



УДК 633.854.78

DOI 10.25230/conf12-2023-76-80

**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ
НОВЫХ ВЫСОКОСТЕАРИНОВЫХ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Земцева Т.А., Чебанова Ю.В.

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

kovalenko_tanya2010@mail.ru, aqvablue@mail.ru

В данном исследовании проверена гипотеза о влиянии условий вегетационного периода на признак повышенного содержания стеариновой кислоты новых линий-доноров ЛГ31, ЛГ32 и ЛГ33. Установлено, что генотип оказывал сильное влияние на признак содержания стеариновой и олеиновой кислот. Влияние условий вегетационного периода не превышало 1 %.



Ключевые слова: подсолнечник, стеариновая кислота, олеиновая кислота, инбредная линия, качество масла, сила влияния фактора.

Введение. В настоящее время существует запрос на натуральные твердые растительные масла в связи с тем, что некоторые пищевые рецептуры требуют добавления пластичных или кондитерских жиров для достижения надлежащей консистенции [1, 2]. Пальмовое масло широко используется для этих целей благодаря своему жирнокислотному составу, а также из-за его низкой стоимости, высокого индекса окислительной стабильности, длительного срока годности и отсутствия транс-жиров. Однако увеличение производства пальмового масла наносит ущерб экосистемам, а чрезмерное потребление пальмитиновой кислоты повышает уровень «вредного» холестерина и риск сердечно-сосудистых заболеваний [3].

Подсолнечное масло занимает четвертое место по объемам производства в мире после пальмового, соевого и рапсового. Традиционное подсолнечное масло относится к т.н. линолевому типу с содержанием линолевой кислоты около 60 %. В процессе селекции на жирнокислотный состав подсолнечника выделились и другие типы масел на основе мутантных линий: высокопальмитиновое НР (>25 %), высокоолеиновое НО (>85 %), высоколинолевое LO (>75 %) и высокостеариновое HS (>25 %) [4, 5, 6]. Среди насыщенных жирных кислот для пищевой промышленности наиболее предпочтительной является стеариновая кислота (C18:0), поскольку она не обладает негативными нутрициологическими свойствами [7, 8]. Высокое содержание стеариновой кислоты в растительных маслах обеспечивает твердое или полутвердое состояние при комнатной температуре.

В 1995 году испанскими учеными были созданы первые высокостеариновые мутантные линии CAS-3 (25 %), CAS-4 (16 %), CAS-8 (14 %). Все мутации высокостеариновости (HS) получены при использовании химических мутагенов (этилметансульфоната и азид натрия). В 2002 году была получена еще одна мутантная линия CAS-14, у которой в зависимости от условий произрастания содержание стеариновой кислоты достигало 37,3 % [9]. Также известно, что для проявления повышенного содержания стеариновой кислоты у этой линии требуется температура выше 30 °С днем и 20 °С ночью, а максимальное ее содержание достигается при 39/24 °С. Эта закономерность полностью отличается от того, что наблюдается у линий со стандартным жирно-кислотным профилем и ранее выделенных высокостеариновых линий подсолнечника, которые содержат больше стеариновой кислоты при низких (20/24 °С) температурах [10]. У всех высокостеариновых генотипов, независимо от генетического фона, более высокие температуры повышали содержание пальмитиновой и олеиновой кислот и снижали концентрации линолевой и стеариновой кислот [6]. Однако во многих исследованиях помимо влияния температуры на содержание жирных кислот рекомендуют учитывать такие факторы как срок посева, влажность, тип масла, генотип растений и т.д.

