

**Селекция, семеноводство
и биотехнология
сельскохозяйственных растений**

Научная статья

УДК 633.854.78:631.52

DOI: 10.25230/2412-608X-2022-3-191-3–8

**Селекция сортов крупноплодного
подсолнечника с высоким
содержанием олеиновой кислоты
в масле**

**Владимир Иванович Хатнянский
Александр Александрович Децына
Ирина Викторовна Илларионова
Валерия Олеговна Щербинина**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
Тел.: (861) 254-27-91
sort@vniimk.ru

Аннотация. Целью работы являлось создание впервые в мировой практике крупноплодного высокоолеинового сорта подсолнечника для использования в кондитерской промышленности. Основное преимущество высокоолеинового подсолнечника заключается в высоком содержании мононенасыщенной олеиновой кислоты. В последнее десятилетие на российском и мировом рынках наблюдается устойчивый спрос на крупноплодные сорта кондитерского направления. Перед селекционерами поставлена задача улучшить их вкусовые качества и полезные свойства за счет изменения жирно-кислотного состава масла в сторону увеличения содержания олеиновой кислоты. Создан перспективный селекционный материал (С.857), превышающий по урожаю, крупности семян, содержанию олеиновой кислоты контрольные сорта Круиз и Белочка.

Ключевые слова: подсолнечник, крупноплодный сорт, высокоолеиновость, измененный жирно-кислотный состав масла

Для цитирования: Хатнянский В.И., Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Селекция

сортот крупноплодного подсолнечника с высоким содержанием олеиновой кислоты в масле // Масличные культуры. 2022. Вып. 3 (191). С. 3–8.

Благодарности. Авторы признательны заведующему лабораторией биохимии, кандидату биологических наук С.Г. Ефименко за содействие в проведении анализов по определению жирно-кислотного состава масла семян.

UDC 633.854.78:631.52

**Breeding of the confectionary sunflower varieties
with high content of oleic acid in oil**

Khatnyansky V.I., head of the department, leading researcher, PhD in agriculture

Detsyna A.A., head of the lab., leading researcher, PhD in agriculture

Illarionova I.V., senior researcher, PhD in agriculture

Scherbinina V.O., junior researcher

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops
17 Filatova str., Krasnodar, 350038 Russia
Tel.: (861) 254-27-91
sort@vniimk.ru

Abstract. The purpose of the work was to develop confectionary sunflower varieties with a high content of oleic acid first in the world. The main advantage of high-oleic sunflower concludes in an increased content of monounsaturated oleic acid. Last ten years, confectionary sunflower varieties are in a strong demand on both the Russian and world markets. The task of the breeders is to improve its taste and useful qualities by changing the fatty-acid composition of oil increasing oleic acid content. The promising breeding material (S.857) exceeding by yield, seed size, and oleic acid content the control varieties *Kruiz* and *Belochka* was developed.

Key words: sunflower, confectionary sunflower, high oleic acid content, altered fatty-acid composition of oil

Acknowledgements. The authors thank the head of the biochemistry laboratory Efimenko S.G., PhD in biology, helping to conduct analyses of the fatty-acid composition of oil in seeds.

Введение. Необходимость изменения жирно-кислотного состава подсолнечного масла в сторону увеличения содержания олеиновой кислоты за счет снижения линолевой впервые была озвучена В.С. Пустовойтом на выездной сессии ВАСХНИЛ

в 1968 г. [1]. Известно, что качество растительного масла, его питательные и технологические свойства в значительной степени определяются соотношением входящих в его состав глицеридов жирных кислот [2].

Основное преимущество высокоолеинового подсолнечника заключается в повышенном содержании (до 90 %) мононенасыщенной олеиновой кислоты. При этом установлено, что содержание ненасыщенных жиров составляет всего 10 %. Такое масло по полезным свойствам конкурирует с оливковым, в котором только 71 % олеиновой кислоты [3]. Производство и потребление высокоолеинового подсолнечного масла в мире растет. Этот продукт обладает сбалансированным сочетанием высокого уровня окислительной стабильности и оптимальным содержанием эссенциальной линолевой кислоты.

