

УДК 531.19:575:633.854.78
DOI 10.25230/conf13-2025-03-50

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ТОКОФЕРОЛОВ В СЕМЕНАХ СОРТОВ-ПОПУЛЯЦИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Гордовская Н.Н., Перетягина Т.М.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
nadezda_awyst@mail.ru

В работе представлены результаты изучения общего содержания токоферолов (ОСТ) в семенах восьми сортов-популяций селекции ВНИИМК масличного и кондитерского направлений в течение 2016-2018 гг. Изменчивость ОСТ в сортах составила в среднем за три года 415–533 мг/кг. Установлено, что признак ОСТ зависит в большей степени от генотипа сорта, но условия среды также могут оказывать значительное влияние. Обнаружена достоверная отрицательная корреляция количества токоферолов с массой 1000 и с лужистостью семян, а также положительная взаимосвязь с масличностью и натурой семян. Определено, что сорта с высокой масличностью Скормас, Умник и Платоныч демонстрируют стабильно высокий уровень токоферолов во все три года испытания.

Ключевые слова: токоферолы, изменчивость, генотип-среда.



Введение. На мировом рынке масел Россия занимает ключевую позицию, являясь одним из главных поставщиков подсолнечного масла [1]. В России, как и в остальном мире, сейчас активно набирает обороты тенденция на здоровое питание на растительной основе. Семена и масло подсолнечника являются хорошим источником природного витамина Е (α -токоферола), необходимого микроэлемента для питания и здоровья человека [2].

Токоферолы представляют собой жирорастворимые молекулы, выполняющие в растениях ряд функций, основная из которых – антиоксидантная [3]. Важной их функцией является также защита растительного масла от прогоркания [4]. Витамин Е включает группу жирорастворимых соединений, среди которых α -токоферол является наиболее распространенным и имеет самую высокую антиоксидантную активность *in vivo* [5], на долю которого в семенах подсолнечника приходится более 95% от всей фракции токоферолов [6].

По данным испанских ученых, в семенах линий подсолнечника выявлено от 119 до 491 мг/кг токоферолов [7], и в гибридах от 314 до 1024 мг/кг [8]. В семенах линий селекции ВНИИМК обнаружен диапазон изменчивости ОСТ от 178 до 667 мг/кг. [9]. Выяснилось, что на изучаемый признак оказывает значимое влияние как генотип, так и условия выращивания, а также взаимодействие генотип-среда [8, 10, 11].

В ряде исследований утверждается, что масличность семян не взаимосвязана с количеством токоферолов в них [8, 11], так как их биосинтез происходит независимо [12], по другим данным, между ними существует отрицательная корреляция [13].

Целью настоящей работы было исследование генетической и средовой изменчивости содержания токоферолов в сортах-популяциях разного направления.

Материалы и методы. Опыты проводили в полевых и лабораторных условиях во ВНИИМК, г. Краснодар в период 2016–2018 гг. Полевые опыты выполняли согласно общепринятой методике в течение трех лет с 2016 по 2018 гг. Материалом для исследования были 8 сортов-популяций селекции ВНИИМК масличного и кондитерского направления. Использовали семена от свободно цветущих растений, предоставленные лабораторией селекции сортов подсолнечника. Влагообеспеченность посевов за период апрель-июль 2016–2018 гг. достигала средней многолетней и превышала норму на 75–78 мм в 2016 и 2017 гг. Температура воздуха в 2016–2018 гг. превышала среднемноголетнюю во все три года исследования на 2,6–3,6 °С. Общее содержание токоферолов в семенах (ядрах) определяли в средней пробе очищенных от лузги семян методом прямой экстракции гексаном из мелко размолотого материала в трех повторностях. Оптическую плотность окрашенного раствора измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ви. Полученные результаты обрабатывали с использованием компьютерной программы Excel.

Результаты и обсуждение. Изменчивость общего содержания токоферолов по популяциям в семенах 8 сортов урожая 2018 г. составила 154 мг/кг, в среднем 437 мг/кг, (табл. 1).

Таблица 1. Общее содержание токоферолов в семенах сортов популяций, мг/кг
ВНИИМК, Краснодар, 2016–2018 гг.

