

characterizes varieties in terms of agroecological fitness and adaptive potential by maintenance of the ontogenetic homeostasis of plants in arid conditions of cultivation. If the stress factor of "reservoirs of productive moisture in soil" affects, the objectivity of selection of drought-resistant varieties only by direct traits of the spike performance (length, weight, grain number) is minimized. The use of specific signal or background features of an increased, genetically determined level of performance in assessments of varieties provides a rise in the efficiency and predictability of the selection of potentially highly productive varieties in years with unfavorable growing conditions.

Comparative analysis of parameters for two ranks of the plant performance allows evaluating varieties by their agroecological plasticity, which is largely attributed to the fact that upon transition of plants to a higher level of individual performance competition between productive shoots in distribution of plastic substances is poorly manifested. As a result of the optimal synchrony of their development, spikes of more similar length and weight are formed.

Among the spring barley varieties under investigation, according to the degree of increase in the plant performance parameters of the 2nd rank, variety Donetskiiy 14 was objectively distinguished as a variety with high agroecological plasticity.

In the study, the correlations between individual quantitative characteristics, the plant performance and yield structure parameters and the performance of the varieties under dry growing conditions were determined. The peculiarities of correlations between the yields of varieties and expression of quantitative traits of the performance show that in over 70% of cases a gain in the yield under dry conditions is provided by the ability of a variety to form a more denser productive stands per unit area, which is closely related to the adaptive potential of this variety in terms of maintenance of the ontogenetic homeostasis of plants. Selection of varieties only by phenogenetic expression of direct features of the spike performance (length, weight, grain number) does not fully correspond to the variety model with high ecological plasticity and requires account for a feasible gain in the variety yield under more favorable growing conditions.

Conclusions. The estimated indices of "specific weight of the main and conditional spikes", "spike uniformity" in plants of the 2nd – 3rd ranks of performance, the EORO (efficiency of organogenesis of reproductive organs) are sufficiently effective criteria for selecting environmentally-plastic semi-intensive barley varieties with optimal yields, which would be tolerant to soil and air droughts.

Key words: spring barley, breeding, variety, adaptability parameter, yield, EORO (efficiency of organogenesis of reproductive organs) index

УДК 633.854.78:631.527

DOI:10.30835/2413-7510.2018.152131

МІНЛИВІСТЬ ТА УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ВМІСТУ ОЛЕЇНОВОЇ КИСЛОТИ, МАСИ 1000 НАСІНИН У ПОКОЛІННЯХ F₁, F₂ СОНЯШНИКУ

Кириченко В.В., Удовіченко А.Ю., Леонова Н.М., Супрун О.Г.
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

У статті наведено результати аналізу вмісту олеїнової кислоти в олії насіння десяти ліній соняшнику та у F₁ і F₂ гібридів. Установлено характер успадкування даної ознаки у F₁ при схрещуваннях: за участі обох ліній, звичайних за вмістом олеїнової кислоти, або якщо один із батьківських компонентів є високоолеїною лінією. Вміст олеїнової кислоти успадковується за типом домінування батьківської лінії з низьким її вмістом, або за проміжним успадкуванням. У олії з насіння F₂ гібридів за вмістом олеїнової кислоти було виявле-

но зразки всіх класів – низькоолеїнові (20–34 %), середньоолеїнові (35–55 %), з підвищеним вмістом олеїнової кислоти (60–70 %) і високоолеїнові (>82 %). За масою 1000 насінин спостерігали розщеплення в F_2 і варіювання ознаки в межах 26,0–81,0 г. Установлено істотну негативну кореляцію ($r=-0,351$ для зразків із гібридної комбінації VK-L-4/X51Б і $r=-0,441$ – із гібридної комбінації Cx51A/ VK-L-4) між вмістом олеїнової кислоти в олії та масою 1000 насінин. Залежність між ознаками суттєва, але за такого значення r вважається середньою, ближче до слабкої. Тобто має місце можливість виділення високоолеїнових зразків з високою масою 1000 насінин з вивчених гібридних комбінацій.

Ключові слова: соняшник кондитерський, олеїнова кислота, маса 1000 насінин, лінія, покоління, успадкування.

Вступ. Визначальними ознаками для кондитерських генотипів є високі показники маси 1000 насінин і крупне ціле ядро. На смакові якості насіння впливає вміст білка та олії в ядрі. Вміст білка в ядрі насіння кондитерських гібридів залежно від генотипу та умов вирощування змінюється в межах від 18 % до 28 %. Рівень вмісту олії в ядрі насіння гібридів даного напрямку нижчий, порівняно з олійними гібридами, але теж є доволі високим і сягає 60–65 %. Через це в промисловому виробництві продукції з ядра насіння соняшнику велике значення має стійкість олії до окислення в процесі переробки і збереження. Кращих показників при цьому можна досягти, якщо в жирно-кислотному комплексі буде переважати олеїнова кислота. Наші дослідження спрямовані на виділення ліній соняшнику з високою масою 1000 насінин і підвищеним вмістом олеїнової кислоти в олії.

Аналіз літературних даних, постановка проблеми. Із наукових джерел відомо, що маса 1000 насінин успадковується в F_1 за проміжним типом з домінуванням кращого батьківського компонента, або проявляються ефекти істинного гетерозису [1, 2, 3, 4]. Конкретно для кондитерських гібридів за даною ознакою було визначено домінування кращого батьківського компонента, або гетерозис у F_1 . Також встановлено істотний вплив як материнського і чоловічого компонентів, так і їх взаємодії на рівень маси 1000 насінин у гібридів [5]. У наукових роботах С.Г. Бородин [6] та А.Д. Бочковой і А.В. Пивненко [7], аналізуючи характер успадкування маси 1000 насінин, указують, що для отримання крупноплідного соняшнику відбір за масою 1000 насінин із високоолійного матеріалу не може бути результативним і підкреслюють важливість проведення попереднього відбору вихідних батьківських компонентів за цією ознакою.

