

<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-16>

УДК (UDC): 633.81/.85: 68.35.37

В. М. НИКОНОВА, канд. с.-г. наук,
завідувач лабораторії селекції льону,
e-mail: vnikonova650@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9344-0483>
Інститут олійних культур НААН,
вул. Інститутська, 1, с. Сонячне, Запорізький район, Запорізька область, 69055, Україна

СТВОРЕННЯ СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННОГО МАТЕРІАЛУ НА БАЗІ ГЕНЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ

Мета. Вивчення успадковування жирнокислотного складу лляної олії для успішного створення нового селекційного матеріалу з різним вмістом α -ліноленової кислоти, стійкого до посухи.

Методи. Генетичний аналіз, індивідуальний добір, статистичний, газорідинна хроматографія.

Результати. Проведено схрещування контрастних батьківських форм, низьколіноленового сорту Сонячний (9,7%) з високоліноленовими лініями М-17, ІЗ-2, М-28, М-48 (57,5-64,8%). Встановлено проміжне успадковування ліноленової кислоти (ω -3) та лінолевої (ω -6) у популяції F_1 . При визначенні істинного та гіпотетичного гетерозису, явище не виявлено. У популяціях F_2 підраховано високі коефіцієнти успадковування в широкому сенсі за ненасиченими жирними кислотами (ω -3 та ω -6). Успадковування у вузькому сенсі популяцій F_3 показало також високі значення за ненасиченими жирними кислотами, які досліджували.

Висновки. Вперше в Україні проведено генетичний контроль жирнокислотного складу лляної олії. Результати генетичного аналізу ненасичених жирних кислот (ω -3 та ω -6) у популяцій F_1 , F_2 та F_3 свідчать про ефективність добору ненасичених жирних кислот. Високі показники успадковування також демонструють адитивну дію генів, та незалежність від дуже посушливих умов вирощування льону олійного. Ефективний добір за ліноленової та лінолевої кислот дав змогу виділити ряд селекційно-цінного матеріалу та створити новий сорт Поживний харчового напрямку з вмістом ліноленової кислоти до 10 %, олія якого характеризується подовженими терміном зберігання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лляна олія, ω -3 ліноленова кислота, ω -6 лінолева кислота, характер домінування, успадковування, популяція F_1 - F_3 , сорт

Як цитувати: Ніконова В. М. Створення селекційно-цінного матеріалу на базі генетичного контролю жирнокислотного складу лляної олії. *Проблеми неоекології*. 2026. Вип. 45. С. 213–220. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-16>

In cites: Nikonova, V. M. (2026). Creation of breeding material based on genetic control of the fatty acid composition of flaxseed oil. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (45), 213–220. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-16> (in Ukrainian)

Вступ

За останні десятиліття харчовий ландшафт кардинально змінився. Здорове та різноманітне харчування виходить на перший план. Лляна олія крім технічного напрямку використання, набула популярності як цінна харчова добавка. Вона містить ω -3, ω -6, ω -9, лігнани, білки, харчові волокна, вітаміни, мінерали (Са, Mg, Na, К, Р, Cu, Fe, Mn, Zn та В), феноли, флавоноїди.

Лігнани в лляній олії – це потужні рослини сполуки (фітоестрогени) та антиоксиданти, які містяться в частинках насіння льону мають додаткові переваги для

здоров'я, окрім високого вмісту ω -3. Лляна олія покращує загальний стан здоров'я, підтримує самопочуття та підвищує якість життя, запобігаючи або полегшуючи хронічні захворювання [1,2,3]. Але недоліком лляної олії є її висока чутливість до тепла, світла та впливу кисню. Вирішенням цієї проблеми є створення нових сортів льону олійного з різним вмістом ліноленової (ω -3) та лінолевої (ω -6) кислот, стійких до посухи [4]. Вивчення генетики успадковування жирнокислотного складу олії є основним в цьому аспекті.

© Ніконова В. М., 2026



[This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Дослідження генетичного контролю вмісту ненасичених жирних кислот в олії насіння льону [5] та сої [6] продемонстрували адитивну (кодомінантну) дію генів. У насінні гібридів F_1 успадкування ліноленової кислоти було проміжним. Розподіл F_3 насіння з рослин F_2 з проміжними рівнями 18:3 був подібним до розподілу F_2 [6].