Происхождение	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	CV, %
СПК	431	469	352	417	14
С-848	476	401	367	415	13
Джинн	471	471	418	453	7
Белочка	400	432	440	424	5
Орешек	-	423	452	437	5
Скормас	491	588	466	515	13
Платоныч	496	628	474	533	16
Умник	480	-	506	493	4
Среднее	464	487	437	461	
НСР ₀₅	32	80	39	39	
CV, %	8	18	12		

В 2016 г. в том же составе сортов, кроме Орешка, среднее значение было 464 мг/кг с размахом 96 мг/кг. В 2017 г. в тех же сортах, кроме Умника наблюдался наибольший размах изменчивости по генотипам – 227 мг/кг, с соответствующим коэффициентом вариации 18 %, в среднем по сортам величина ОСТ 487 мг/кг.

За все три года исследования масличные сорта Скормас, Умник и Платоньч показывают стабильно самые высокие показатели ОСТ (рис.), в среднем 493–533 мг/кг. Среди крупноплодных сортов такой закономерности не наблюдается. В 2018 г. ОСТ составило у Орешка – 452 мг/кг, в 2017 г. – у СПК и Джинн – 469 и 471 мг/кг, в 2016 г. – у С-848 и Джинн – 476 и 471 мг/кг.

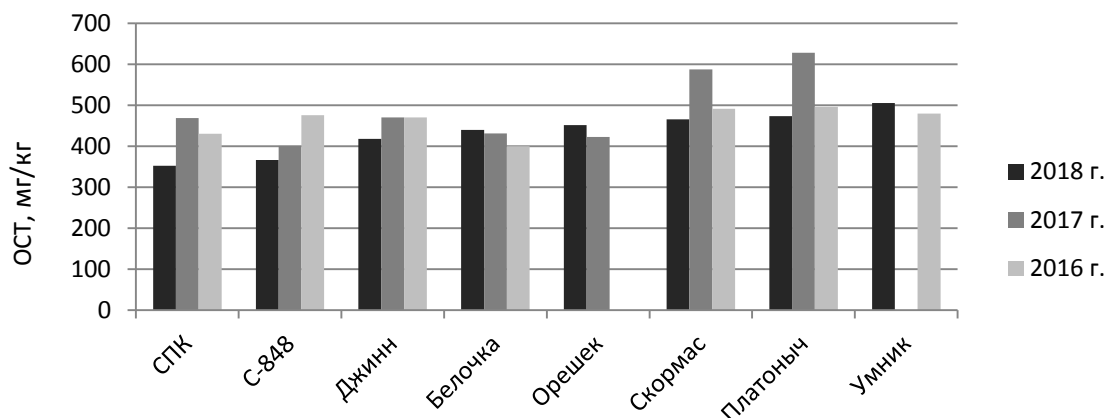


Рисунок – Общее содержание токоферолов в семенах сортов-популяций

Корреляционный анализ трёхлетних данных обнаружил взаимосвязь ОСТ и некоторых признаков качества семян у сортов подсолнечника (табл. 2). Величина коэффициента корреляции между количеством токоферолов в семенах и масличностью варьировала от незначительной до достоверной 0,87, а также между ОСТ и натурой семян 0,76. Найдена обратная зависимость от недостоверной до значимой количества токоферолов с лузжистостью (-0,92) и массой 1000 семян (-0,89).

В итоге, между средними за три года значениями ОСТ и характеристик растений и семян выявлена тесная обратная взаимосвязь изучаемого признака с лузжистостью (-0,86) и с массой 1000 семян (-0,88), и прямая зависимость с масличностью (0,71).

Таблица 2. Корреляция общего содержания токоферолов в сортах с другими признаками семян подсолнечника

Краснодар, ВНИИМК 2016–2018 гг.

Год	Диаметр корзинки, см	Высота растений, см	Всходы-цветение, сутки	Вегетационный период.	Натура. г/л	Масса 1000 семян, г	Лузжистость, %	Масличность, %	Урожайность, т/га	Сбор масла, т/га
2016	-0,32	0,17	0,02	-0,08	0,64	-0,59	-0,66	0,56	-0,37	0,31
2017	-0,28	-0,35	-0,45	-0,44	0,74*	-0,89**	-0,92**	0,86**	-0,84**	-0,41
2018	0,00	-0,58	-0,58	-0,55	0,76*	-0,86**	-0,83**	0,87**	-0,69	-0,06
Среднее	0,03	-0,41	-0,32	-0,27	0,61	-0,88**	-0,86**	0,71*	-0,70	0,21

Примечание. * - достоверно на 5 %-ном уровне значимости, ** - достоверно на 1 %-ном уровне значимости.

Заключение. Таким образом, количество токоферолов в семенах сортов-популяций является генетически контролируемым признаком, т.е. генотипы достоверно различаются между собой и сохраняют свои ранги при изменении условий среды. Причем, в масличных сортах существенно больше токоферолов, чем в крупноплодных что также косвенно подтверждает и обратная значимая корреляция ОСТ с массой 1000 семян и с лузжистостью.