Донорами та джерелами цінних ознак для створення вихідного матеріалу гетерозисної селекції кондитерського соняшнику є крупноплідні сорти-популяції (Харківський 7, Запорізький кондитерський, Лакомка, СПК) [8, 9, 10]. Але, серед названих сортів відсутні джерела високого вмісту олеїнової кислоти. Для отримання крупноплідних гібридів з достатнім рівнем вмісту олеїнової кислоти в олії (60–70 %) необхідні додаткові генетичні джерела даної ознаки і знання закономірностей їх успадкування. Донором ознаки високоолеїновості є сорт Первенец, який було створено у 1976 р. К.І. Солдатовим (ВНДЮК ім. В.С. Пустовойта) методом мутагенезу. Вміст олеїнової кислоти в олії цього сорту був на рівні 75 %. В популяційно-генетичній структурі сорту Первенец близько 80 % насіння мало мутантний фенотип (75–95 % олеїнової кислоти від суми жирних кислот), а 20 % насіння було з нормальним фенотипом (близько 30 % олеїнової кислоти) [11]. Важливо, що високоолеїнові зразки з'являються в самозапиленому поколінні як мутантних, так і нормальних вихідних фенотипів [12]. Відомо, що частота прояву *Ol* гена в гетерозиготі може варіювати в діапазоні від 0 % до 100 % [13]. Успадкування ознаки вмісту олеїнової кислоти має складний характер. Існує ціла серія гіпотез відносно генетичного контролю високоолеїновості від одного до п'яти генів з різними типами взаємодії [1]. Я.Н. Демурич стверджує, що генетика високоолеїновості пов'язана з неповною пенетрантністю домінантної мутації високоолеїновості *Ol* за рахунок дії нестабільного супрессора, який є в геномі деяких нормальних ліній [12]. Аналіз успадкування рівня олеїнової кислоти в F_1 , F_2 та BC_1 [14] дозволив установити, що зразки з проміжним вмістом олеїнової кислоти можуть за-

безпечувати високий рівень цієї ознаки в наступних поколіннях, які розщеплюються. При схрещуванні лінії (HAOL9) з високим вмістом олеїнової кислоти з лінією із стандартною якістю олії (HA-89) в поколіннях F_1 , F_2 та BC_1 селекціонерами L. Velasko et al. [15] було отримано генотипи з високим, середнім або низьким рівнем олеїнової кислоти в олії. Я.Н. Демурин, О.М. Борисенко при схрещуванні нормальних ліній виявили в F_2 рекомбінантні високоолеїнові генотипи з частотою близько 8 % [16]. За результатами гібридологічного аналізу ознаки склад жирних кислот у Р, поколіннях, F_1 , F_2 , BC і F_3 інбредних ліній світової колекції доведено, що між вмістом олеїнової кислоти в F_1 і часткою мутантного насіння F_2 існує позитивна кореляція ($r_s=0,64$) [12]. В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва вивчали особливості мінливості жирнокислотного складу олії у ліній та гібридів соняшнику і виявили, що за щорічного добору біотипів з високим та дуже високим вмістом олеїнової кислоти значна мінливість її вмісту та вищеплення низькоолеїнових біотипів спостерігається до сьомого покоління самозапилення. У подальшому жирнокислотний склад олії соняшнику стабілізується на рівні 90,98 % [17, 18]. У роботі В.В. Кириченка та ін. [19] встановлено, що рівень вмісту олеїнової кислоти не пов'язаний негативною залежністю з основними цінними господарськими ознаками генотипів. Це є дуже важливою позитивною властивістю даної ознаки при створенні ліній соняшнику кондитерського типу з підвищеним вмістом олеїнової кислоти та цінними господарськими ознаками.

Мета і задачі досліджень: встановлення особливостей мінливості та характеру успадкування вмісту олеїнової кислоти в олії F_1 і F_2 гібридів при схрещуваннях генетичних джерел з високим вмістом з лініями соняшнику кондитерського типу, створення нового вихідного матеріалу з підвищеним вмістом олеїнової кислоти та високою масою 1000 насінин.

Матеріал і методика. Дослідження виконували впродовж 2015–2017 рр. на дослідних полях Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, у лабораторії селекції та генетики соняшнику і лабораторії генетики, біотехнології та якості, де визначали жирнокислотний склад олії зразків за допомогою газової хроматографії за модифікованим методом Пейскера [20]. Матеріалом для досліджень стали лінії селекції інституту: п'ять – кондитерського типу (X51Б, X63Б, X72Б, X75Б і X2301В), три лінії – компоненти олійних гібридів (X1002Б, X1012Б і X59Б) і дві лінії селекції ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта – VK-L-4 як джерело високого вмісту олеїнової кислоти і β -токоферолу та VK-L-1 як джерело γ -токоферолу в олії насіння соняшнику, F_1 і F_2 покоління. Для вивчення успадкування вмісту олеїнової кислоти в F_1 методом гібридизації та ручної кастрації у 2015 р. було отримано насіння реципрокних гібридів за діалельною схемою схрещувань. У 2016 р. в F_1 отримано насіння другого покоління. У 2017 році закладено дослід з метою вивчення особливостей успадкування вмісту олеїнової кислоти в олії і маси 1000 насінин у поколінні F_2 і для виділення зразків з високим та підвищеним вмістом олеїнової кислоти та високою масою 1000 насінин. Сівбу проводили ручними сівалками за схемою 70x25 см, по дві насінини в гніздо, у фазі 2–3 пар справжніх листків проводили проривку та залишали по одній рослині в гнізді. Всі рослини соняшнику, з яких відбирали насіння для аналізу, ізолювали пергаментними ізоляторами в перший день цвітіння трубчастих квіток. Для встановлення жирнокислотного складу зразків брали середню пробу, 30 насінин з кошика, масу 1000 насінин визначали з цих же кошиків. Генотипи зі звичайним типом олії мають у складі олії 10–50 % олеїнової кислоти, із середнім, або підвищеним вмістом – 46–70 % та високим – вище 72 % [20, 21]. У роботі В.І. Сивенко [17] за розмахом варіювання вмісту олеїнової кислоти в олії насіння соняшнику виділено п'ять класів зразків: з низьким (до 25 %), середнім (25,01–23,00 %), підвищеним (35,01–75,00 %), високим (75,00–90,00 %). Для розподілу вивчених зразків було використано дану класифікацію.

Статистичну обробку даних проводили за загальноприйнятими в селекції генетико-статистичними методами [22].