Результати дослідження Zhang та інш. [7] на *Brassica napus* довели, що вміст ліноленової кислоти у F_1 був нижчим, ніж у обох батьків, що вказує на частковий неалелізм батьківських генів. Очевидного гетерозису не спостерігалось. З іншого боку, успадкування вмісту ліноленової кислоти є досить складним процесом, на який впливають ядерні гени, стан розвитку ембріона [8].

Walkowiak та інші [9] відзначили серед гібридів F_1 значну асиметрію в розподілі алелів генів, що визначають вміст олеїнової, лінолевої та α -ліноленової кислот. Оцінка середнього ступеня домінування $(H1/D)1/2$ для лінолевої та α -ліноленової кислот показала неповне домінування. Також були встановлені високі коефіцієнти спадковості у широкому

сенсі для лінолевої (0,88-0,89) та ліноленової кислот (0,86-0,94).

Висока спадковість у поєднанні з високим або помірним генетичним прогресом була виявлена олеїнової та ліноленової кислот [10]. Тоді як середня спадковість була показана для ліноленової та лінолевої кислоти [11].

Дослідники, які проводили генетичний аналіз вмісту жирних кислот в олії, виявили домінування адитивної мінливості над неадитивною. Стосовно льону, виявлено, що вміст ліноленової кислоти детермінується двома незалежними генами з адитивною дією. При цьому спостерігалась висока та середня спадковість для ненасичених жирних кислот.

Але в умовах сильної посухи України (зона Степу) викликає зацікавленість: варіабельність певної ознаки значною мірою зумовлювана генетичними факторами чи впливом навколишнього середовища.

Метою є вивчення успадкування жирнокислотного складу лляної олії для успішного створення нового селекційного матеріалу з різним вмістом α -ліноленової кислоти, стійкого до посухи.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом дослідження є генетика жирнокислотного складу лляної олії льону.

Польові дослідження проводились у 2023-2025 рр. у Інституті олійних культур НААН України (Запорізька область, зона Степу). Закладання дослідів, усі вимірювання та спостереження проводили у відповідності з рекомендаціями [12]. Дослідженнями передбачалося проведення фенологічних спостережень, морфологічних досліджень, оцінювання селекційного матеріалу за господарсько-цінними ознаками і характеристиками.

Для встановлення успадкованості жирнокислотного складу олії, були досліджені сім внутрішньовидових комбінацій F_1 (Сонячний х М-17, Сонячний х М-48, М-48 х Сонячний, Сонячний х ІЗ-2, ІЗ-2 х Сонячний, Сонячний х М-28, М-28 х Сонячний).

Характер домінування гібридів F_1 у даному дослідженні визначали за показником ступеня домінування за формулою [13].

$$h_p = \frac{F_1 - MP}{P - MP}$$

де F_1 – середня арифметична для ознак гібридів першого покоління;

MP – середня арифметична для ознак двох батьківських форм;

P – середня арифметична для батьківської форми з більшим рівнем ознаки.

Характер успадкування визначали згідно градації :

$h_p > +1,0$ – позитивне наддомінування (гетерозис)

$+0,5 < h_p \leq +1,0$ – позитивне домінування;

$-0,5 \geq h_p \leq +0,5$ – проміжне успадкування;

$-1,0 \leq h_p < -0,5$ – негативне домінування

$h_p < -1,0$ – негативне наддомінування (депресія).

Існує декілька типів гетерозису.

Справжній гетерозис розраховується як виражене у відсотках відношення різниці між ознакою гібрида (F_1) та найбільшою величиною ознаки батьківської пари (P_{max}) до найбільшої величини ознаки батьківської пари.

Гіпотетичний гетерозис визначається як виражене у відсотках відношення різниці між ознакою гібрида (F_1) та середньою величиною ознаки батьківської пари ($P_{сер}$) до середньої величини ознаки батьківської пари [14,15,16].

Успадкування у широкому сенсі вмісту жирних кислот в олії проводили на трьох внутрішньовидових популяціях F_2 (Сонячний х М-28, Сонячний х М-48, Сонячний х ІЗ-2). Було проаналізовано по 150 гібридних рослин

F₂ та по 20 рослин F₁ і батьківських форм P₁, P₂. Коефіцієнти успадкованості (H) визначали за формулою [9].

$$H=(F_2-(P_1+P_2+F_1):3):F_2,$$

Де P₁, P₂, F₁, F₂- дисперсії ознак.

