru

Key words: cotton, oil, fatty acid composition, variability, correlations.

Two-factor analysis of variance of fatty-acid composition for 25 cotton samples for two years showed a significant influence of weather conditions on the variability of this parameter. Only for oleic acid there were no important differences between the years. Significant differences between the samples were noted only in the content of unsaturated acids – linoleic, oleic and palmitoleic. Correlation analysis revealed differences in the structure and strength of correlations between years. Milder conditions during seed maturation reduced the correlations. The strongest significant relationship observed in both variants was a negative one between the content of palmitic and linoleic acids ($r = -0.69$, $r = -0.57$).

Введение. Большинство широко возделываемых прядильных культур являются культурами комплексного использования. Масло льна и конопли было основным растительным маслом пищевого и непищевого использования на территории России с давних времен. Хлопчатник как источник растительного масла стал использоваться гораздо позже. До середины XIX века семена после отделения волокна (волокно хлопчатника – это выросты экзотесты семени – одноклеточные трихомы) в прямом смысле закапывали в землю в качестве удобрения, реже использовали на корм коровам. А чаще всего просто выбрасывали в реки или оросительные каналы, что вызывало

экологические проблемы [1]. Поскольку семена составляют 2/3 урожая хлопка-сырца, стали искать более продуктивные пути их использования.

В настоящее время семена используются в первую очередь для получения растительного масла пищевого и в меньшей степени технического назначения. Оно применяется для производства салатного масла и масла для жарки, маргарина, майонеза, заменителя ялрда. В меньшей степени – для хранения и перевозки мяса и рыбы [2].

Масло хлопчатника, подобно всем растительным маслам, состоит из триглицеридов, которых в рафинированном масле содержится 98–99 %. Хлопковое масло относится к линолевому типу растительных масел с преобладанием ненасыщенной линолевой кислоты (C18:2) – 44–59 %, 14–22 % приходится на олеиновую кислоту (C18:1), 20–27 % – на насыщенную пальмитиновую (C16:0). Эти 3 жирные кислоты (ЖК) составляют почти 90 % масла. В остальные 10 % могут входить до 1,2 % пальмитоолеиновой (C16:1), 2–7 % стеариновой (C18:0), небольшие количества миристиновой (C14:0), линоленовой (C18:3), арахидовой (C20:0), бегеновой (C22:0) и лигноцериновой (C24:0) кислот. Отличительной особенностью семейства мальвовых является наличие в масле циклопропановых кислот. Масло хлопчатника содержит от 0,5 до 2 % мальвадиновой (*cpe*18:1), стеркудиновой (*cpe*19:1) и дигидростеркудиновой кислот (*cra*19:0). Структура показана на рисунке 1.

Эти кислоты очень неустойчивы, и после нагревания их содержание в масле составляет менее 0,4 %.

Иодное число масла хлопчатника – 99–121. Содержание токоферолов – 0,92 мг/г, в том числе альфа – 55,4 %, гамма – 44,6 %. Отличительным признаком всех видов хлопчатника является наличие в органах растения мелких желёзок, содержащих жирорастворимый пигмент госсипол.

Рисунок 1 – Молекулярная структура циклопропановых жирных кислот
А – мальвадиновая (18:1),
В – стеркудиновая (19:1),
С – дигидростеркудиновая (19:0),
по М. К. Dowd (2015)

Госсипол – это полифенольное соединение, токсичное для людей, свиней и кур, но безвредное для крупного рогатого скота. В семенах находится 1–2 % этого пигмента, поэтому масло, предназначенное для пищевых целей, обязательно рафинируется и дезодорируется. Добывают масло прессованием и экстракцией [3].

Долгое время селекционные программы во всех хлопководящих странах были направлены на улучшение качества волокна и его урожай и лишь в последние годы обратили внимание на возможность изменения биохимического состава семени (зародыша) [4].