Обговорення результатів. Погодні умови 2015 року сприяли проведенню запланованих схрещувань і отриманню повноцінного насіння соняшнику F_1 для подальшої роботи. У 2016 році рясні опади і температура повітря нижче 14 °С у період появи сходів і 1-2 пари

справжніх листків спричинили ураження рослин збудником несправжньої борошністої роси. В період цвітіння впродовж декількох днів температура повітря сягала 35–38 °С, що негативно вплинуло на процес запилення та утворення насіння. Надмірні опади в період наливу і досягання насіння в кошиках, слабко виповнені сім'янки були уражені збудником сірої гнилі кошика. В результаті насіння для запланованих обсягів робіт було отримано в обмеженій кількості. У 2017 році дослід за вивченням F₂ було закладено тільки для двох реципрокних гібридних комбінацій Сх51А/ВК-Л-4 і ВК-Л-4/Х51Б. У 2017 році затяжна прохолодна погода в період після сходів і дефіцит опадів у період вегетації соняшнику негативно вплинули на рівень урожайності і, що дуже важливо для кондитерських генотипів, на рівень ознаки маса 1000 насінин.

Упродовж трьох років (2015–2017) проводили аналіз жирнокислотного складу олії в насінні десяти ліній досліді. Виявилось, що більшість із них за вмістом олеїнової кислоти в олії відповідає середньоолеїновому типу (25–35 %), лінія Х51Б стабільно відноситься до низькоолеїнового типу (до 25 %), а лінія ВК-Л-4 характеризується як високоолеїнова і має в жирнокислотному складі олії до 88,88 % олеїнової кислоти. Виділені найбільш типові та стабільні за ознакою лінії – Х51Б, Х2301В і ВК-Л-4 (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика ліній соняшнику за вмістом олеїнової кислоти в олії, %

Лінія	Рік	Вміст олеїнової кислоти, %				Тип олії
		середнє	min	max	σ	
Х51Б	2015	21,40	19,39	23,26	1,628	низько олеїновий
	2016	22,93	22,80	23,00	0,110	
	2017	18,28	16,04	19,57	1,364	
Х2301В	2015	34,60	32,15	38,20	2,986	середньо олеїновий
	2016	36,52	35,18	37,70	1,267	
	2017	31,20	30,65	32,25	0,910	
ВК-Л-4	2015	84,77	84,05	85,50	0,543	високо олеїновий
	2016	87,93	86,73	88,88	1,095	
	2017	84,40	83,00	86,07	0,831	

Відносно інших ліній можна відмітити, що найбільш нестабільною за вмістом олеїнової кислоти в окремих кошиках та за роками була лінія Х1012Б: у 2016 р. – середнє за пробами 40,52 %, максимальне значення 46,10 %; у 2017 р. – середнє 20,09 %, мінімальне значення 16,07 %. Тобто, вміст олеїнової кислоти варіював від низького до підвищеного. У інших ліній мінливість вмісту олеїнової кислоти в окремих кошиках була меншою і стандартне відхилення було в межах 0,101 – 4,868.

За результатами аналізу жирнокислотного складу олії F₁ гібридів, отриманих при схрещуванні ліній, домінування ознаки високоолеїновості не було виявлено. Насіння гібридних комбінацій, отриманих за участі двох звичайних ліній, мали вміст олеїнової кислоти в межах 23,13–33,84 %, тобто вони відносяться до низько-, або середньоолеїнового класу. Гібридні комбінації, компонентом яких була високоолеїнова лінія ВК-Л-4, за вмістом олеїнової кислоти визначились як середньоолеїнові або з підвищеним її вмістом. У схрещуваннях, де лінія ВК-Л-4 використовувалась як материнська, рівень ознаки був стабільно вищим і варіював від 40,36 % до 64,11 %. У реципрокних комбінаціях з цією лінією вміст олеїнової кислоти від загальної суми кислот був у межах 29,52–59,63 %. За ступенем фенотипового домінування характер успадкування вмісту олеїнової кислоти в F₁ за участі лінії ВК-Л-4 визначався у 16 випадках схрещувань (53 %) як проміжний тип успадкування, у 14 випадках схрещувань (47 %) як тип домінування гіршого батьківського компонента за даною ознакою. Стабільно кращі значення вмісту олеїнової кислоти відзначено в трьох гібридних комбінаціях ВК-Л-4/Х51Б, ВК-Л-4/Х2301В і Сх51А/ВК-Л-4 (табл. 2)..

Вміст олеїнової кислоти від загальної суми жирних кислот у F₁ соняшнику, %

Гібридна комбінація	Рік	Середнє	Min	Max	σ
VK-L-4/ X51B	2016	60,86	57,62	64,10	4,582
	2017	61,26	51,77	73,68	6,820
VK-L-4/ 2301B	2016	64,11	63,90	64,31	0,289
	2017	59,14	48,40	70,05	6,870
Cx51A/ VK-L-4	2016	58,18	52,55	65,63	6,729
	2017	56,77	43,67	66,15	6,973

Успадкування вмісту олеїнової кислоти в цих гібридах визначається як проміжний тип і ступінь фенотипового домінування (h_p) дорівнював 0,18, 0,07 і 0,10 % у 2016 році та 0,30, 0,09 і 0,16 % – у 2017 році відповідно

У результаті визначення мінливості вмісту олеїнової кислоти за роками встановлено, що середній і мінімальний показники ознаки у всіх гібридів були вищими у 2016 році, а максимальні значення та розмах варіювання ознаки вищими були у 2017 році. Мінливість за вмістом олеїнової кислоти у визначених F₁ за коефіцієнтом варіації вважається середньою ($V=7,53-12,28$ %).

У 2017 році для визначення особливостей успадкування вмісту олеїнової кислоти в поколінні F₂ було висіяно насіння тільки двох реципрокних гібридних комбінацій: Cx51A/VK-L-4 та VK-L-4/X51B, окрім цього вивчали лінії і покоління F₁. Всього було отримано після сходів, проривки і до фази цвітіння по 57 рослин F₂ кожної комбінації, із них фертильними виявились 30 рослин комбінації Cx51A/VK-L-4 і 34 рослини комбінації VK-L-4/X51B, стерильних 21 і 15 рослин, дуже пригнічених і загиблих – шість і вісім рослин відповідно. З усіх фертильних рослин удалось отримати достатню кількість насіння та зробити аналіз на вміст олеїнової кислоти і оцінити насіння за масою 1000 насінин, формою сім'янки та кількістю насіння.