Згідно з загальноприйнятою градацією, коефіцієнти успадкованості поділялись на:

високі – 0,66-1,0;

середні – 0,33-0,65;

низькі – 0,0-0,32.

Успадковування у вузькому сенсі вмісту жирних кислот в олії проводили на одній внутрішньовидовій комбінації (Сонячний x М-28). Для визначення вузько-спрямованої спадковості було проаналізовано по 150 гібридних рослин F₃, F₂ за формулою [17,18]

$$h^2(\%) = (G/S \times 100\%),$$

де Selection gain (G= C-A),

differential selection (S = B-A);

(А) - середнє значення ознаки в популяції F₂,

(В) – значення ознаки в результаті відбору в F₂,

(С) – значення ознаки в результаті відбору в F₃.

Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel.

Визначення жирно-кислотного складу насіння проводили методом газорідинної хроматографії (ГРХ) у лабораторії приладо-вимірвальних комплексів та масових аналізів ІОК. Розподіл суміші високомолекулярних жирних кислот на окремі компоненти робили на газорідинному хроматографі «НР 6890». Для підрахунку відсоткового вмісту кожної жирної кислоти розраховували загальну площу піків, беручи її за 100 %. Потім, знаходячи частину піка кожної жирної кислоти у відсотках, отримали значення їх процентного вмісту [19].

Результати дослідження та обговорення

При схрещуванні низьколіноленового сорту Сонячний (9,7%) з високо-ліноленовими лініями М-17, ІЗ-2, М-28, М-48 (57,5-

64,8%) виявлено, що успадкування ліноленової кислоти має в F₁ проміжний характер (таб.1).

Таблиця 1

Ступінь домінування у F₁ за складом ліноленової кислоти у насінні льону олійного, 2023 рік

Table 1

Degree of dominance in F₁ by linolenic acid composition in oilseed flax, 2023

Гібридна комбінація / Hybrid combination	Вміст ліноленової кислоти, % / Linolenic acid content, %			Ступінь домінування / Degree of dominance		Гетерозис, % / Heterosis, %	
	P ₁ (♀)	P ₂ (♂)	F ₁	hp	Тип/ Type	ІГ	ГГ
Сонячний / Sunny x М-17	9,7±0,12	54,4±2,26	34,1±2,53	0,09	ПУ	-37,0	+6,2
Сонячний / Sunny x ІЗ-2	9,7±0,12	57,5±0,17	34,1±2,53	0,02	ПУ	-40,7	+1,4
ІЗ-2 x Сонячний / Sunny	57,5±0,17	9,7±0,12	37,8±4,02	0,17	ПУ	-34,3	+12,5
Сонячний / Sunny x М-48	9,7±0,12	64,8±0,64	41,2±0,86	0,14	ПУ	-36,4	+10,5
М-48 x Сонячний / Sunny	64,8±0,64	9,7±0,12	41,2±0,05	0,14	ПУ	-36,4	+10,5
Сонячний / Sunny x М-28	9,7±0,12	60,0±1,83	40,8±2,27	0,23	ПУ	-32,0	+2,9
М-28 x Сонячний / Sunny	60,0±1,83	9,7±0,12	38,9±2,36	0,16	ПУ	-21,1	+11,5

Примітка: ПУ-проміжне успадковування, ІГ-істинний гетерозис, ГГ- гіпотетичний гетерозис.

Note: ПУ -intermediate inheritance, ІГ -true heterosis, ГГ -hypothetical heterosis.

Вміст ліноленової кислоти в F₁ варіював від 34,1 % у комбінаціях схрещування Сонячний х М-17, Сонячний х ІЗ-2 до 41,2 % у комбінаціях схрещування Сонячний х М-48, М-48 х Сонячний.

При цьому, найменша ступінь домінування була від 0,02-0,09 у комбінаціях схрещування Сонячний х М-17, Сонячний х ІЗ-2, а найбільша 0,23 у комбінації Сонячний х М-28. Залежності від напрямку схрещування (прямі, зворотні) не спостерігалось.

При обчисленні показників істинного гетерозиса у всіх популяціях F₁ відмічено негативне значення, а гіпотетичний гетерозис показав позитивні значення від 1,4 до 12,5%.