Известно, что условия выращивания оказывают значительное влияние на соотношение ЖК [5]. Показано, что в более жарких и засушливых условиях увеличивается содержание предельных ЖК и уменьшается непредельных [6; 7]. На засоленных почвах уменьшается уровень линолевой ЖК и увеличивается стеариновой и олеиновой [8]. Работ по оценке степени влияния генотипа и среды на изменчивость жирно-кислотного состава статистическими методами крайне мало не только для хлопчатника, но и для других культур. Есть работа по этой темати-

ке для сафлора [9]. В работе Кембела Б.Т. с соавторами [4] исследуется изменчивость только содержания масла, протеинов и параметров качества волокна и корреляции между этими признаками, отдельные ЖК не рассматриваются.

В ВИРе до сих пор не уделяли должного внимания анализу масла образцов, выращенных в России. В настоящее время запланированы исследования жирно-кислотного состава масла как новых российских сортов, так и образцов коллекции. В связи с этим мы сделали попытку проанализировать статистически данные по содержанию отдельных ЖК в масле образцов коллекции, выращенных в Узбекистане в 70-е годы, и определить степень влияния погодных условий на характер изменчивости этих параметров в стабильном климате Ташкента.

В дальнейшем предполагается сравнить изменчивость по жирно-кислотному составу образцов, выращенных в зоне традиционного хлопкосеяния и на северной границе зоны выращивания хлопчатника. Так как хлопчатник – макробактериотик, образцы со времени прошедшего исследования пересеивались не более двух-трех раз, поэтому можно будет выявить влияние контрастных условий на состав масла хлопчатника.

В последние годы посеы хлопчатника расширяются в Ставропольском крае, Дагестане, Нижнем Поволжье, и исследования состава масла становятся актуальными для максимально полного использования возможностей культуры.

Материалы и методы. Мы проанализировали данные по жирно-кислотному составу масла 25 образцов *Gossypium hirsutum* L. различного происхождения коллекции ВИР, полученные методом газожидкостной хроматографии в отделе биохимии ВИР. Данные были опубликованы в Каталоге ВИР [10], но статистически никогда не оценивались. Поскольку в настоящее время они малодоступны, мы приводим их в таблице 1. Мы подвергли их статистической обработке с целью вы-

явления характера изменчивости жирно-кислотного состава образцов в условиях, типичных для роста и развития хлопчатника. Был проведен двухфакторный дисперсионный и корреляционный анализы.

Образцы были выращены на Среднеазиатской опытной станции ВИР (г. Ташкент) в 1973–1974 гг. по методике ВИР [11]. Орошение производилось по бороздам. Погодные условия различались незначительно, но 1974 г. был немного мягче в августе во время созревания семян (рис. 2). Среднемесячная температура за период вегетации в 1973 г. была 23,8 °С, в 1974 г. – 24,0 °С. Сумма осадков составила 79,9 и 62,6 мм соответственно.

Рисунок 2 – Погодные особенности вегетационного периода (САС ВИР, Ташкент, 1973–1974 гг.)

Результаты и обсуждение. Свыше 99 % общего количества ЖК составили шесть кислот, кроме того, были выявлены следы мальвадиновой кислоты. Показатели не выходят за пределы значений, приводимых в большинстве публикаций [3]. В 1974 г. у всех без исключения образцов на 2–5 % повысилось содержание линолевой кислоты и снизилось – пальмитиновой. Вероятно, менее жаркий август повлиял на результаты, что согласуется с данными других авторов [6; 7].

Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверные отличия между образцами при $P \leq 0,05$ по содержанию только непредельных ЖК – линолевой, олеиновой и пальмитолеиновой. И хотя доля влияния генотипа на изменчивость содержания предельных ЖК около 50 % и выше, различия между образцами недостоверны.