Важно отметить, что все высокоолеиновые сорта и гибриды, возделываемые в мире, ведут свое начало от высокоолеинового сорта Первенец, созданного во ВНИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта К.И. Солдатовым. Этот сорт стал уникальным донором признака высокоолеиновости в селекционных программах во всем мире.

В настоящее время посевные площади высокоолеинового подсолнечника составляют примерно 12–15 % от суммарных площадей, занимаемых культурой [4]. Во Франции данный показатель превышает 60 %, в США – 80 %. Высокоолеиновый подсолнечник возделывают в Китае, Канаде. В европейских странах предпочтение отдается подсолнечному маслу с содержанием олеиновой кислоты не более 85 % [5]. К сожалению, точной статистики по посевам высокоолеинового подсолнечника в России нет, но по существующим оценкам в стране он занимает около 2 % от общей площади под культурой. В 2019–2020 гг. посевные площади под высокоолеиновым подсолнечником в ключевых странах-производителях вырос-

ли почти на 40 % и составили 1,3 млн га [5]. Росту объемов производства высокоолеинового масла способствует то, что срок хранения такого продукта в четыре раза выше традиционного. Главное отличие высокоолеинового масла – стойкость к воздействию высоких температур, что делает его оптимальным для использования во фритюрном производстве. Важное значение приобретает высокоолеиновое подсолнечное масло в связи с открывшимися перспективами выработки из него экологически чистого моторного топлива, условно называемого «биодизель» [6].

Во ВНИИ масличных культур работы по изменению жирно-кислотного состава подсолнечного масла проводятся с 1970 г. Показано, что используя химический мутаген, можно за сравнительно короткий срок изменить соотношение жирных кислот в масле подсолнечника. В генерации М₁ было отобрано растение, отличавшееся несколько большим содержанием в масле олеиновой кислоты – 50,3 % [7]. В последующие годы происходило постепенное нарастание олеиновой кислоты за счет продолжающейся изменчивости направленного отбора: 51,4 %; 56,5; 67,4 %. Увеличение среднего содержания олеиновой кислоты в масле происходило за счет накопления в популяции высокоолеиновых биотипов [7]. Так был создан исходный селекционный материал с повышенным содержанием олеиновой кислоты в масле, на основе которого и был выведен высокоолеиновый сорт подсолнечника Первенец. В дальнейшем этот сорт послужил основой для создания нового сорта (Круз) и гибридов (Краснодарский 885, Кубанский 341, Окси). Важно отметить, что содержание олеиновой кислоты у сорта Круз стабилизировано на уровне 85–88 %. Несмотря на значительную устойчивость признака высокоолеиновости у нового сорта, необходимо было постоянно проводить жесткие браковки семей в звеньях первичного семеноводства. Семьи с пониженным содержанием олеиновой кислоты в масле

(70–75 %) имеют в своей структуре больше гетерозигот и рецессивных гомозигот по гену *O1*, такие семьи не стабильны по признаку высокоолеиновости и их нежелательно включать в селекционную программу. Изучение наследования признака высокого содержания олеиновой кислоты у сорта Первенец показало, что популяционно-генетическая структура высокоолеинового сорта характеризуется гетерогенностью и гетерозиготностью. Около 80 % семян обладали мутантным фенотипом (75–95 % олеиновой кислоты), 20 % семян имели нормальный фенотип, включая низкоолеиновые формы [8]. Был установлен моногенный контроль мутации высокоолеиновости, обозначенной *O1* [9].

Важно отметить, что сложность генетического контроля высокоолеиновости связана с влиянием гена-модификатора на характер расщепления признака в гибридных потомствах и температурного режима при наливе семян [10]. Повышение среднесуточной температуры при созревании семян подсолнечника от 10 до 27 °С почти не влияло на их масличность, но оказывало значительное действие на жирно-кислотный состав масла, уменьшая содержание линолевой кислоты с 70 до 20 % при соответствующем увеличении уровня олеиновой кислоты [11].