Вибір відповідних компонентів для схрещування є першим і найважливішим кроком у створенні нових сортів з бажаними ознаками. Для виведення нових сортів необхідно

знати, як успадковуються досліджувані ознаки. Це дозволить селекціонерам вибрати найефективнішу стратегію відбору. Середня продуктивність батьківської лінії в гібридних комбінаціях відображає адитивну дію генів та частоту сприятливих алелів.

Успадковуваність ознаки в широкому сенсі - це частка фенотипової варіації, що пояснюється генетичними причинами, тоді як вузькоспрямована спадковість - це частка, що пояснюється адитивною дією генів [18].

Як модель для вивчення успадковуваності жирно-кислотного складу олії, досліджено три внутрішньовидові комбінації F₂ (Сонячний х М-48, Сонячний х ІЗ-2, Сонячний х М-28). Батьківські компоненти були контрастними за вмістом ліноленової та лінолевої кислот (табл. 2).

Таблиця 2

Успадковуваність жирнокислотного складу у гібридів F₂ льону олійного, 2024 р.

Table 2

Heritability of fatty acid composition in F₂ hybrids of oilseed flax, 2024

Гібридна комбінація / Hybrid combination	Дисперсія ознаки/ Trait variance				H
	P ₁ (♀)	P ₂ (♂)	F ₁	F ₂	
Сонячний х М-48 /Sunny x M-48	Ліноленова кислота / Linolenic acid				0,98
	1,98	3,99	3,75	197,46	
	Лінолева кислота / Linolenic acid				
Сонячний х ІЗ-2 /Sunny x IZ-2	Ліноленова кислота / Linolenic acid				0,94
	1,98	4,30	31,93	212,71	
	Лінолева кислота / Linolenic acid				
Сонячний х М-28 /Sunny x M-28	Ліноленова кислота / Linolenic acid				0,93
	1,98	0,40	33,79	173,25	
	Лінолева кислота / Linolenic acid				
	Ліноленова кислота / Linolenic acid				0,95
	6,43	0,10	20,99	183,59	
	Лінолева кислота / Linolenic acid				

Як визначено з таблиці 2, коефіцієнти успадковуваності у широкому сенсі у досліджуваних комбінаціях для ненасичених жирних кислот (ліноленової та лінолевої) були високими (0,93-0,98).

Дисперсія ліноленової кислоти у популяції F₁ комбінації схрещування Сонячний х М-48 складала найменше значення – 3,75, у порівнянні з двома іншими комбінаціями. В комбінаціях Сонячний х ІЗ-2 та Сонячний х М-28 цей показник становив 31,93-33,79. У популяції F₂ дисперсія ліноленової кислоти у комбінаціях які досліджували варіювала від 173,5 до 212,71. За лінолевої кислоти спостерігалися аналогічні значення. Результати дисперсійного аналізу продемонстрували високу успадковуваність в широкому сенсі (H=0,93-

0,98), що свідчить про ефективний відбір для ліноленової та ліноленової кислот.

Високі значення успадковуваності вказують на те, що ознаки, що досліджуються, менш залежать від навколишнього середовища в їхній експресії.

Модель розщеплення за вмістом ліноленової кислоти була близькою до 15:1. Тобто вміст даної ненасиченої жирної кислоти детермінують два незалежних гени з адитивною дією.

Вузько-спрямоване успадковування – це прямий підхід, який передбачає порівняння реакцій відбору та диференціалів відбору. Ця концепція вважається ефективною для оцінки стабільності реакції відбору ознаки з двох різних поколінь з неоднаковими впливами

навколишнього середовища. Ефективність цієї концепції також була продемонстрована Farid et al. [18] на популяціях томатів F₃.

Більшість робіт присвячено вивченню кількісних ознак продуктивності, і дуже мало відомо про успадковування жирно-кислотного складу олії льону в популяціях F₃. Тому нами був проведений аналіз вузько-спрямованого успадковування цієї ознаки.

Встановлено високий рівень позитивного успадкування за вмістом ліноленової кислоти (72,88 - 94,61 %) та лінолевої кислоти (93,73 - 139,01 %) при доборі в популяціях F₃ з вмістом ліноленової кислоти в межах 10-40 % (табл.3).

Так, при відборі ліноленової кислоти 30-40 % визначено мінімальне значення вузько-специфічного успадковування +72,88% для ліноленової кислоти та максимальне значення +139,01 % для лінолевої кислоти.