За масою 1000 насінин лінія соняшнику X51B (стерильний аналог – Cx51A відноється до крупнонасінневих і за багаторічними даними (2011–2015 рр.) рівень цієї ознаки в середньому у лінії X51B – 66,7 г (від 57 до 78 г) [23]. Лінію VK-L-4 вивчено в 2015 та 2016 рр., маса 1000 насінин у ці роки складала 52,0 і 55,6 г відповідно. В 2017 році маса 1000 насінин була істотно нижчою багаторічних даних. За результатами аналізу насіння з ізольованих кошиків ліній, гібридів F₁ і F₂ показники маси 1000 насінин у ліній X51B та VK-L-4 були близькими за значенням і в середньому дорівнювали 43,1 г і 43,3 г, відповідно (табл. 3). При цьому стандартне відхилення було невисоким, особливо у лінії X51B (1,969).

Маса 1000 насінин у ліній та F₁ і F₂ гібридів, г, 2017 р.

Лінія, гібридна комбінація	Покоління	Кількість кошиків, шт.	Середнє	Min	Max	σ
X51B	-	10	43,1	40,0	46,0	1,96
VK-L-4	-	10	43,3	37,0	62,5	4,07
Cx51A/VK-L-4	F ₁	10	58,5	44,5	79,5	14,13
VK-L-4/X51B	F ₁	10	58,6	47,0	71,5	8,09
Cx51A/VK-L-4	F ₂	30	54,8	29,5	78,5	10,74
VK-L-4/X51B	F ₂	34	57,7	26,0	81,0	11,14

У гібридів F₁ за даною ознакою для обох комбінацій визначено істинний гетерозис на рівні 35,1 % (Cx51A/VK-L-4) і 35,3 % (VK-L-4/X51B). Реципрокного ефекту за масою 1000 насінин у F₁ не було. Рівень середніх, мінімальних та максимальних значень в обох комбінаціях близький за значенням. У F₂ за даною ознакою відмічається збільшення роз-

маху варіювання між мінімальним і максимальним значеннями – 49 г у комбінації Сх51А/ВК-Л-4 та 55 г у комбінації ВК-Л-4/Х51Б. Виділено зразки, які за масою 1000 насінин перевищили вихідні лінії, частота виникнення зразків у поколінні F₂ з масою 1000 насінин, вищою за кращу батьківську лінію в комбінації ВК-Л-4/Х51Б складає 88,2 %, а в комбінації Сх51А/ВК-Л-4 – 76,7 %. Отже, з даних гібридних комбінацій є можливість виділити селекційні зразки з високою масою 1000 насінин – вихідний матеріал для отримання кондитерських гібридів. Важливо відмітити високу здатність до самозапилення досліджених ліній, а також вивчених зразків F₁ і F₂ (табл.4).

Таблиця 4

Кількість насінин у самозапиленних кошиках ліній та F₁ і F₂, шт., 2017 р.

Лінія, гібридна комбінація	Покоління	Кількість кошиків, шт.	Середнє	Min	Max	σ
Х51Б	-	10	191	110	250	45,1
ВК-Л-4	-	10	217	100	365	84,6
Сх51А/ВК-Л-4	F ₁	10	529	300	780	169,2
ВК-Л-4/Х51Б	F ₁	10	526	120	880	236,4
Сх51А/ВК-Л-4	F ₂	30	277	105	545	126,9
ВК-Л-4/Х51Б	F ₂	34	244	90	620	147,9

Кількість насінин у кошику при самозапиленні варіювала від 110 до 365 штук у ліній, від 120 до 880 – у F₁ гібридів і від 90 до 620 – у F₂. Здатність до самозапилення позитивно пов'язана з високою продуктивністю та врожайністю ліній і гібридів. Найменша кількість насінин і менша дисперсія за даною ознакою спостерігається у кошиках ліній. У поколіннях F₁ та F₂ як кількість насінин у кошику, так і дисперсія цих значень є значно вищою. Істотного зв'язку між масою 1000 насінин і кількістю сім'янок у кошику у вивченому наборі зразків не було виявлено.

За вмістом олеїнової кислоти в олії насіння F₂ гібридів було виявлено зразки всіх класів – низькоолеїнові (20–34 % олеїнової кислоти), середньоолеїнові (35–55 %), з підвищеним вмістом олеїнової кислоти (60–70 %) і високоолеїнові (>82 %). Розподіл рослин F₂ соняшнику за вмістом олеїнової кислоти в олії насіння гібридних комбінацій Сх51А/ВК-Л-4 та ВК-Л-4/Х51Б наведено на рисунку 1.

Із експериментального гібрида Сх51А/ВК-Л-4 у F₂ отримано три високоолеїнові зразки з вмістом олеїнової кислоти від 83,22 до 83,88 %, сім зразків з підвищеним вмістом – від 59,6 до 79,38 %, у двадцяти зразків вміст олеїнової кислоти був низьким і середнім – від 24,75 до 56,8 %. При схрещуванні зворотньому (ВК-Л-4/Х51Б) у F₂ виявлено сім зразків з високим вмістом олеїнової кислоти – від 81,7 до 87,2 %, вісім зразків з підвищеним вмістом – від 59,32 до 73,5 % і 19 зразків віднесено до низько- та середньоолеїнових. При схрещуванні ліній ВК-Л-4 та Х51Б, у разі коли високоолеїнова лінія є материнським компонентом, то кількість зразків у другому поколінні з високим і підвищеним вмістом олеїнової кислоти є більшою і значення ознаки теж; виділено зразки, у яких рівень вмісту олеїнової кислоти перевищував високоолеїнову батьківську лінію. Ступінь варіювання рівня вмісту олеїнової кислоти в олії насіння зразків F₂ є значно вищим, ніж у лініях і поколінні F₁ (табл. 1, 2). Стандартне відхилення в F₂ дорівнює 15,842 % (Сх51А/ ВК-Л-4) і 23,690 % (ВК-Л-4/Х51Б).

Установлено істотну негативну кореляцію між вмістом олеїнової кислоти в олії та масою 1000 насінин вивчених зразків. За результатами аналізу зразків F₂ із гібридної комбінації (Сх51А/ ВК-Л-4) $r=-0,441$ для $p<0,05$ і для зразків із комбінації (ВК-Л-4/Х51Б) $r=-0,351$ для $p<0,05$, що свідчить про істотну залежність між ознаками, але за такого значення r залежність вважається середньою, ближчою до слабкої. Тобто можливість виділення високоолеїнових зразків з високою масою 1000 насінин з вивчених гібридних комбінацій має місце. Серед отриманих зразків у 2017 році визначено найбільш перспективні за комплексом ознак, або за однією з них (табл. 5).