На сегодняшний день в генетической коллекции подсолнечника ВНИИМК есть три инбредные константные линии-доноры с высоким содержанием стеариновой кислоты. Цель данной работы состояла в оценке зависимости содержания признака HS в линиях ЛГ31, ЛГ32 и ЛГ33 от условий вегетационного периода, в том числе от среднесуточной температуры воздуха.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле в г. Краснодар и лабораторных условиях ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Опыт закладывали по общепринятой методике в пятипольном севообороте. Предшественником подсолнечника была озимая пшеница. Высокостеариновые линии ЛГ31, ЛГ32 и ЛГ33 выращивали в 2020–2022 гг. в полевых условиях. К моменту цветения соцветия изолировали сетчатыми изоляторами и несколько раз самоопыляли. Убирали корзинки индивидуально. В качестве стандарта использовали низкостеариновую высокоолеиновую линию ВК1-клп. Содержание стеариновой и олеиновой жирных кислот оценивали в отдельных семянках с использованием метода



газожидкостной хроматографии метиловых эфиров на приборе Хроматэк-Кристалл 2000. Статистическую обработку проводили с помощью корреляционного и дисперсионного анализов (ANOVA), входящих в пакет Анализ данных программы Excel.

Результаты и обсуждение. Погодные условия в период исследований были оптимальными для подсолнечника (рис.). Средняя температура воздуха с апреля по октябрь за три года составляла 19,1 °С и была близка к среднемуголетнему значению (19,8 °С). Наиболее жаркими месяцами были июль и август. По количеству выпавших осадков наиболее сухим годом был 2020 г., в 2021 и 2022 гг. их количество превышало среднемуголетний уровень на 97 и 78 мм за вегетационный период. В 2020 г. среднемесячная норма была превышена в мае, июле и сентябре, в то время как в 2021 и 2022 наиболее влажными месяцами были июнь и август.