В цілому, значення вузько-специфічного успадковування знаходиться на високому рівні не залежно від відбору ліноленової кислоти 10-40 %.

Таким чином, чим вище значення успадкованості, тим нижчий екологічний вплив на вираження ознаки, який перешкоджає ефективному відбору генотипів.

Тобто, добір у двох різних популяції F₂-F₃ за «жирнокислотним складом олії» є ефективним.

Таблиця 3

**Вузько-спрямоване успадковування у популяції F₃
Сонячний x M-28 при доборі ліноленової кислоти 10-40 %, 2025 р.**

Table 3

**Narrowly directional inheritance in the F₃ population
Sunny x M-28 when selecting for linolenic acid 10-40%, 2025**

Популяція F ₃ Сонячний x M-28 / Population F ₃ Sonnyachny x M-28					
Параметр /Parameter	Назва кислот / Name of acids	Вміст ліноленової кислоти до 10 % / Linolenic acid content up to 10%	Вміст ліноленової кислоти до 10-20 % / Linolenic acid content up to 10-20%	Вміст ліноленової кислоти до 20-30 % / Linolenic acid content up to 20-30%	Вміст ліноленової кислоти до 30-40 % / Linolenic acid content up to 30-40%
F ₂ based population (A)	Ліолева / Linolenic	31,81±1,02	31,81±1,02	31,81±1,02	31,81±1,02
	Ліноленова / Linolenic	38,20±0,98	38,20±0,98	38,20±0,98	38,20±0,98
F ₂ selected (B)	Ліолева / Linolenic	67,21±1,40	55,12±1,23	48,14±1,09	36,68±1,13
	Ліноленова / Linolenic	4,19±1,12	17,58±1,09	21,49±1,05	33,70±1,08
F ₃ selected (C)	Ліолева / Linolenic	71,15±1,03	53,66±1,18	49,79±1,08	38,58±1,10
	Ліноленова / Linolenic	6,07±1,14	20,96±1,04	22,39±1,11	34,92±0,99
Differential selection (S = B-A)	Ліолева / Linolenic	35,7±1,09	23,31±0,97	+16,33±1,14	+4,87±1,12
	Ліноленова / Linolenic	-34,01±0,90	-20,60±1,06	-16,71±0,99	-4,50±0,89
Selection gain (G= C-A)	Ліолева / Linolenic	39,34±1,10	21,85±0,98	+17,98±1,03	+6,77±1,01
	Ліноленова / Linolenic	-32,13±1,07	-17,30±1,09	-15,81±1,12	-3,28±1,15
h ² (%) = (G/Sx 100%)	Ліолева / Linolenic	+110,19	+93,73	+110,10	+139,01
	Ліноленова / Linolenic	+94,47	+83,98	+94,61	+72,88

Висновки

Вперше в умовах посушливої зони Ук-раїні було досліджено генетичний аналіз F₁-F₃ ненасичених жирних кислот у лляній олії.

Виявлено, що успадковування ліноле-нової кислоти у лляній олії має проміжний характер в популяції F₁. Явище гетерозису не виявлено.

Успадковуваність у широкому розу-мінні в досліджуваних комбінаціях F₂ для ненасичених жирних кислот (ліноленової та лінолевої) була висока.

Вузько-спрямоване успадковування у популяції F₃ продемонструвало трохи нижчі показники, ніж у широкому розумінні, але вони залишаються на високому рівні. Це до-звولیло провести ефективний індивідуаль-ний відбір вже в ранніх поколіннях (F₂-F₃),

оскільки фенотип рослини майже точно ві-дображає її генотип.

Підтверджено адитивну дію генів. Тому селекціонер може безпечно здійсню-вати свій відбір на основі фенотипової ек-спресії цих ознак в окремій рослині, засто-суючи прості методи відбору.

На базі вивченого генетичного конт-ролю виділено ряд селекційно-цінних зраз-ків з різним вмістом ненасичених жирних кислот та високою стійкістю до посухи.

Створено новий сорт Поживний харчо-вого використання з вмістом ліноленової ки-слоти до 10 %, стійкий до посухи, який про-ходить державне сорто випробування [20]. Цей сорт рекомендовано для переробки на харчову олію, яка має подовжений строк зберігання.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи уникнення плагіату, фальсифікації даних та дублювання публікацій.

Декларація про використання ШІ

В роботі не використано ресурс штучного інтелекту.