Таблица 1

**Жирно-кислотный состав масла образцов хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L) коллекции ВИР (САС ВИР, Ташкент, 1973–1974 гг.)
По Ермакову А.И. и др., 1982 г.**

№№/ПП	№ ката- лога	Название образца	Проис- хождение образца	Жирные кислоты, % от их суммы											
				14:0		16:0		16:1		18:0		18:1		18:2	
				1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974
1	3811	108 Ф	УзбССР	0,8	0,9	25,9	21,4	0,8	0,3	3,0	2,7	20,1	19,7	49,1	54,9
2	4419	Acala 1517	США	0,9	0,7	25,0	22,6	0,7	0,3	2,5	3,1	17,4	18,2	53,3	55,0
3	5755	Acala 1517 v	США	0,9	0,9	25,8	22,3	0,8	0,2	2,6	3,4	17,5	19,3	52,2	53,6
4	5759	Acala 1517-30	США	0,6	0,8	24,6	27,1	0,6	0,0	2,8	2,4	17,9	17,9	53,3	54,6
5	5789	Lancart 57	США	0,7	0,9	24,9	23,5	0,5	0,4	2,8	3,4	17,6	19,0	53,3	52,6
6	5795	Stoneville 213	США	0,7	0,8	22,8	22,1	0,6	0,2	2,5	2,3	18,5	17,8	54,8	56,7
7	5843	L-11	Пакистан	0,7	0,7	24,8	22,8	0,5	0,0	2,5	2,3	20,0	19,7	51,3	54,4
8	5933	Rex	Эквадор	0,6	0,8	25,2	24,1	0,0	0,0	2,3	2,3	16,1	16,0	55,1	56,6
9	5936	Acala 4-42	США	0,8	1,1	25,8	25,2	0,8	0,2	2,6	2,7	19,2	18,9	50,6	51,7
10	5957	Dixie King	США	0,8	1,0	24,0	23,3	0,7	0,0	2,5	2,8	17,6	16,6	54,3	56,2
11	5960	Catamarca-811	Эквадор	0,9	0,9	23,4	23,4	0,6	0,6	2,4	2,2	18,3	17,7	52,4	55,2
12	5971	Coker Carolina Queen	США	0,7	0,8	24,8	22,3	0,5	0,2	2,7	3,0	17,9	16,6	53,1	56,9
13	5984	Stardell	Уганда	0,9	1,0	24,5	22,3	0,6	0,2	2,5	3,0	17,9	17,4	53,4	55,7
14	6021	Acala 1517 -70	США	0,8	0,9	26,0	23,5	0,4	0,2	2,3	2,6	17,3	17,8	52,9	54,7
15	6022	Aubarn-56	США	0,9	0,8	24,8	20,8	0,7	0,4	2,7	3,2	17,0	18,3	53,7	56,3
16	6028	Stoneville 508	США	0,5	0,8	23,4	22,8	0,7	0,3	2,5	1,8	17,7	15,0	55,0	59,3
17	6033	Deltapine 16	США	0,8	0,9	28,3	23,5	0,5	0,3	2,4	3,5	16,4	17,7	51,3	53,9
18	6051	Deltapine 16	США	0,8	1,0	26,4	23,3	0,5	0,2	2,6	2,7	17,5	18,3	52,0	54,2
19	6054	Paymaster 101 A	США	0,9	0,7	26,0	20,3	0,6	0,0	2,8	2,9	19,5	18,7	49,9	57,1
20	6072	Atlas 67	США	1,0	1,0	25,0	25,2	0,8	0,3	2,8	2,8	19,9	17,7	50,2	52,8
21	6092	Delfos-9169	США	0,9	0,7	24,2	23,8	0,6	0,3	2,6	3,0	17,3	17,5	54,2	54,5
22	6100	C-4727	УзбССР	0,9	0,9	24,0	23,2	0,8	0,2	2,5	3,2	22,6	19,2	48,9	53,0
23	6419	Acala 1517 v	США	1,0	1,0	30,1	24,5	1,2	0,5	3,0	2,9	18,2	16,9	46,3	54,3
24	6420	Acala 1517 Br	США	0,8	1,1	22,5	16,7	0,8	0,01	2,4	3,0	17,3	20,8	55,9	58,3
25	6501	Glandless and Nectariless	Аргентина	0,9	0,9	24,4	22,6	0,7	0,3	2,6	3,7	18,3	18,3	52,9	54,0

