



УДК 631.52:633.853.494
DOI 10.25230/conf12-2023-38-43

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У РАСТЕНИЙ
ВЫСОКООЛЕИНОВОГО СОРТА РАПСА ОЗИМОГО ОЛИВИН**

Голова А.А., Горлова Л.А.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Lelyk96@mail.ru, lagorlova26@yandex.ru

Целью исследования являлось определение степени изменчивости основных хозяйственно-ценных признаков у растений сорта Оливин. Опыты были заложены в 2021–2022 гг. Масличность семян, содержание олеиновой, линолевой и линоленовой кислот в масле семян, а также глюкозинолатов в семенах определяли на ИК-анализаторе MATRIX-I. В результате анализа признаки продуктивности и содержания глюкозинолатов одного растения являлись сильноизменчивым $CV=26,4–29,2$ % и $CV=18,0–23,7$ % соответственно, что даёт возможность использовать такие линии в дальнейшей селекции на высокую продуктивность и низкоглюкозинолатность. Масличность, содержание олеиновой и линоленовой кислот характеризовалась слабой изменчивостью, что свидетельствует об ограниченных



возможностях отбора из высокоолеинового сорта Оливин биотипов с целью создания НО и HOLL-линий.

Ключевые слова: рапс озимый, коэффициент вариации, высокоолеиновый сорт Оливин, масса семян одного растения, масличность, глюкозинолаты, олеиновая кислота.

Введение. Рапс (*Brassica napus* L.) является второй по важности масличной культурой в мире [1], которая широко используется в качестве источника масла и белка для пищевых и промышленных целей [2]. Качество рапсового масла в основном зависит от его жирнокислотного состава, особенно от соотношения трёх основных ненасыщенных жирных кислот: олеиновой (C18:1), линолевой (C18:2) и линоленовой (C18:3) [3]. Многие исследования показали, что рапсовое масло с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот положительно влияет на здоровье человека, и в первую очередь может предотвращать возникновение сердечно-сосудистых заболеваний [4].

На сегодняшний день рапсовое масло с содержанием олеиновой кислоты более 75 % (сокращённо НО – High Oleic) и линоленовой менее 3 % – (HOLL – High Oleic Low Linolenic) относится к наиболее полезным типам масел. При хранении или термообработке такое масло содержит максимально низкое содержание транс-жиров в продуктах с высокой питательной ценностью [5].

На первоначальных этапах выращивания высокоолеинового рапса были выявлены проблемы, связанные с невысокой урожайностью сортов, характеризующиеся более продолжительным вегетационным периодом, что в итоге приводило к снижению экономической эффективности и ограниченному спросу со стороны сельхозтоваропроизводителей [6]. Эти проблемы можно решить с помощью применения различных селекционных методов. В настоящее время в селекции рапса широко используются методы молекулярного маркирования и геномного редактирования (трансгенез), но они имеют очевидные недостатки. Например, трансгенный рапс не может использоваться в широких масштабах из-за отсутствия гарантированной безопасности получаемого продукта [7]. По этой причине для получения желаемых результатов необходимо использовать классические методы селекции.

В России селекция озимого рапса на повышенное содержание олеиновой кислоты началась с 2000 года, когда учёными были обнаружены спонтанные мутанты с 70 %-ным уровнем C18:1. Затем методом внутривидовой гибридизации и инбридинга были созданы линии, в которых значение олеиновой кислоты доходило до 82,9 %. В результате таких работ, путём скрещивания линии с повышенным содержанием олеиновой кислоты с сортом Дракон с традиционным жирнокислотным составом, был создан сорт рапса озимого Оливин. В масле семян этого сорта содержится 79,8 % олеиновой кислоты, что на 14 % больше, чем у стандарта. В 2019 г. сорт Оливин был передан в Госкомиссию РФ. В разные годы по урожайности семян и сбору масла сорт Оливин находился ниже или на уровне сорта-стандарта Лорис [8].