Список використаної літератури

1. Homroy S., Bapputty R.M., Chopra R., Soni R., Sanglekar D., Shah V. Nutritional Benefits of Linseed Oil-Based Omega-3 Fatty Acids. In: Chopra, R., Singh, A., Oberoi, H.S. (eds) Dynamics of Linseed and its Valorization. Springer, 2025. Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-8927-9_8
2. Vergara Nieto A. A., Díaz A. H., Hernández Millán, M., Sagredo, D. Molecular Features, Effective Sources, and Physiological Effects of Omega-3 Unsaturated Fatty Acids on Cardiovascular, Neurological, and Muscular Health, and Clinical Relevance for Several Conditions: A Narrative Review. *Nutrition Reviews*. 2025. nuaf201. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaf201>
3. Duarte S., Shah M. A., Sanches Silva A. Flaxseed in Diet: A Comprehensive Look at Pros and Cons. *Molecules*. 2025. Vol. 30. № 6. 1335. <https://doi.org/10.3390/molecules30061335>
4. Полякова І., Соколов В., Молодченкова О., Безкровна Л., Лях В. Біохімічні особливості насіння сортів льону олійного спеціального призначення. *Хімія харчових продуктів і матеріалів. Нові види сировини*. 2023. Т. 16. № 4. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2540>
5. Green, A. G. Genetic control of polyunsaturated fatty acid biosynthesis in flax (*Linum usitatissimum*) seed oil. *Theoretical and Applied Genetics*. 1986. Vol. 72. № 5. P. 654-661. <https://doi.org/10.1007/BF00289004>
6. Wilcox J. R., & Cavins J. F. Inheritance of low linolenic acid content of the seed oil of a mutant in Glycine max. *Theoretical and Applied Genetics*. 1985. Vol. 71. № 1. P. 74-78. <https://doi.org/10.1007/BF00278257>
7. Zhang X., Lian J., Dai C., Wang X., Zhang M., Su X., Yu C. Genetic segregation analysis of unsaturated fatty acids content in the filial generations of high-linolenic-acid rapeseed (*Brassica napus*). *Oil Crop Science*. 2021. Vol. 6. № 4. P. 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.10.001>
8. Mendes A., Kelly, A. A., Van Erp H., Shaw E., Powers S. J., Kurup S., Eastmond P. J. bZIP67 regulates the omega-3 fatty acid content of Arabidopsis seed oil by activating fatty acid desaturase3. *The Plant Cell*. 2013. Vol. 25. № 8. P. 3104-3116. <https://doi.org/10.1105/tpc.113.116343>
9. Walkowiak M., Spasibonek S. Krótka, K. Variation and genetic analysis of fatty acid composition in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*. 2022. 218, 2. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02941-6>
10. Choudhary V.R., Ram S., Kumar Rajesh C. A., Bhushan S., Medha P. Genetic variability and heritability estimates for morphological and quality traits in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Adv. Res. J Crop Improv*. 2016. Vol. 7. № 1. P. 121-128. <https://doi.org/10.15740/HAS/ARJCI/7.1/121-128>
11. Yadav K., Yadav R. K., Dubey S. D., Singh H. K., Vishwanath Yogesh and Sanjeev K. A study on midgeneration analysis for seed yield and associated traits in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *International*

- Journal of Microbiological Research*. 2018. Vol. 10. P.1027-1034. <http://dx.doi.org/10.9735/0975-5276.10.3.1097-1103>
12. Лях В., Товстановська Т., Полякова І. Селекція та первинне насінництво льону. Методичні рекомендації. Запоріжжя: Інститут олійних культур НААН, 2023. 41 с. <http://imk.zp.ua/index.php/naukovi-vydannia/rekomendatsii/440-2023-11-15-10-29-48> (дата звернення 26.03.2026)
 13. Beil G. M., Atkins R.E Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State J. Sci.* 1965. Vol. 39. № 3. P. 345-358
 14. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. 1962. № 2. P. 238-286. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200050006x>
 15. Fonseca S., Patterson F. L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*. 1968. Vol. 8. № 1. P. 85-88. <https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800010025x>
 16. Sherbakova Yu. Inheritance of economically valuable characteristics in intervarious hybrids of wheat in soft winter under forest steppe. *Norwegian journal of development of international science*. 2021. № 55-2. P.16-20. URL: https://nor-ijournal.com/wp-content/uploads/2023/09/NJD_55_2.pdf
 17. Dewi S. M., Syukur M. Interaksi genotipe x lingkungan hasil dan komponen hasil 14 genotipe tomat di empat lingkungan dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 2015. Vol. 43. № 1. P. 59-65. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i1.9592>
 18. Farid M., Anshori M.F., Ridwan I. Tomato F₃ lines development and its selection index based on narrow-sense heritability and factor analysis. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*. 2022. Vol. 23. № 11. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231132>
 - 19 ДСТУ ISO 5508:2001. Олії та жири тваринні і рослинні. Аналіз методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT). Чинний від 2003-01-01. Держстандарт України. 2003. 9 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_5508-2001.pdf (дата звернення 26.03.2026)
 20. Ніконова В.М., Лях В.О., Полякова І. О., Безсусідній О.В., Левченко В.І., Луїнос Т.М. Особливості нової лінії льону олійного харчового використання. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. Вип. 39. С. 74-82. <https://doi.org/10.36710/IOC-2025-39-07>