Влияние погодных условий значимо почти для всех параметров, несмотря на слабые различия между годами. Лишь содержание олеиновой кислоты совершенно не зависело от погоды, и влияние генотипа было выражено сильнее всего – 69 %. Интересно, что у сафлора при более высокой температуре содержание олеиновой ЖК повышается, линолевой понижается [9], а у хлопчатника понижается только содержание линолевой, процент олеиновой кислоты изменяется разнонаправленно либо остается стабильным (табл. 1). Наибольшее влияние погода оказывала на содержание пальмитолеиновой кислоты – 56 % (табл. 2). Доля влияния случайных факторов довольно значительна – около 30 % и выше, лишь на содержание линолевой и пальмитолеиновой кислот их влияние гораздо меньше.

Таблица 2

Влияние погодных условий и генотипа на изменчивость жирно-кислотного состава образцов хлопчатника коллекции ВИР

г. Ташкент, 1973–1974 гг.

Кислота	Степень влияния генотипа и условий среды на изменчивость признака (%)		
	генотип	условия среды	случайные факторы
C14:0	58	8*	34
C16:0	47	28**	25
C16:1	30*	56**	14
C18:0	50	11*	39
C18:1	69*	0	31
C18:2	53**	31**	16

Примечание: * – влияние фактора достоверно при $P \leq 0,05$

** влияние фактора достоверно при $P \leq 0,01$

Матрицы корреляций за два года различаются не только силой связей, но и структурой (табл. 3, 4), хотя сходство матриц высоко: $r = 0,78$. В 1973 г. наблюдались значимые отрицательные корреляции линолевой кислоты со всеми остальными ЖК, а также связи средней силы пальмитолеиновой ЖК с насыщенными – миристиновой и стеариновой ($r = 0,54$, $r = 0,55$). В 1974 г. все связи бы-

ли значительно слабее, выявлено только три достоверных корреляции средней силы – отрицательные корреляции между линолевой и насыщенными ЖК – пальмитиновой ($r = -0,57$) и стеариновой ($r = -0,42$), а также между пальмитиновой и олеиновой кислотами ($r = -0,44$), хотя в 1973 г. эта связь практически отсутствовала. Отрицательная связь между линолевой и олеиновой ЖК незначима ($r = -0,35$). Такая изменчивость корреляций подтверждает вывод Н.С. Ростовской, что в жестких условиях сила связей, как правило, возрастает [12].

Таблица 3

Матрица корреляций между жирными кислотами в генотипической (межсортовой) изменчивости образцов (САС ВИР, Ташкент, 1973 г.)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
C14:0	1,00					
C16:0	0,31	1,00				
C16:1	0,54*	0,21	1,00			
C18:0	0,25	0,39	0,55*	1,00		
C18:1	0,25	-0,10	0,40*	0,32	1,00	
C18:2	-0,52*	-0,69*	-0,53	-0,58*	-0,61*	1,00

Примечание: * – связь достоверна при $r \geq 0,40$

Таблица 4

Матрица корреляций между жирными кислотами в генотипической (межсортовой) изменчивости образцов (САС ВИР, Ташкент, 1974 г.)

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2
C14:0	1,00					
C16:0	-0,02	1,00				
C16:1	0,10	0,15	1,00			
C18:0	0,17	-0,21	0,17	1,00		
C18:1	0,19	-0,44*	-0,15	0,39	1,00	
C18:2	-0,27	-0,57*	-0,27	-0,42*	-0,35	1,00

Примечание: * – связь достоверна при $r \geq 0,40$

Заключение. Двухфакторный дисперсионный анализ, а также анализ корреляций жирно-кислотного состава масла