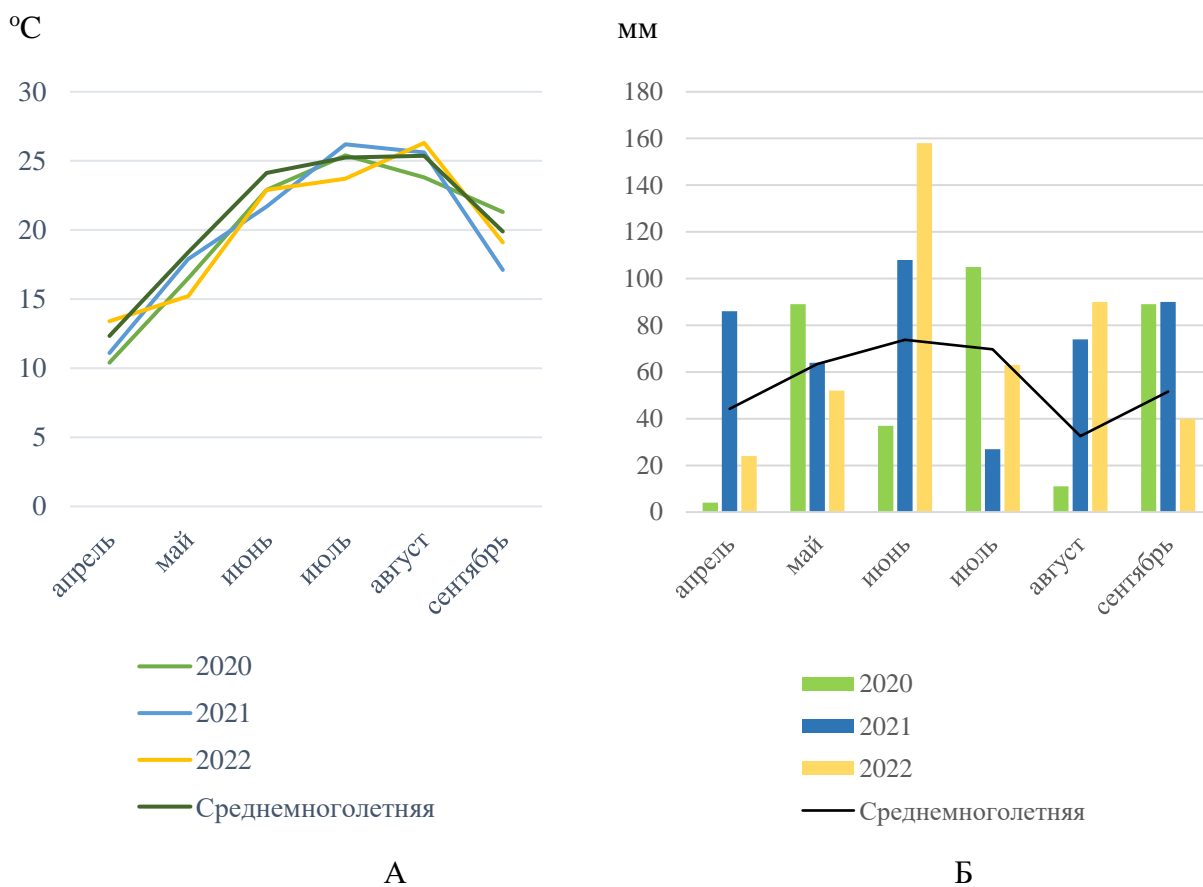


Рисунок – Погодные условия в г. Краснодар в 2020–2022 гг.
А – среднесуточная температура воздуха; Б – количество выпавших осадков

Результаты анализа жирнокислотного профиля в масле семян подтвердили принадлежность линий к фенотипическим классам по содержанию стеариновой и олеиновой кислот (табл. 1). При этом коэффициенты вариации количества С18:0 в семенах во все годы не превышали 20 %, что говорит о средней изменчивости изучаемого признака.

По содержанию олеиновой кислоты все линии, несущие мутацию *Ol*, стабилизировались и имели коэффициенты вариации в 2021–2022 гг. на уровне линии-стандарта ВК1-клп – не более 5 %. Для линии ЛГ33 показатели CV по содержанию С18:1 во все годы исследований были высокими, что характерно для линий с линолевым фенотипом.



Таблица 1. Содержание стеариновой (C18:0) и олеиновой (C18:1) кислот в масле семян высокостеариновых линий-доноров подсолнечника

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020–2022 гг.

Генотип	Год	C18:0, %				C18:1, %			
		\bar{x}	min	max	CV, %	\bar{x}	min	max	CV, %
ЛГ31	2020	18,6	9,6	23,0	17	70,5	66,7	79,0	4
	2021	18,0	13,4	21,7	11	72,4	67,5	77,6	3
	2022	15,4	10,3	19,6	19	73,8	67,6	78,9	4
ЛГ32	2020	19,3	15,5	23,0	14	56,7	9,3	71,8	36
	2021	18,0	15,5	19,9	7	71,7	68,7	74,1	2
	2022	17,4	14,1	20,7	11	71,4	67,8	75,3	3
ЛГ33	2020	22,6	15,5	27,3	15	11,4	9,5	15,7	16
	2021	21,9	14,6	26,6	17	19,2	11,9	43,9	41
	2022	21,2	13,9	29	19	16,9	10,2	23,8	24
ВК1-кпп, st	2020	3,3	2,8	3,7	9	90,0	88,8	90,9	1
	2021	3,5	3,0	4,2	11	89,8	89,2	90,8	1
	2022	2,8	2,4	3,1	8	89,4	85,6	92,0	2
НСР ₀₅		1,7				3,9			

Для всех мутантных линий содержание C18:0 в 2022 году было ниже, чем в 2020 и 2021 гг. Наиболее высокий уровень наблюдали в 2020 г. Поэтому нами на основании ANOVA была проверена гипотеза о влиянии условий вегетационного периода на изучаемый признак. Установлено, что генотип оказывал сильное влияние на признак содержания стеариновой и олеиновой кислот, 89 % и 92 % соответственно (табл. 2). Влияние условий вегетационного периода не превышало 1 % на признаки.

Таблица 2. Влияние условий вегетационного периода и генотипа на уровень стеариновой и олеиновой кислот в масле семян высокостеариновых линий-доноров подсолнечника

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020–2022 гг.