Отримано: 06.04.2026 / Переглянуто: 06.05.2026 / Прийнято: 11.05.2026 / Опубліковано: 30.05.2026

V. M. NIKONOVA, PhD (Agriculture),
Head of the Flax Breeding Laboratory,

e-mail: vnikonova650@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9344-0483>

Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,

1, Institutskaya Str., Soniachne village, Zaporizhzhia District, Zaporizhzhia Region, 69055, Ukraine

CREATION OF BREEDING MATERIAL BASED ON GENETIC CONTROL OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF FLAXSEED OIL

Purpose. To study the inheritance of the fatty acid composition of flaxseed oil for the successful development of new breeding material with varying levels of α -linolenic acid that is drought-tolerant.

Methods. Genetic analysis, individual selection, statistical analysis, gas-liquid chromatography.

Results. Crossbreeding was conducted between contrasting parental forms: the low-linolenic variety Soniachnyi and the high-linolenic lines M-17, IZ-2, M-28, and M-48. Intermediate inheritance of linolenic acid (ω -3) and linoleic acid (ω -6) was established in the F₁ population. When determining true and hypothetical heterosis, the phenomenon was not detected. In the F₂ populations, high heritability coefficients in the broad sense were calculated for unsaturated fatty acids (ω -3 and ω -6). Heritability in the narrow sense in the F₃ populations also showed high values for the unsaturated fatty acids studied.

Conclusions. For the first time in Ukraine, genetic control of the fatty acid composition of flaxseed oil has been conducted. The results of genetic analysis of unsaturated fatty acids (ω -3 and ω -6) in the F₁, F₂, and F₃ populations indicate the effectiveness of selection for unsaturated fatty acids. High heritability indices also demonstrate the additive effect of genes and independence from very arid growing conditions for oil flax. Effective selection for linolenic and linoleic acids made it possible to identify a number of breeding materials of high value and to create a new variety, "Nutritious," intended for food use, with a linolenic acid content of up to 10%, whose oil is characterized by extended shelf life.

KEYWORDS: *flaxseed oil, omega-3 linolenic acid, omega-6 linoleic acid, dominance, inheritance, F₁-F₃ populations, variety*

Conflict of Interest

The author declares no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. Furthermore, the author has fully adhered to ethical norms, including avoiding plagiarism, data falsification, and duplicate publication.

AI Statement

The work does not use artificial intelligence resources.