образцов хлопчатника за два года показали, что даже незначительные изменения погодных условий в период формирования семян заметно влияют на синтез жирных кислот. Влияние среды на содержание всех основных ЖК, кроме олеиновой, было достоверным. Снижение давления среды позволяет организму полнее проявить свои потенциальные возможности, что приводит к ослаблению связей между признаками, поэтому в 1974 г. большинство корреляций было слабее, за исключением отрицательной корреляции между олеиновой и пальмитиновой ЖК. Наиболее сильная значимая корреляция, отмеченная в оба года, отрицательная связь между линолевой и пальмитиновой ЖК. Достоверная отрицательная корреляция между линолевой и олеиновой кислотами наблюдалась только в 1973 г. В литературе подобная зависимость часто упоминается для разных видов [13; 9]. Трансгенные линии хлопчатника с измененным содержанием жирных кислот также проявляют антагонизм между основными ненасыщенными жирными кислотами. Сообщается о линии с содержанием олеиновой кислоты до 47 % за счет снижения линолевой. Масло другой линии содержало уже 78 % олеиновой кислоты и лишь 4 % линолевой. Во всех случаях уменьшалось содержание пальмитиновой кислоты [14]. Как уже упоминалось, биохимические особенности семян хлопчатника изучены недостаточно в силу вторичности продукта, поэтому расширение исследований в данном направлении необходимо для понимания особенностей синтеза жирных кислот и получения нетрансгенных линий с заданными параметрами.

Результаты исследования позволяют предположить, что в России у образцов хлопчатника в масле будет повышенное содержание линолевой кислоты и пониженное пальмитиновой.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0662-2019-0001 «Коллекция масличных и прядильных культур

ВИР: изучение и расширение генетического разнообразия масличных и прядильных культур».

Список литературы

1. Wrenn L.B. Cinderella of the new south: A history of the cottonseed industry, 1855–1955. – Univ. of Tennessee, Knoxville, 1995. – 57 p.
2. Salunkhe D.K., Desai B.B. Postharvest biotechnology of oilseed. – CRC Press, Florida, 1986. – 213 p.
3. Michael K. Dowd. Seed // In: Cotton: agronomy monograph 57. – 2015. – P. 745–782. DOI: 10.2134/agronmonogr57.2013.0032.
4. Campbell B.T., K.D. Chapman, Sturtevant C. [et al.]. Genetic analysis of cottonseed protein and oil in diverse cotton germplasm // Crop Science. – 2016. – V. 56. – No 5. – P. 2457–2464. DOI: 10.2135/cropsci2015.12.0742.
5. Stansbury M.F., Hoffpauir C.L., and Hopper T.H. Influence of variety and environment on the iodine value of cottonseed oil // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1953a. – V. 30. – P. 120–123. DOI: 10.1007/BF02638664.
6. Dowd M.K., Boykin D.L., Meredith W.R. [et al.]. Fatty acid profiles of cottonseed genotypes from the National Cotton Variety Trials // J. Cotton Sci. – 2010. – No 14. – P. 64–73.
7. Pettigrew W.T. and Dowd M.K. Varying planting dates or irrigation regimes alters cottonseed composition // Crop Sci. – 2011. – V. 51. – P. 2155–2164. DOI: 10.2135/cropsci2011.02.0085.
8. Ahmad S., Anwar F., Hussain A.I., Ashraf M. and Awan A.R. Does soil salinity affect yield and composition of cottonseed oil? // J. Am. Oil Chem. Soc. – 2007. – V. 84. – P. 845–851. DOI: 10.1007/s11746-007-1115-8.
9. Dergisi O. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions // J. of Fac. of Agric. – 2007. – V. 22 – No 1. – P. 98–104.
10. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 337. Масличные культуры (характеристика качества масла по составу жирных кислот) / Под ред. Ермакова А.И. Сост. Ермаков А.И., Давидян Г.Г., Ярош Н.П. [и др.]. – Л.: ВИР, 1982. – 103 с.

11. Давидян Г.Г., Рыкова Р.П., Кутузова С.Н. [и др.]. Изучение коллекций прядильных растений (хлопчатник, лен, конопля): методические указания. – Л., 1978. – С. 3–6.

12. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость // Тр. СПб. ОЕ. – СПб., 2002. – 308 с.

13. Yol E., Toker R., Golukcu M. and Uzun B. Oil content and fatty acid characteristics in Mediterranean sesame core collection // Crop Science. – 2015. – Vol. 55. – No 5. – P. 2177–2185. DOI: 10.2135/cropsci2014.11.0771.

14. Liu Q., Singh S.P. and Green A.G. High-stearic and high-oleic cottonseed oils produced by hairpin RNA-mediated post-transcriptional gene silencing // Plant Physiol. – 2002. – No 129. – P. 1732–1743. DOI: 10.1104/pp.001933.

References

1. Wrenn L.B. Cinderella of the new south: A history of the cottonseed industry, 1855–1955. – Univ. of Tennessee, Knoxville, 1995. – 57 p.

2. Salunkhe D.K., Desai B.B. Postharvest biotechnology of oilseed. – CRC Press, Florida, 1986. – 213 p.

3. Michael K. Dowd. Seed // In: Cotton: agronomy monograph 57. – 2015. – P. 745–782. DOI: 10.2134/agronmonogr57.2013.0032.

4. Campbell B.T., K.D. Chapman, Sturtevant C. [et al.]. Genetic analysis of cottonseed protein and oil in diverse cotton germplasm // Crop Science. – 2016. – V. 56. – No 5. – P. 2457–2464. DOI: 10.2135/cropsci2015.12.0742.

5. Stansbury M.F., Hoffpauir C.L., and Hopper T.H. Influence of variety and environment on the iodine value of cottonseed oil // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1953a. – V. 30. – P. 120–123. DOI: 10.1007/BF02638664.

6. Dowd M.K., Boykin D.L., Meredith W.R. [et al.]. Fatty acid profiles of cottonseed genotypes from the National Cotton Variety Trials // J. Cotton Sci. – 2010. – No 14. – P. 64–73.

7. Pettigrew W.T. and Dowd M.K. Varying planting dates or irrigation regimes alters cottonseed composition // Crop Sci. – 2011. – V.

51. – P. 2155–2164. DOI: 10.2135/cropsci2011.02.0085.

8. Ahmad S., Anwar F., Hussain A.I., Ashraf M. and Awan A.R. Does soil salinity affect yield and composition of cottonseed oil? // J. Am. Oil Chem. Soc. – 2007. – V. 84. – P. 845–851. DOI: 10.1007/s11746-007-1115-8.

9. Dergisi O. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions // J. of Fac. of Agric. – 2007. – V. 22 – No 1. – P. 98–104.

10. Каталог мирового коллектива VIR. Vyp. 337. Масличные культуры (характеристика качества масла по составу жирных кислот) / Под ред. Ермакова А.И. Сост. Ермаков А.И., Давидян Г.Г., Ярош Н.П. [и др.]. – Л.: VIR, 1982. – 103 с.

11. Davidyan G.G., Rykova R.P., Kutuzova S.N. [и др.]. Изучение коллекций прядильных растений (хлопчатник, лен, конопля): методические указания. – Л., 1978. – С. 3–6.

12. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость // Тр. СПб. ОЕ. – СПб., 2002. – 308 с.

13. Yol E., Toker R., Golukcu M. and Uzun B. Oil content and fatty acid characteristics in Mediterranean sesame core collection // Crop Science. – 2015. – Vol. 55. – No 5. – P. 2177–2185. DOI: 10.2135/cropsci2014.11.0771.

14. Liu Q., Singh S.P. and Green A.G. High-stearic and high-oleic cottonseed oils produced by hairpin RNA-mediated post-transcriptional gene silencing // Plant Physiol. – 2002. – No 129. – P. 1732–1743. DOI: 10.1104/pp.001933.

Получено: 10.09.2019 Принято: 11.11.2019
Received: 10.09.2019 Accepted: 11.11.2019