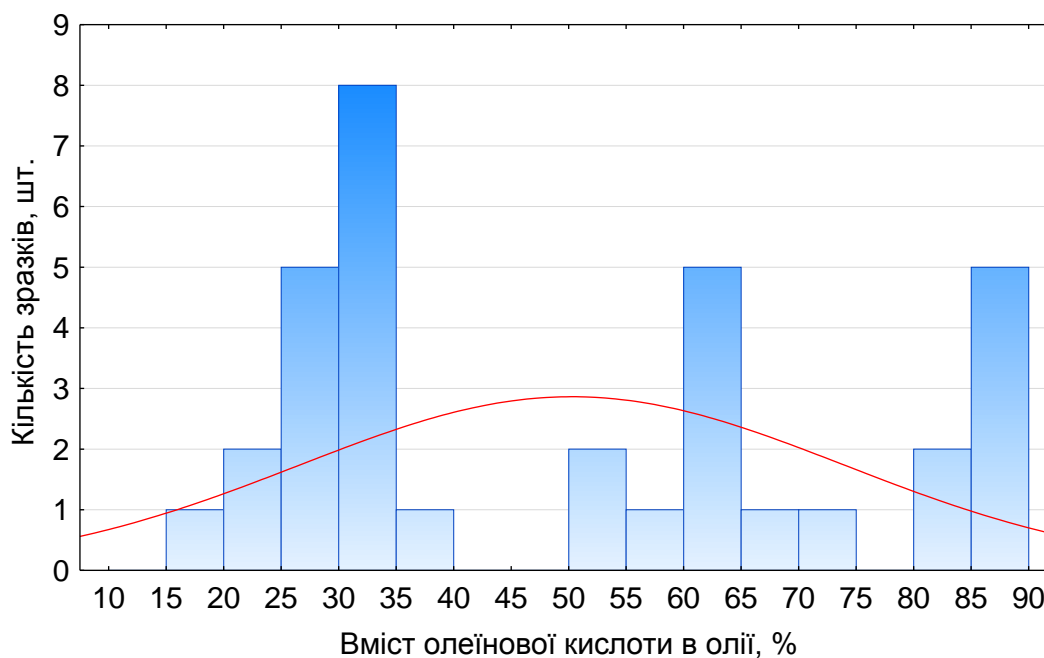
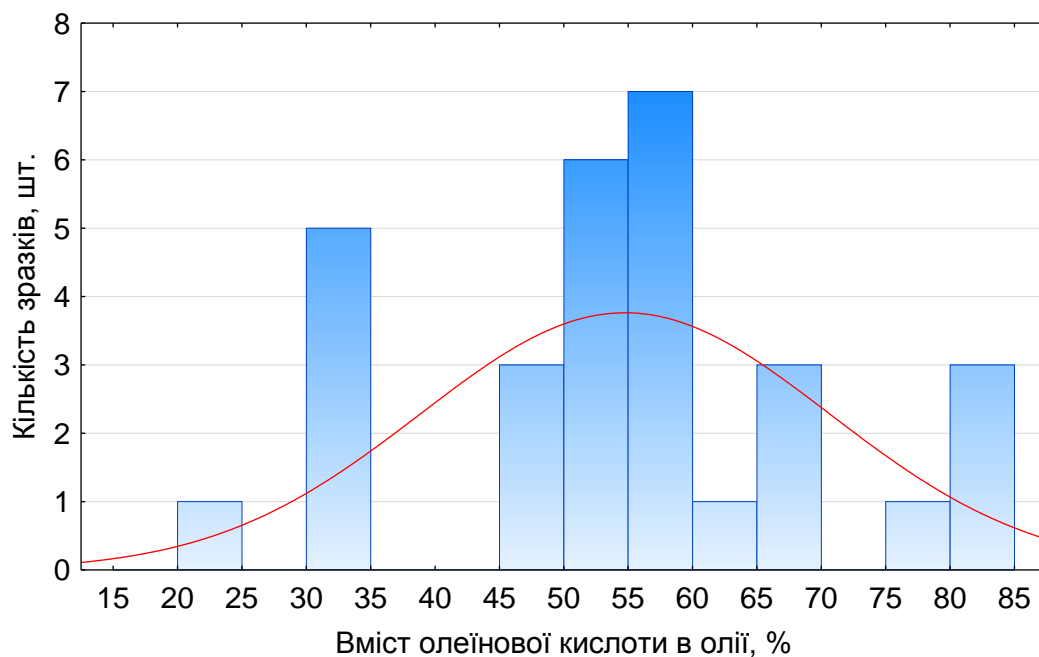


Рис. 1 Розподіл рослин F₂ соняшнику за вмістом олеїнової кислоти в олії насіння гібридних комбінацій Cx51A/VK-L-4 (зверху) та VK-L-4/X51B (знизу), 2017 р.

Таблиця 5

Характеристика рослин F₂ соняшнику за цінними ознаками, 2017 р.

Рослина	Кількість насінин у кошику, шт.	Маса 1000 насінин, г	Вміст олеїнової кислоти, %	Форма сім'янки
Cx51A/ VK-L-4				
1	525	53,5	54,10	вузькояйцеподібна
2	270	78,5	33,54	вузькояйцеподібна
3	420	43,5	79,38	вузькояйцеподібна
4	350	54,5	83,48	вузькояйцеподібна
VK-L-4/X51B				
5	540	59,0	85,96	вузькояйцеподібна
6	620	71,0	50,60	вузькояйцеподібна
7	285	81,0	73,50	вузькояйцеподібна
8	250	39,0	87,82	вузькояйцеподібна

Усі виділені зразки мали достатню кількість насіння при самозапиленні, всі мали сім'янку вузькояйцеподібної форми, що є цінним для нового вихідного матеріалу кондитерського типу. Виявлено рослини (5 і 7), в яких поєднано високий вміст олеїнової кислоти з високою масою 1000 насінин.

Висновки. За результатами вивчення десяти інбредних ліній за вмістом олеїнової кислоти в олії встановлено, що лінія X51B відноситься до низькоолеїнового типу (до 25 %), лінія VK-L-4 є високоолеїною (до 88,88 %), більшість із ліній (вісім) характеризуються як середньоолеїнові (25–35 %).

Установлено характер успадкування даної ознаки у F₁ при схрещуваннях за участі обох ліній, звичайних за вмістом олеїнової кислоти, або якщо один із батьківських компонентів є високоолеїною лінією. Вміст олеїнової кислоти успадковується за типом домінування батьківської лінії з низьким її вмістом, або за проміжним успадкуванням.