Целью данного исследования являлось определение степени изменчивости основных хозяйственно-ценных признаков у растений сорта Оливин, поскольку сильноизменчивые признаки являются, как правило, показателем широких возможностей эффективной селекции, а слабоизменчивые – могут говорить о стабильности признака, что также учитывается при использовании сорта в качестве исходного материала для селекции необходимых параметров.

Материалы и методы. Опыты были заложены в 2021–2022 гг. Материалом для исследования служил высокоолеиновый сорт рапса озимого Оливин. В 2021 г. из сорта было отобрано 153 растения, в 2022 г – 179. Посев осуществляли самоходной селекционной сеялкой Wintersteiger с нормой высева 3,0 кг/га. Густота стояния составляла 40–50 раст./м². Растения убирали и обмолачивали вручную. После очистки семена отдельно были взвешены для определения продуктивности одного растения.



Масличность семян, содержание олеиновой, линолевой и линоленовой кислот в масле семян и глюкозинолатов в семенах определяли на ИК-анализаторе MATRIX-I [9]. Для характеристики фенотипической изменчивости исследуемых признаков мы использовали среднее значение признака (\bar{x}) и коэффициент вариации (CV). Согласно принятой градации, все признаки по величине вариации были отнесены к трем группам изменчивости: слабоизменчивые ($CV \leq 10\%$); среднеизменчивые ($10\% < CV < 20\%$); сильноизменчивые ($CV \geq 20\%$) [10].

Результаты и обсуждения. Погодные условия в межфазный период (конец цветения – созревание) рапса озимого в центральной зоне Краснодарского края сложились так, что в 2021 году выпало в два раза больше осадков, чем в 2022 г. Температура воздуха в среднем была также выше в 2021 году с разницей в несколько градусов (табл.1).

Таблица 1. Погодные условия в межфазный период (конец цветения – созревание) рапса озимого в центральной зоне Краснодарского края

ВНИИМК, Краснодар, 2021–2022 гг.

Месяц	Декада	Температура, °С		Количество осадков, мм	
		2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Май	1	15,8	10,4	17,0	21,2
	2	18,0	14,7	38,0	6,6
	3	19,8	18,8	9,2	9,2
	Среднее/сумма	17,9	14,6	64,2	37,0
Июнь	1	18,0	23,1	21,0	0,2
	2	22,5	22,3	49,0	7,2
	3	24,8	20,9	38,0	44,8
	Среднее/сумма	21,8	22,1	108,0	52,2

Согласно ранее проведённым исследованиям, высокие температуры воздуха оказывают положительное влияние на накопление олеиновой кислоты в масле семян рапса озимого [11]. Однако, несмотря на более высокие температуры воздуха – 22,5–24,8 °С в период налива семян в 2021 г. (табл. 1), содержание олеиновой кислоты оказалось ниже, чем в 2022 г. (табл. 2). Оно варьировало от 76,2 до 81,9 % со средним показателем 78,2 %. В 2022 году эти значения находились в пределах 77,7–84,4 %, в среднем – 80,3 %. Вероятнее всего, на содержание жирных кислот в масле повлиял водный режим. В 2022 г. значение выпавших осадков составило 37,0 мм в мае и 52,2 мм в июне, что практически в 2 раза ниже, чем годом ранее.

Это согласуется с результатами исследований, проведённых на подсолнечнике, в ходе которых наблюдалось увеличение содержания олеиновой кислоты на 5 % в условиях водного стресса по сравнению с другими водными режимами. Такое явление связано с ускорением и более ранним развитием зародыша и накоплением липидов, с короткой продолжительностью всех ферментных активностей, в том числе дельта-12-олеат-десатуразы, отвечающей за десатурацию олеиновой кислоты в линолевою [12].

В годы исследований признак олеиновой кислоты демонстрировал очень слабую изменчивость, поскольку коэффициент вариации находился на уровне 1,6 и 1,2 % (табл. 2). Это показывает высокую степень выравненности и закрепления признака и говорит о сложности ведения селекции на повышение уровня олеиновой кислоты методом отбора биотипов из сорта Оливин. Для поиска растений с высоким (более 82 %) содержанием С18:1 необходимо использовать другие методы создания исходного материала, например, химический мутагенез.