References

1. Homroy S., Bapputty R.M., Chopra R., Soni R., Sanglekar D., Shah V. (2025). Nutritional Benefits of Linseed Oil-Based Omega-3 Fatty Acids. In: Chopra, R., Singh, A., Oberoi, H.S. (eds) Dynamics of Linseed and its Valorization. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-8927-9_8
2. Vergara Nieto A. A., Díaz A. H., Hernández Millán M., & Sagredo, D. (2025). Molecular Features, Effective Sources, and Physiological Effects of Omega-3 Unsaturated Fatty Acids on Cardiovascular, Neurological, and Muscular Health, and Clinical Relevance for Several Conditions: A Narrative Review. *Nutrition Reviews*, nuaf201. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaf201>
3. Duarte S., Shah M. A., & Sanches Silva A. (2025). Flaxseed in Diet: A Comprehensive Look at Pros and Cons. *Molecules*, 30(6), 1335. <https://doi.org/10.3390/molecules30061335>
4. Poliakova I, Sokolov V, Molodchenkova O, Bezukrovna L, Lyakh V (2023) Biochemical features of the seeds of oil flax varieties for special purposes. *Food Science and Technology*, 16 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2540> (in Ukrainian)
5. Green A. G. (1986). Genetic control of polyunsaturated fatty acid biosynthesis in flax (*Linum usitatissimum*) seed oil. *Theoretical and Applied Genetics*, 72(5), 654-661. <https://doi.org/10.1007/BF00289004>
6. Wilcox J. R., & Cavins J. F. (1985). Inheritance of low linolenic acid content of the seed oil of a mutant in Glycine max. *Theoretical and Applied Genetics*, 71(1), 74-78. <https://doi.org/10.1007/BF00278257>
7. Zhang X., Lian J., Dai C., Wang X., Zhang M., Su X., Yu C. (2021). Genetic segregation analysis of unsaturated fatty acids content in the filial generations of high-linolenic-acid rapeseed (*Brassica napus*). *Oil Crop Science*, 6(4), 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.10.001>
8. Mendes A., Kelly A. A., Van Erp H., Shaw E., Powers S. J., Kurup S., Eastmond P. J. (2013). bZIP67 regulates the omega-3 fatty acid content of Arabidopsis seed oil by activating fatty acid desaturase3. *The Plant Cell*, 25(8), 3104-3116. <https://doi.org/10.1105/tpc.113.116343>
9. Walkowiak M., Spasibionek S. & Krótka K. (2022). Variation and genetic analysis of fatty acid composition in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*, 218, 2. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02941-6>
10. Choudhary V.R., Ram S., Kumar Rajesh C. A., Bhushan S., Medha P. (2016). Genetic variability and heritability estimates for morphological and quality traits in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Adv. Res. J Crop Improv*, 7(1), 121-128. <https://doi.org/10.15740/HAS/ARJCI/7.1/121-128>
11. Yadav K., Yadav R. K., Dubey S. D., Singh H. K., Vishwanath Yogesh and Sanjeev K. (2018.) A study on midgeneration analysis for seed yield and associated traits in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Microbiological Research*. 10.1027-1034. <http://dx.doi.org/10.9735/0975-5276.10.3.1097-1103>
12. Lyakh V, Tovstanovska T, Poliakova I (2023). Selection and primary breeding of Lyon. Methodical recommendations. Zaporizhzhya: Institute of Olive Cultures of the National Academy of Sciences of Ukraine. Retrieved from <http://imk.zp.ua/index.php/naukovi-vydannia/rekomendatsii/440-2023-11-15-10-29-48> (in Ukrainian)
13. Beil, G. M., & Atkins, R. E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal of Science*, 39(3), 345-358.
14. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. (2), 238-286. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200050006x>
15. Fonseca S., Patterson F. L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, 8(1), 85-88. <https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800010025x>
16. Sherbakova Yu (2021). Inheritance of economically valuable characteristics in intervarious hybrids of wheat in soft winter under forest steppe. *Norwegian journal of development of international science*, (55-2), 16-20. Retrieved from https://nor-ijournal.com/wp-content/uploads/2023/09/NJD_55_2.pdf
17. Dewi S. M., Syukur M. (2015). Interaksi genotipe x lingkungan hasil dan komponen hasil 14 genotipe tomat di empat lingkungan dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 43(1), 59-65. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i1.9592>
18. Farid M., Anshori M.F., Ridwan I. (2022). Tomato F₃ lines development and its selection index based on narrow-sense heritability and factor analysis. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 23(11). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231132>
19. DSTU ISO 5508:2001. Animal and vegetable oils and fats. Analysis of fatty acid methyl esters by gas chromatography (ISO 5508:1990, IDT). (2003). Valid from 2003-01-01. State Standard of Ukraine. Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_5508-2001.pdf (in Ukrainian)
20. Nikonova V.M., Lyakh V.O., Poliakova I.O., Bezsusidny O.V., Levchenko V.I., Lupinos T. M. (2025). Features of the new line of food-used oil flax. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops, National Academy of Agrarian Sciences*. (39), 74-82. <https://doi.org/10.36710/IOC-2025-39-07> (in Ukrainian)

Submission received: 06.04.2026 / Revised: 06.05.2026 / Accepted: 11.05.2026 / Published: 30.05.2026