За діалельною схемою схрещувань серед отриманих гібридних комбінацій не виявлено високоолеїнових. При схрещуваннях за участі двох звичайних (за вмістом олеїнової кислоти) ліній отримані гібриди характеризувались низьким або середнім вмістом олеїнової кислоти в межах 23,13–33,84 % і лише в схрещуваннях з лінією VK-L-4 виявлено гібридні комбінації з підвищеним вмістом (60–70 %). Стабільно кращі значення вмісту олеїнової кислоти (56,77–64,11 %) відзначено в трьох гібридних комбінаціях: VK-L-4/X51B, VK-L-4/X2301B та Cx51A/VK-L-4.

За вмістом олеїнової кислоти в олії насіння F₂ гібридів виявлено зразки всіх класів – низькоолеїнові (20–34 % олеїнової кислоти), середньоолеїнові (35–55 %), з підвищеним вмістом олеїнової кислоти (60–70 %) і високоолеїнові (>82 %). За масою 1000 насінин спостерігали розщеплення в F₂ і варіювання ознаки в межах 26,0–81,0 г.

5. Установлено істотну негативну кореляцію між вмістом олеїнової кислоти в олії та масою 1000 насінин вивчених зразків. За результатами аналізу зразків F₂ із гібридної комбінації Cx51A/ VK-L-4 встановлено, що $r=-0,441$ для $p<0,05$ та для зразків із комбінації VK-L-4/X51B – $r=-0,351$ для $p<0,05$. Це свідчить про істотну залежність між ознаками, але за такого значення r залежність вважається середньою, ближчою до слабкої. Доведено можливість виділення високоолеїнових зразків з високою масою 1000 насінин з вивчених гібридних комбінацій.

Список використаних джерел

1. Шкорич Д. и др. Генетика и селекция подсолнечника. Сербская академия наук и искусств, Ассоциация «Селекция и семеноводство подсолнечника». Харьков: НТМТ, 2015. 520 с.
2. Вольф В.Г., Думачева Л.П. Гетерозисный эффект у подсолнечника. Селекция и семеноводство. 1972. Вып. 20. С. 64–70.
3. Бородулина А.А., Воскобойник Л.К., Швецова В.П. Биологические особенности проявления гетерозиса у подсолнечника. Вест. с.-х. науки. 1981. № 4. С. 88–92.
4. Marinkovic R. The mode of inheritance of seed yields and some yield components by crossbreeding different inbred lines of sunflower. Agriculture : ph. D. thesis. University of Novi Sad. Faculty. Novi Sad, 1984. P. 17–18.
5. Леонова Н.М., Кириченко В.В., Сивенко А.А. Проявление эффекта гетерозиса и комбинационная способность линий подсолнечника кондитерского типа. Масличные культуры: 2015. Вып. 1(161). С. 16–21.
6. Бородин С.Г. Селекция и семеноводство сортов-популяций подсолнечника: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Краснодар, 2002. 49 с.
7. Бочковой А.Д., Пивненко О.В. О перспективах выделения крупноплодных форм среди сортообразцов масличного подсолнечника. Масличные культуры : 2008. Вып. 1 (138). С. 15–19.
8. Кириченко В.В, Леонова Н.М., Кривошеева О.В., Криворучко Т.М., Рогоуліна Л.В. Сорти–популяції як генофонд в селекції кондитерського соняшнику. Генетичні ресурси рослин. 2011. № 9. С. 93–99.

9. Бочковой А.Д., Пивненко О.В. Отечественные сорта–популяции как исходный материал для селекции крупноплодных гибридов подсолнечника. Масличные культуры. 2007. Вып. 1 (136). С. 3–8.
10. Леонова Н.М., Кириченко В.В., Сивенко О.А., Шепілов Б.П., Супрун О.Г., Ильченко Н.К., Шелякіна Т.А. Нові крупноплодні лінії соняшнику і гібриди, створені за їх участю. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської обл. 2016. Вип. 20. С. 157–166.
11. Демури́н Я.Н. Генетическое изучение признаков качества масла подсолнечника во ВНИИМК. Основные итоги научн.-исследов. работы по масличным культурам (к 100-летию ВНИИМК): материалы международной конференции. Краснодар: ВНИИМК, 2012. С. 28–48.
12. Демури́н Я.Н., Попов П.С., Ефименко С.Г. Гибринологический анализ признака высокоолеиновости масла семян подсолнечника. Масличные культуры. 2001. Вып. 125. С. 3–20.
13. Demurin Ya., Skoric D. Unstable exspression of oil gene for high oleic acid content in sunflower seeds. In: Proc. 14th intl. Sunflower Conf. 1996. Vol/1: 156-161. Beijing/ Shenyang/ China, June12-20. Intl. Sunflower Assoc. Paris, France, 1996.
14. Fernandez-Martinez J.M., Jiemener A., Dominguer J., Garcia J.M., Garces R., Mancha M. Genetic analysis high oleic acid content in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). Euphytica. 1989. 41(1-2). P. 39–51.
15. Velasco L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Inheritance of oleic acid content. under controlled environment. In: Proc. 15th intl. Sunflower Conf., Toulouse, France. Intl. Sunflower Assoc. Paris, France, 2000. P. I, A31–A36.
16. Демури́н Я.Н., Борисенко О.М. Наследование повышенного содержания олеиновой кислоты в масле семян подсолнечника. Масличные культуры. 2011. Вып. 2(148-149). С. 72–74.
17. Сивенко В.І. Особливості створення ліній та гібридів соняшнику олеїнового типу :автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Харків, 2007. 21 с.
18. Макляк Е.Н., Сивенко В.И. Эффективность отбора высокоолеиновых форм подсолнечника. Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений: Сборник тезисов международной конференции. Харьков: Институт растениеводства, 2001. С. 216–217.
19. Кириченко В.В., Макляк К.М., Сивенко В.І., Кузьмишена Н.В. Стабільність господарсько-цінних ознак та модель гібрида соняшнику олеїнового типу. Селекція і насінництво. 2006. Вип. 93. С. 31–41.
20. Прохорова М.И. Методы биохимических исследований. Ленинград: Химия, 1982. 272 с.
21. Reena Rani R.K. Sheoran, Bunt Sharma. Perspectives of breeding for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017. 6(8). P. 949–962. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.608.117.
22. Демури́н Я.Н., Борисенко О.М., Чебанова Ю.В., Левуцкая А.Н. Материнский эффект в наследовании признака среднеолеиновости масла в семенах подсолнечника у гибридов первого поколения. Масличные культуры. 2016. Вып. 1 (165). С. 16–21.
23. Литун П.П., Проскурнин Н.В., Гопций Т. . Методика полевого эксперимента. Харьков, 1996. 271 с.