Масличные сорта Скормас, Платоныч и Умник за годы испытания показали самые высокие результаты по ОСТ, 493–533 мг/кг. Хотя биосинтез токоферолов и триацилглицеринов происходит разными путями, высокое содержание токоферолов в высокомасличных генотипах эволюционно обусловлено, являясь необходимым механизмом в семенах для защиты масла от окисления.

Условия года также могут оказывать существенное влияние на количество токоферолов в семенах сортов, как на масличные, так и на кондитерские. Высокая изменчивость по годам наблюдается у сорта Платоныч, где коэффициент вариации составил 16 %. Однако, по результатам трех лет выделены сорта, менее подверженные влиянию среды по признаку ОСТ, это сорта Джинн и Белочка, в которых содержание токоферолов в среднем 453 и 424 мг/кг соответственно.

Благодарности. Работа проводилась под руководством д.б.н., профессора Демурина Я.Н. Авторы благодарны лаборатории селекции сортов подсолнечника за предоставленные семена и селекционную информацию.

Литература

1. Макарская Е.Ю., Кривошлыков К.М. Тенденции развития рынка масличных культур и основные меры государственной поддержки отечественной селекции в современных геополитических условиях // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 2 (198). – С. 108–113.
2. Padley F.B., Gunstone F.D., Harwood J.L. Occurrence and characteristics of oils and fats // The Lipid Handbook, Chapman & Hall, London. – 1994 – P. 47–223.
3. Fritsche S, Wang X, Jung C. Recent advances in our understanding of tocopherol biosynthesis in plants: an overview of key genes, functions, and breeding of vitamin E improved crops. Antioxidants (Basel). 2017. – 6 (4): 99.
4. Mustacich D.J. Bruno R.S., Traber M.G. Vitamin E // Vitamins & Hormones. – 2007. – V. 76. – pp. 1–21.
5. Traber M.G. and Sies H. 1996. Vitamin E in humans: demand and delivery. Ann. Rev. Nutr. 16: 321–347.
6. Попов П.С., Демурин Я.Н. Генетика признаков качества масла // Биология, селекция и возделывание подсолнечника / Под ред. В.М. Пенчукова. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 57–61.
7. Velasco L., Del Moral L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Selection for contrasting seed tocopherol content in sunflower seeds // Journal of Agricultural Science. – 2010. – V. 148. – pp. 393–400.
8. Velasco L., Fernandez-Martinez J.M., Garcia-Ruiz R., Dominguez J. Genetic and environmental variation for tocopherol content and composition in sunflower commercial hybrids // Journal of Agricultural Science. – 2002. – V. 139. – pp. 425–429.
9. Демурин Я.Н., Перетягина Т.М., Гордовская Н.Н. Изменчивость содержания токоферолов в семенах линий подсолнечника // Масличные культуры. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 20–22.
10. Marquard R. Untersuchungen uber dem einflussvon sorte und standort auf den tocopherolgehalt verschiedener pflanzenole // Fat Science and Technology. – 1990. – V. 92, pp. 452–455.
11. Alpaslan M., Gunduz H. The effects of growing conditions on oil content, fatty acid composition and tocopherol content of some sunflower varieties produced in Turkey // Nahrung – 2000. – 44: 434–437.
12. DellaPenna D., Pogson B.J. Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids // Ann. Rev. PlantBiol. – 2006. – 57:711–738.
13. Демурин Я.Н. Фенотипическая изменчивость и корреляция содержания токоферолов с некоторыми биохимическими признаками семян подсолнечника // НТБ ВНИИМК. – 1986. – Вып. II (93). – С. 21–24.

TOTAL TOCOPHEROL CONTENT IN THE SEEDS OF SUNFLOWER VARIETY POPULATIONS

Gordovskaya N.N., Peretyagina T.M.

The article presents the results of the study of the total tocopherol content (TTC) in the seeds of eight oil and confectionery variety populations bred at V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in 2016–2018. The variability of TTC in the varieties amounted to 415–533 mg/kg on the average for three years. It was found that the TTC trait depends more on the genotype of the variety, but environmental conditions can also have a significant effect. A reliable negative correlation was found between the amount of tocopherols and thousand-seed weight and seed huskness, and a positive correlation with oil content and seed weight. It was found that the varieties with high oil content Skormas, Umnik, and Platonych had a consistently high level of tocopherols in all three years of testing.

Key words: tocopherols, variability, genotype-environment.