Линоленовая кислота проявляла в наших исследованиях слабое варьирование – от 3,9 до 6,8 % в 2021 г. и от 2,3 до 7,5 % в 2022 г. Коэффициент вариации по признаку содержания линоленовой кислоты был на уровне 7,9–9,7 %. Это свидетельствует об ограниченных



возможностях отбора из высоколиноинового сорта Оливин низколиноленовых биотипов с целью создания HOLL-линий, где уровень С18:3 – ниже 3 %. Линолевая жирная кислота характеризовалась как среднеизменчивый признак с коэффициентом варьирования 13,0–18,4 %.

Таблица 2. Параметры варьирования жирнокислотного состава масла семян растений сорта рапса озимого Оливин

ВНИИМК, Краснодар, 2021–2022 гг.

Признак	\bar{x}		Min		Max		CV, %	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Олеиновая кислота, %	78,2	80,3	76,2	77,7	81,9	84,4	1,6	1,2
Линолевая кислота, %	7,5	8,0	5,1	4,7	15,4	10,7	18,4	13,0
Линоленовая кислота, %	5,0	4,1	3,9	2,3	6,8	7,5	7,9	9,7

В результате анализа хозяйственно-ценных признаков сорта Оливин было установлено, что в условиях 2022 года продуктивность одного растения была выше на 2,5 г, чем в 2021 году, и в среднем составила 11,6 г. Коэффициент варьирования продуктивности у высокоолеинового сорта был выше 20 %-го уровня, соответственно, этот признак можно с уверенностью отнести к сильноизменчивым, что делает возможным использовать такие линии в дальнейшей селекции на высокую продуктивность (табл. 3).

Изменений относительно содержания масла в семенах сорта Оливин выявлено не было. В 2021 и 2022 годах средняя масличность составляла 45,7 %. Коэффициент варьирования этого признака в 2021 году был равен 3,9 %, в 2022 – 3,3 %, Такие низкие показатели свидетельствуют о слабой изменчивости и большой выравненности этого признака (табл. 3). Тем не менее, наличие биотипов с высокой масличностью (49,2–50,7 %), указывает на возможность отбора растений, сочетающих нужные параметры и высокую масличность.

Таблица 3. Параметры варьирования хозяйственно-ценных признаков семян линий сорта рапса озимого Оливин

ВНИИМК, Краснодар, 2021–2022 гг.

Признак	\bar{x}		Min		Max		CV, %	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Масса семян одного растения, г	9,1	11,6	5,1	5,7	21,8	21,8	29,2	26,4
Масличность, %	45,7	45,7	42,2	42,1	50,7	49,2	3,9	3,3
Содержание глюкозинолатов, мкмоль/г	20,1	17,9	6,9	8,5	33,3	33,2	23,7	18,0

Важным показателем для рапса является содержание глюкозинолатов в семенах. Чем ниже уровень этих серосодержащих веществ, тем качественнее шрот (жмых), который используется при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. В стрессовых ситуациях, когда растению нужно активировать защитные силы организма, происходит повышение уровня глюкозинолатов. В более благоприятных погодных условиях 2022 г. содержание глюкозинолатов в семенах в среднем составляло 17,9 мкмоль/г и было ниже в сравнении с предыдущим годом на 2,2 мкмоль/г (табл. 1). Этот признак у сорта Оливин можно отнести в большей степени к сильноизменчивому, поскольку коэффициент вариации составлял 18,0–23,7 %, и с высокой долей вероятности прогнозировать отбор низкоглюкозинолатных биотипов.



Заключение. Таким образом, полученные статистические параметры основных хозяйственно-ценных признаков растений рапса озимого сорта Оливин позволяют сделать вывод об эффективном отборе из этого сорта желаемых биотипов и использование их как исходного материала для дальнейшей селекции по признакам продуктивности, содержания глюкозинолатов и линолевой кислоты. Слабая изменчивость содержания масла, олеиновой и линоленовой кислоты свидетельствует о высокой степени закрепления признаков и их выравненности и указывает на необходимость поиска новых источников нужного содержания этих веществ. Для создания нового селекционного материала можно использовать внутривидовую гибридизацию и/или мутагенез.