References

1. Škorić D et al. Sunflower genetics and breeding. Serbian Academy of Sciences and Arts, sso- ciation «Sunflower Breeding and Seed Production». Kharkiv: NTMT, 2015. 520 p.
2. Volf VG, Dumacheva LP. Heterosis effect in sunflower. Seleksiia I semenovodstvo. 1972; 20: 64–70.
3. Borodulina AA, Voskobojnik LK, Shvetsova VP. Biological features of heterosis manifesta- tion in sunflower. Vestnik selskokhozijastvennoi nauki. 1981; 4: 88–92.
4. Marinkovic R. The mode of inheritance of seed yields and some yield components by cross- breeding different inbred lines of sunflower. [dissertation]. University of Novi Sad. Faculty. Novi Sad, 1984. P. 17–18.

5. Leonova NM, Kyrychenko VV, Syvenko OA. Manifestation of heterosis effect and combination ability of confectionery sunflower lines. *Maslichnye kultury*. 2015; 1(161): 16–21.
6. Borodin SG. Breeding and seed production of sunflower varieties-populations. [dissertation]. Krasnodar, 2002. 49 p.
7. Bochkovoj AD, Pivnenko OV. On the prospects for selection of large-fruited forms among varieties of oil sunflower. *Maslichnye kultury*. 2008; 1(138): 15–19.
8. Kyrychenko VV, Leonova NM, Kryvosheieva OV, Kryvoruchko TM, Rogulina LV. Varieties–populations as a gene pool in confectionary sunflower breeding. *Genetychni resursy Roslyn*. 2011; 9: 93–99.
9. Bochkovoj AD, Pivnenko OV. Domestic varieties-populations as starting material for the breeding of large-fruited sunflower hybrids. *Maslichnye kultury*. 2007; 1(136): 3–8.
10. Leonova NM, Kyrychenko VV, Syvenko OA, Shepilov BP, Suprun OG, Ilchenko NK, Sheliakina TA. New large-fruited sunflower lines and hybrids derived from them. *Visnyk Tsentru naukovogo zabezpechennia APV Kharkivskoyi oblasti*. 2016; 20: 157–166.
11. Demurin YaN. Genetic study of sunflower oil quality parameters in the All-Russian Research Institute of Oil Crops. In: Proc. of Internat. conf. The main results of research into oil crops (to the 100th anniversary of the All-Russian Research Institute of Oil Crops. Krasnodar: VNIIMK, 2012. P. 28–48.
12. Demurin YaN, Popov PS, Efimenko SG. Hybridological analysis of the «high oleic acid content in sunflower seed oil» trait. *Maslichnye kultury*. 2001; 125: 3–20.
13. Demurin Ya, Skoric D. Unstable expression of oil gene for high oleic acid content in sunflower seeds. In: Proc. 14th intl. Sunflower conf. Beijing/ Shenyang/ China, June 12–20, 1996. Intl. Sunflower Assoc. Paris, France. 1996. Vol/1. P. 156–161.
14. Fernandez-Martinez JM, Jiemener A, Dominguer J, Garcia JM, Garces R, Mancha M. Genetic analysis high oleic acid content in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*. 1989; 41(1-2): 39–51.
15. Velasco L, Perez-Vich B, Fernandez-Martinez JM. Inheritance of oleic acid content under controlled environment. In: Proc. 15th intl. Sunflower conf., Toulouse, France. Intl. Sunflower Assoc. Paris, France. 2000. P. I, A31–A36.
16. Demurin YaN, Borisenko OM. Inheritance of increased oleic acid content in sunflower seed oil. *Maslichnye kultury*. 2011; 2(148–149): 72–74.
17. Syvenko VI. Peculiarities of the creation of oleic sunflower hybrids and lines. [dissertation]. [Plant Production Institute of NAAS of Ukraine]. Kharkiv, 2007. 21 p.
18. Makliak EN, Syvenko VI. The efficiency of the selection of high-oleic sunflower forms. In: Proc. of Internat. conf. Current problems of plant genetics, biotechnology and breeding. Kharkiv, Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, 2001. P. 216–217.
19. Kyrychenko VV, Makliak KM, Syvenko VI, Kuzmyshena NV. Stability of economically valuable traits and a model of oleic sunflower hybrids. *Sel. Nasinn*. 2006; 93: 31–41.
20. Prokhorova MI. Methods of biochemical investigations. Leningrad: Khimiiya, 1982. 272 p.
21. Reena Rani RK Sheoran, Bunty Sharma. Perspectives of breeding for altering sunflower oil quality to obtain novel oils. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2017; 6(8): 949–962. DOI: 10.20546/ijemas.2017.608.117.
22. Demurin YaN, Borisenko OM, Chebanova YuV, Levutskaia AN. Female effect in the inheritance of the trait of “medium oleic acid content in sunflower seed oil” in the first generation hybrids. *Maslichnye kultury*. 2016; 1(165): 16–21.
23. Litun PP, Proskurnin NV, Goptsiy TI. Methods of field experimentation. Kharkiv, 1996. 271 p.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКА СОДЕРЖАНИЯ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ, МАССЫ 1000 СЕМЯНОК В ПОТОМСТВАХ F₁, F₂ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Кириченко В.В., Удовиченко А.Ю., Леонова Н.Н., Супрун О.Г.
Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

Цель и задачи. Установить особенности изменчивости характера наследования содержания олеиновой кислоты в масле в F₁ и F₂ гибридов при скрещивании генетических источников с высоким ее содержанием с линиями подсолнечника кондитерского типа, создание нового исходного материала с повышенным содержанием олеиновой кислоты и высокой массой 1000 семян.

Материал и методы. Исследования проводили в 2015–2017 гг. на полях научного севооборота Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН. Проведен анализ содержания олеиновой кислоты в масле семян – линий, F₁ гибридов, полученных при скрещивании этих линий, и расщепляющегося поколения F₂. Гибриды были получены в результате диаллельных скрещиваний десяти линий: одна из них высокоолеиновая линия VK-L-4; пять линий кондитерского типа и четыре линии – компоненты масличных гибридов с обычным содержанием олеиновой кислоты.