Признак	Сила влияния фактора, %		
	генотип	условия вегетационного периода	взаимодействие
Содержание C18:0	89	1	-
Содержание C18:1	92	1	1

Кроме того, проверили линейную взаимосвязь между содержанием жирных кислот и среднесуточной температурой воздуха в разные месяцы периода вегетации растений (табл. 3). Полученные данные указывают на отсутствие достоверных значений коэффициента корреляции между фактором и признаками ($< 0,3$).

Таблица 3. Взаимосвязь между среднемесячной температурой воздуха и содержанием стеариновой и олеиновой кислот в масле семян высокостеариновых линий-доноров подсолнечника

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020–2022 гг.

Признак	Коэффициент корреляции					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Содержание C18:0	-0,06	0,03	$< 0,01$	0,04	-0,06	0,04
Содержание C18:1	0,04	0,03	-0,07	0,01	0,08	-0,09

Заключение. На основании результатов исследования установлено, что признак повышенного содержания стеариновой кислоты в масле семян подсолнечника является стабильным и не зависит от условий выращивания данных линий.



Благодарности. Работа выполнена под руководством доктора биологических наук, профессора Я.Н. Демурина, при участии в определении жирнокислотного состава масла кандидата биологических наук С.Г. Ефименко.

Литература

1. Ghotra B.S., Dyal S.D., Narine S.S. Lipid shortenings: a review // *Food Research International*. 2002. P. 1015–1048.
2. Talbot G. Fats for confectionery coatings and fillings // *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. Boca Raton (USA): CRC-Press. 2009. P. 53–79.
3. Anushree S., André M., Guillarme D. et al. Stearic sunflower oil as a sustainable and healthy alternative to palm oil. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2017. Vol. 37: 18.
4. Fernandez-Martinez J.M., Velasco L., Perez-Vich B. Progress in the genetic modification of sunflower oil quality // *Proc. 16th International Sunflower Conference, Fargo, USA*. 2004. Vol. 1.
5. Ivanov P., Petakov D., Nicolova V., Pentchev E. Sunflower breeding for high palmitic acid content in the oil // *Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Yugoslavia*. 1988. P. 463–465.
6. Izquierdo N.G., Martínez-Force E., Garcés R., Aguirrezábal L.A., Zambelli A., Reid R. Temperature effect on triacylglycerol species in seed oil from high stearic sunflower lines with different genetic backgrounds. *J Sci Food Agric*. 2016. Vol. 96 (13). P. 67–76.
7. Fernandez-Martinez J.M., Perez-Vich B., Velasco L., Domínguez J. Breeding for specialty oil types in sunflower. // *Helia*. 2007. Vol. 30 (46). P. 75–84.
8. Kris-Etherton P.M., Derr J. Stearic acid is a unique saturated fatty acid // *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 1991. Vol. 11 (6). P. 346–347.
9. Van Rooijen M.A., Mensink R.P. Palmitic acid versus stearic acid: effects of interesterification and intakes on cardiometabolic risk markers – a systematic review // *Nutrients*. 2020. Vol. 12 (3). P. 615.
10. Fernandez-Moya V., Martinez-Force E., Garces R. Temperature effect on a high stearic acid sunflower mutant. *Phytochemistry*. 2002. Vol. 59. P. 33–37.

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON FATTY ACID COMPOSITION OF NEW HIGHLY STEARIC INBRED LINES OF SUNFLOWER

Zemtseva T.A., Chebanova Yu.V.

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

In this research, we checked up a hypothesis about influence of conditions of a vegetative period on an increased content of stearic acid in the new lines-donors LG31, LG32, and LG33. The genotype effected stronger on stearic and oleic acids contents. Impact of conditions of a vegetative period did not exceeded 1 % on these traits.

Key words: sunflower, stearic acid, oleic acid, inbred lines, oil quality, force of factor impact.