Материалы и методы. Исследования проводили в 2017–2021 гг. на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар). В качестве донора высокоолеиновости использовали сорт Круиз, а в качестве реципиента – кондитерский сорт Орешек. На пространственно изолированном участке проводили посев ручными сажалками с междурядьями 70 × 70 см с густотой стояния 20 тыс. шт./га. Родительские растения изолировали до начала цветения: в фазе начала появления язычковых цветков. Гибридизацию проводили с использованием аквакастрации, проводя ежедневный смыв пыльцы обоюполых

трубчатых цветков следующего круга цветения корзинки. Через 2–3 часа проводили опыление растений с нанесением пыльцы отцовской формы. Пыльцу для опыления собирали утром после выхода ее из пыльников путем стряхивания в полупергаментный изолятор. На рыльце цветков материнских растений после снятия изоляторов, наносили пыльцу ватным тампоном, опыляя каждый цветок в отдельности, а затем слегка стряхивали остатки пыльцы на лист полупергаментного изолятора для дальнейшего использования в опылении.

В осеннее-зимний период использовали камеры искусственного климата фитотрона ВНИИМК с фотопериодом 16/8 часов (день-ночь). Определение жирно-кислотного состава масла проводили в лаборатории биохимии с помощью ИК-спектрометрии. Для определения жирно-кислотного состава использовали целые отдельные семянки в количестве 100 шт. из каждой семьи, предварительно отделив их от лузги.

В дальнейшую селекцию включали семьи с содержанием олеиновой кислоты в масле не ниже 90 %.

Наряду с индивидуальным отбором растений ежегодно закладывали питомники направленного переопыления высокоолеиновых крупноплодных форм с соблюдением норм пространственной изоляции, исключающих переопыление с другими биотипами подсолнечника. Размножение в питомниках направленного переопыления способствовало дальнейшему повышению содержания олеиновой кислоты и крупноплодности.

Результаты и обсуждение. В 2017 г. в полевых условиях проведено скрещивание кондитерского сорта Орешек и высокоолеинового сорта Круиз. Были выполнены шесть циклов насыщающих скрещиваний: два – в камерах искусственного климата фитотрона ВНИИМК и четыре – в полевых условиях. Для контроля признака высокоолеиновости и

крупноплодности на каждой стадии отбора использовали индивидуальные семянки с содержанием олеиновой кислоты не менее 85 % в начале цикла и не менее 90 % в последующем. По крупноплодности отбирали семьи с массой 1000 семян не менее 100 г на начальном этапе и выше 120 г в следующих циклах, одновременно несущие ген высокоолеиновости.

В дальнейшем за счет направленного отбора в популяции высокоолеиновых биотипов шло постепенное увеличение содержания олеиновой кислоты в масле, и также за счет отбора на крупноплодность среднее значение массы 1000 семян у потомств отобранных семей увеличивалось с каждым циклом (табл. 1).

Таблица 1

Изменение содержания олеиновой кислоты и массы 1000 семян при отборе крупноплодных высокоолеиновых форм в питомниках первичного семеноводства

ЦЭБ ВНИИМК, 2017–2021 гг.

Год	Количество отобранных семей, шт.	Масличность, %	Масса 1000 семян*, г	Содержание олеиновой кислоты, % (в среднем)
2017	179	43,6	109	69
2018	410	43,7	119	82
2019	350	44,0	125	86
2021	267	44,2	128	> 90

* – при густоте стояния 20 тыс. раст./га

Полученные в наших исследованиях экспериментальные данные показывают, что в среднем за три года по сравнению с исходной популяцией уровень содержания олеиновой кислоты увеличился на 17 % (от 69 до 86 %), а по массе 1000 семян – на 17,4 % (от 109 до 128 г).

Признак масличности для крупноплодного подсолнечника является относительно менее важным по сравнению с массой 1000 семян. В то же время его значения не должны опускаться ниже 40 %. Наличие в популяции высокоолеиновых крупноплодных номеров высокомасличных биотипов при этом не является фактором, ограничивающим их коммерческую ценность, поскольку появляется возможность

двустороннего использования данной продукции как для получения кондитерского сырья, так и для выработки масла.