Обсуждение результатов. По результатам трехлетних данных анализа содержания олеиновой кислоты в масле семян изученные линии распределены по данному признаку: X51Б низкоолеинового типа (до 25 %), линия VK-L-4 – линия высокоолеинового типа (до 88,88 %), все другие линии относятся к среднеолеиновым (25–35 %). В первом поколении повышенное содержание олеиновой кислоты стабильно отмечено только в трех гибридных комбинациях – VK-L-4/X51Б, VK-L-4/X2301В и Cx51A/VK-L-4 (56,77–64,11 %). В этих комбинациях содержание олеиновой кислоты в масле семян наследуется по промежуточному типу и степень фенотипического доминирования (h_p) составляет 0,18, 0,07 и 0,10 % в 2016 году и 0,30, 0,09 и 0,16 % – в 2017 году соответственно.

В расщепляющемся потомстве F₂ были выявлены образцы всех классов по содержанию олеиновой кислоты в масле семян – низкоолеиновые (20–34 %), среднеолеиновые (35–55 %), с повышенным содержанием олеиновой кислоты (60–70 %) и высокоолеиновые (>82 %). По массе 1000 семян также наблюдалось расщепление в F₂ и варьирование признака было в пределах от 26,0 до 81,0 г. Выявлена существенная отрицательная корреляция (r=-0,351 для образцов из гибридной комбинации VK-L-4/X51Б и r=-0,441 – из гибридной комбинации Cx51A/ VK-L-4) между содержанием олеиновой кислоты в масле семян и массой 1000 семян в изученных образцах.

Выводы. В результате исследований установлено, что при скрещивании двух линий с низким или средним содержанием олеиновой кислоты в масле не удалось получить гибриды с высоким или повышенным содержанием олеиновой кислоты. Уровень показателя данного признака не превышал 33,84 %. При получении гибридных комбинаций с высокоолеиновой линией VK-L-4 выделялись гибриды с повышенным содержанием олеиновой кислоты (56,77–64,11 %). Определен характер наследования данного признака в F₁ гибридах при скрещиваниях: двух обычных линий по содержанию олеиновой кислоты, или если один из родительских компонентов является высокоолеиновой линией. Содержание олеиновой кислоты наследовалось по типу доминирования родительской линии с низким ее содержанием, или по типу промежуточного наследования. В потомстве F₂ отмечали наличие образцов всех типов по содержанию олеиновой кислоты от низкоолеиновых (19,75 %) до высокоолеиновых (87,82 %). По массе 1000 семян также проявилось расщепление в F₂, варьирование признака было в пределах 26,0–81,0 г. Установлена существенная отрицательная корреляция между этими двумя признаками, но учитывая невысокие значения r=-0,441 и r=-0,351, является возможным создание высокоолеиновых линий кондитерского типа из изученного селекционного материала.

Ключевые слова: подсолнечник кондитерский, линия, олеиновая кислота, масса 1000 семян, линия, потомство, наследование.

VARIABILITY AND INHERITANCE OF THE «OLEIC ACID CONTENT» AND «1000-ACHENE WEIGHT» TRAITS BY F₁ AND F₂ SUNFLOWER

Leonova N.M., Kyryrchenko V.V., Udovichenko A.Yu., Leonov O.Yu., Suprun O.G.
Plant Production Institute of NAAS, Ukraine

Purpose and objectives. To establish features of the inheritance variability of oleic acid content in oil in F₁ and F₂ hybrids upon crossing genetic sources of high oil content with confectionery sunflower lines, to create new starting material with increased content of oleic acid and high 1000-seed weight.

Material and methods. The study was conducted in the fields of scientific crop rotation of the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS in 2015–2017. The content of oleic acid in achene oil was analyzed in lines, F₁ hybrids derived from crossing these lines and segregating F₂ generation. Hybrids were obtained from diallel crossing ten lines: one of them was high oleic line VK-L-4; five confectionery lines and four lines - components of oil hybrids with usual content of oleic acid.

Results and discussion. The article presents the results of a three-year analysis of the oleic acid content in seed oil. The studied lines were ranked according to this trait: low-oleic Kh51B ($\leq 25\%$), high-oleic VK-L-4 ($\leq 88.88\%$), the other lines were mid-oleic (25–35%). In the first generation, the increased content of oleic acid was stable in only three hybrid combinations: VK-L-4/Kh51B, VK-L-4/Kh2301V and Skx51A/VK-L-4 (56.77–64.11%). In these combinations, the oleic acid content in seed oil is inherited by intermediate type, and the degree of phenotypic dominance (h_p) was 0.18, 0.07 and 0.10%, respectively, in 2016 and 0.30, 0.09 and 0.16%, respectively, in 2017.

In the segregating F₂ offspring, accessions of all the categories of the oleic acid content in seed oil were identified: low-oleic (20–34%), mid-oleic (35–55%), with an increased content of oleic acid (60–70%) and high-oleic ($> 82\%$). As to the 1000-achene weight, segregation in F₂ was also observed, and the trait varied 26.0 to 81.0 g. There was a significant negative correlation ($r = -0.351$ for accessions from hybrid combination VK-L-4/Kh51B and $r = -0.441$ – from hybrid combination Skh51A/VK-L-4) between the oleic acid content in seed oil and 1000-achene weight.

Conclusions. The study established that crossing two lines with low or medium oleic acid content in oil failed to generate hybrids with high or increased oleic acid content. The level of this trait did not exceed 33.84%. Combinations with high-oleic line VK-L-4 gave hybrids distinguished by an increased content of oleic acid (56.77–64.11%). The inheritance type for this trait in F₁ hybrids was determined upon crossing two lines with usual oleic acid content or a line with usual oleic acid content and a high-oleic one. The content of oleic acid was inherited by dominance of low content or by intermediate inheritance. In F₂ offspring, there were accessions of all the types of oleic acid content: from low-oleic (19.75%) to high-oleic (87.82%). F₂ also segregated by 1000-achene weight, and the trait varied within 26.0–81.0 g. There was a significant negative correlation between these two traits, however, given low $r = -0.441$ and $r = -0.351$, it is possible to develop high-oleic confectionery lines from the studied breeding material.

Key words: *confectionary sunflower, line, oleic acid, 1000-achene weight, offspring, inheritance.*