Литература

1. Song J. M., Guan Z., Hu J., Guo C., Yang Z., Wang S. et al. Eight high-quality genomes reveal pan-genome architecture and ecotype differentiation of *Brassica napus*. *Nat. Plants*, 2020. 6. P. 34–45.
2. Raboanatahiry, Nadia, Huaixin Li, Longjiang Yu, and Maoteng Li. Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. *Agronomy*. 2021. 11 (9): 1776.
3. Aram S., Weisany W., Daliri M.S., Mirkalaie S.P. Physiology, and Fatty Acid Profile of Canola (*Brassica napus* L.) under Agronomic Management Practices (Direct Seeding and Transplanting) and Zinc Foliar Application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (prepublish), 2021. 21. P. 1735–1744.
4. Tan M., Niu Juan, Peng D.Z., Cheng Q., Luan M.B., Zhang Z.Q. Clone and Function Verification of the OPR gene in *Brassica napus* Related to Linoleic Acid Synthesis. *BMC Plant Biol*. 2022. 22, 192.
5. Richter A., Buckingham M. The economic importance of High Oleic Low Linolenic rape seed oil // Proc. 13th Inter. Rapeseed Cong. Czech Republic. Abstract book. 2011. P. 170.
6. Tian E.T., Liang H.L., Wang J.J., Guo J., Cao H.L., Lin S.C. Variation and Correlation of Erucic Acid, Oleic Acid and Glucosinolate Contents in *Brassica rapa* Seeds. *ASAR*. 2018. 10, pp. 57–60.
7. Wang H.M, Chen Y.L., Shi Y.T., Li J.W., Wang L.G. The current status and expectation of crop molecular breeding in China *Mol. Plant Breed.*, 2020. 18 (2). P. 507–513.
8. Бочкарева Э.Б., Горлова Л.А., Сердюк В.В., Стрельников Е.А., Ефименко С.Г. Сорт высокоолеинового рапса озимого Оливин // Масличные культуры. 2020. №2 (182). С. 154–157.
9. Ефименко С.Г., Ефименко С.К., Кучеренко Л.А., Нагалева Я.А. Экспресс-оценка содержания основных жирных кислот в масле семян рапса с помощью ИК-спектроскопии // Масличные культуры. 2015. №4 (164). С. 35–40.
10. Доспехов А.Б. // Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
11. Голова А.А., Горлова Л.А. Влияние погодных условий на биохимические характеристики высокоолеинового рапса озимого селекции ВНИИМК // материалы 11-й Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов. Краснодар, 2021. С. 35–39.
12. Baldini, Mario & Giovanardi, R. & Tahmasebi Enferadi, Sattar & Vannozzi, Gian. Effects of water regime on fatty acid accumulation and final fatty acid composition in the oil of standard and high oleic sunflower hybrids. *Ital. J. Agron*, 2002. 6. P. 119–126.



VARIABILITY OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN PLANTS OF HIGH-OLEIC WINTER RAPESEED VARIETY OLIVIN

Golova A.A., Gorlova L.A.

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

The purpose of the study was to determine the degree of variability of the main economically important traits in plants of the variety Olivin. The experiments were conducted in 2021–2022. The oil content of seeds, the content of oleic, linoleic, and linolenic acids in seed oil, as well as glucosinolates in seeds, were determined on a MATRIX-I IR analyzer. As a result of the analysis, the traits of productivity and glucosinolates content in plants were highly variable: $CV = 26.4–29.2 \%$ and $CV = 18.0–23.7 \%$, respectively, with the possibility of further breeding for high productivity and low glucosinolates content. The oil content and the content of oleic and linolenic acids were characterized by low variability, which indicates the limited possibilities for selecting biotypes from the high-oleic variety Olivin to develop HO and HOLL-lines.

Key words: winter rapeseed, coefficient of variation, high-oleic variety Olivin, seed weight of one plant, oil content, glucosinolates, oleic acid.