Проведенные нами исследования показали, что сочетание в популяции высокоолеиновости и крупноплодности при использовании метода периодического отбора с индивидуальной оценкой по потомству и последующим переопылением лучших семей оказалось наиболее точным.

В настоящее время продолжается работа по созданию высокоолеинового крупноплодного исходного селекционного материала с повышенной продуктивностью и улучшенными хозяйственно ценными признаками.

По данным конкурсного сортоиспытания, урожайность перспективного номера С.857 превысила стандарт – высокоолеиновый сорт Круиз – на 12,2 %, по содержанию олеиновой кислоты наблюдается превышение на 2 %. Масса 1000 семян у перспективного номера была на 2,2 % выше, чем у стандарта – крупноплодного сорта Белочка (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика перспективного крупноплодного селекционного материала с высоким содержанием олеиновой кислоты

ВНИИМК, КСИ, 2020–2021 гг.

Происхождение	Высота растения, см	Вегетационный период, сутки	Масса 1000 семян, * г	Масличность, %	Урожайность, т/га	Содержание олеиновой кислоты, %
Белочка – st.	174	90	93	46,7	3,29	-
С.857	171	86	95	45,3	3,30	90,0
Круиз – st.	170	89	55	53,8	2,94	88,0
НСР ₀₅			6,2		0,23	

* – при густоте стояния 40 тыс. шт./га

Проведенный отбор желательных биотипов позволил повысить признак высокоолеиновости и массы 1000 семян у нового селекционного материала.

Полученные результаты свидетельствуют о стабилизации признака высокоолеиновости и крупноплодности в

популяции индивидуальных растений семеноводческой элиты нового селекционного материала.

Важно отметить, что после создания высокоолеинового крупноплодного исходного материала подсолнечника требуется выполнение дополнительного объема работ по выделению перспективных биотипов в звеньях первичного семеноводства для стабилизации признаков высокоолеиновости и крупноплодности.

Заключение. При использовании методов отбора высокоолеиновых форм крупноплодного подсолнечника при свободном цветении повышение олеиновой кислоты и массы 1000 семян происходит медленно, но для получения высокопродуктивного селекционного материала с указанными признаками «метод резервов» оказался наиболее результативным. Применение последовательного комплекса методов гибридизации, возвратных скрещиваний и группового переопыления позволило создать популяцию высокоолеинового крупноплодного подсолнечника и выделить перспективные сортообразцы с содержанием олеиновой кислоты в масле 88–90 %.

Список литературы

1. *Панченко А.Я.* Селекция масличных растений на жирно-кислотный состав масла за рубежом // Бюл. НТИ по масличным культурам. – Краснодар, июнь, 1969. – С. 62–65.
2. *Верещагин А.Г.* Биохимия глицеридов. – М.: Наука, 1972. – С. 306.
3. *Kaya V., Sahin I., Kaya M.U., Evcil G., Citak N.* The future potential of oleic type sunflower in Turkey // Proc. of 17-th Intern. Sunf. Conf. June 8–12, 2008, Cordoba, Spain. – Vol. 2. – P. 791–795.
4. О перспективах развития рынка высокоолеиновых масел в России: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.brevant.ru/news/high-oleic-oil-perspectives.html> (дата обращения: 01.03.2022 г.).
5. *Карабут Т.* Перспективы высокоолеинового подсолнечника в России // Масла и жиры. – 2020. – № 0304. – С. 37–41.
6. *Kutni R., Szalay S., Palvolgyi Z.* Investigation of disease resistance and oleic acid content in a new stock of high oleic sunflower // Proc. 16-th Int. Sunf. Conf., August 29 – September 2, 2004. – Fargo, ND, USA. – P. 597–602.
7. *Солдатов К.И.* Исследования по химическому мутагенезу в селекции подсолнечника // В кн.: История научных исследований во ВНИИМК за 90 лет. – Краснодар, 2003. – С. 45–51.
8. *Демулин Я.Н., Борисенко О.М., Чебанова Ю.В., Левутская А.Н.* Материнский эффект наследования признака среднеолеиновости масла в семенах подсолнечника у гибридов нового поколения // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 1 (165). – С. 16–21.
9. *Fick G.N.* Inheritance of high oleic acid in the seed oil of sunflower // Proc. of Sunflower Res. Workshop, National Sunflower Association, Bismark, ND. – 1984. – P. 9.
10. *Miler J.F., Zimmerman D.C., Vick B.A.* Genetck control of high oleic acid content in sunflower oil // Crop Science. – 1987. – Vol. 27. – No 5. – P. 923–926.
11. *Попов П.С.* О суточном ходе биосинтеза жира и отдельных жирных кислот в семенах подсолнечника // Физиология растений. – 1973. – Т. 20. – Вып. 5. – С. 900–905.
12. *Dempert W.V., Beringer H.* Einfluss von Reifedauer, Temperatur und Saurestoffversorgung auf die Bildung von ungesattigten Fettsauren und Tokopherolen in Sonnenblumentfruchten // Pflanzenernahr

und Bodenkund. – 1976. – Hf. 2. – S. 157–167.

References

1. Panchenko A.Ya. Seleksiya maslichnykh rasteniy na zhirno-kislotnyy sostav masla za rubezhom // Byul. NTI po maslichnym kul'turam. – Krasnodar, iyun', 1969. – S. 62–65.

2. Vereshchagin A.G. Biokhimiya glitseridov. – M.: Nauka, 1972. – S. 306.

3. Kaya V., Sahin I., Kaya M.U., Evci G., Citak N. The future potential of oleic type sunflower in Turkey // Proc. of 17-th Intern. Sunf. Conf. June 8–12, 2008, Cordoba, Spain. – Vol. 2. – P. 791–795.

4. O perspektivakh razvitiya rynka vysokooleinovykh masel v Rossii: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.brevant.ru/news/high-oleic-oil-perspec-tives.html> (data obrashcheniya: 01.03.2022 g.).

5. Karabut T. Perspektivy vysokooleinovogo podsolnechnika v Rossii // Masla i zhiry. – 2020. – № 0304. – S. 37–41.

6. Kutni R., Szalay S., Palvolgyi Z. Investigation of disease resistance and oleic acid content in a new stock of high oleic sunflower // Proc. 16-th Int. Sunf. Conf., August 29 – September 2, 2004. – Fargo, ND, USA. – P. 597–602.

7. Soldatov K.I. Issledovaniya po khimicheskomu mutagenezu v selektsii podsolnechnika // V kn.: Istoriya nauchnykh issledovaniy vo VNIIMKe za 90 let. – Krasnodar, 2003. – S. 45–51.

8. Demurin Ya.N., Borisenko O.M., Chebanova Yu.V., Levutskaya A.N. Materinskiy effekt nasledovaniya priznaka sredneoleinovosti masla v semenakh podsolnechnika u gibridov novogo pokoleniya // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 1 (165). – S. 16–21.

9. Fick G.N. Inheritance of high oleic acid in the seed oil of sunflower // Proc. of Sun-

flower Res. Workshop, National Sunflower Association, Bismark, ND. – 1984. – P. 9.

10. Miler J.F., Zimmerman D.C., Vick B.A. Genetsk control of high oleic acid content in sunflower oil // Crop Science. – 1987. – Vol. 27. – No 5. – P. 923–926.

11. Popov P.S. O sutochnom khode biosinteza zhira i otdel'nykh zhirnykh kislot v semenakh podsolnechnika // Fiziologiya rasteniy. – 1973. – T. 20. – Vyp. 5. – S. 900–905.

12. Dempert W.V., Beringer H. Einfluss von Reifedauer, Temperatur und Saurestoffversorgung auf die Bildung von ungesattigten Fettsauren und Tokopherolen in Sonnenblumentfruchten // Pflanzenernahr und Bodenkund. – 1976. – Hf. 2. – S. 157–167.

Сведения об авторах

В.И. Хатнянский, зав. отд., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

А.А. Децына, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

И.В. Илларионова, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук

В.О. Щербинина, мл. науч. сотр.

Получено/Received

07.07.2022

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

13.07.2022

Получено после доработки/Manuscript revised

18.07.2022

Принято/Accepted

12.10.2022

Manuscript on-line

30.11.2022