

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМЕНІ В.Я. ЮР'ЄВА

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ З  
ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ  
(науково-методичні рекомендації)

Харків 2023

УДК 633.11:631.527:575

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Інституту  
рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН,  
Протокол №8 від 12.09.2023

**Авторський колектив:**

Кириченко В.В., Макляк К.М., Коломацька В.П., Сивенко В.І.,  
Сивенко О.А., Андрієнко В.В., Леонова Н.М., Луценко Т.М.,  
Шепілов Б.П., Понуренко С.Г., Харитоненко Н.С.

Науковий редактор – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН  
Кириченко В.В.

Представлено новий напрям селекції рослин соняшнику на збільшення вмісту вітаміну Е, ізомерів токоферолів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , а також антиоксидантної активності. Науково-методичні рекомендації супроводжуються малюнками, графіками, таблицями. Наведено бібліографію основних наукових праць. Надано характеристику нових ліній соняшнику з підвищеним умістом  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ізомерів токоферолів та антиоксидантною активністю, які зареєстровані в НЦГРР України.

**Рецензенти:**

Чернобай Л.М. головний науковий співробітник Інституту  
рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН,  
доктор с.-г. наук, с.н.с.

Рябуха С.С. головний науковий співробітник Інституту  
рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН,  
доктор с.-г. наук, с.н.с.

© Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, 2023

© Колектив авторів, 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. СЕЛЕКЦІЯ СОНЯШНИКУ НА ЯКІСТЬ.....	5
2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА.....	9
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	11
4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ..	15
ВИСНОВКИ.....	18
ДОДАТКИ.....	19
Форма 1.....	19
Форма 2.....	21
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	22

## ВСТУП

Одна з найцінніших культур – соняшник, в Україні вирощується майже на всій території. Високий попит на соняшникову продукцію – складова економіки сільгоспідприємств та переробної галузі. Поява нових напрямків селекції, спрямованих на підвищення якості сировини дозволяє розширяти експортні можливості держави.

Якість соняшnikової олії обумовлена її жирнокислотним складом та супутніми речовинами, частина з яких може виступати в ролі антиоксидантів. Особливу увагу заслуговують токофероли, які в разі підвищують стійкість до окислення, блокуючи процеси утворення вільних радикалів. Генетичний перерозподіл токоферолів у профілі олії в бік збільшення  $\beta$ -,  $\gamma$ -, або  $\delta$ -ізомерів дозволяють продовжити термін строк її зберігання без застосування синтетичних антиоксидантів, що має особливе значення для здоров'я людини.

Створення ліній та гібридів соняшнику з високою якістю рослинної продукції у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, які будуть пристосовані до умов вирощування у різних природно-кліматичних зонах України, можливо завдяки ідентифікації генів, які контролюють уміст різних ізомерів токоферолів та антиоксидантну активність.

В Україні не достатньо вивчено нові лінії соняшнику зі **ЗМІНЕНИМ** складом ізомерів токоферолів. І особливо у поєднанні з елементами високої продуктивності, стійкості до несправжньої борошнистої роси, іржі, сірої та білої гнилі, вовчка тощо.

Науково-методичні рекомендації, які запропоновані колективом авторів Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, дозволять спрямувати селекцію на підвищення якості олії. У даних рекомендаціях надані результати попередніх досліджень науковців, роботи яких відображені у бібліографії.

## 1. СЕЛЕКЦІЯ СОНЯШНИКУ НА ЯКІСТЬ

Соняшникова олія є цінним джерелом насичених та ненасичених жирних кислот і вітамінів. Її широко використовують у їжу для харчування населення та як інгредієнт у великій кількості продуктів. Людський організм не здатний самостійно синтезувати окремі інгредієнти тому важливо щоб вони потрапляли з продуктами харчування [1]. Крім того соняшникова олія слугує цінною сировиною для технічної промисловості. Соняшникова олія є також популярною серед населення України і інших держав і тому виступає компонентом харчового раціону. На споживчому ринку існує достатня кількість її, але якість не завжди відповідає вимогам [ 2, 3].

Якість же олії, як біологічна, харчова, технічна цінність залежить від складу та молекулярного положення жирних кислот, а також наявності у ній таких компонентів, як токофероли. Сучасна селекція соняшнику передбачає покращення якості соняшникової олії за рахунок підвищення вмісту гліцеридів більш насичених жирних кислот наприклад, олеїнової а також пальмітинової та стеаринової. Вважається, що такий крок призводить до зменшення темпів окислення і забезпечує високі технологічні властивості при застосуванні довготривалої термічної обробки [4,5].

Результати наших досліджень вказують на наявність значного генетичного різноманіття по всіх жирних кислотах. Максимальний вміст пальмітинової кислоти з окремих зразків сягав 41%, що значно більш ніж у пальмовій олії. Найвищий вміст олеїнової кислоти сягав 96,6%, що на 27% більше ніж в олії оливкових дерев.

Збільшення рівня вільних радикалів у живому організмі є нормальною фізичною реакцією на дію стресових факторів. Для нормалізації рівня утворення продуктів вільнорадикального окислення, у дію вступає система антиоксидантного захисту

організму. Така система присутня у всіх живих організмів, де виникають продукти перекисного окислення [6,7].

З накопиченням значного рівня кількості пероксидів та гідропероксидів, олія стає токсичною і непридатна до споживання. Проміжні продукти перекисного окислення негативно впливають на організм людини та його здоров'я, тому надходження антиоксидантів зовні з харчовими продуктами збільшує активність захисних систем в організмі людини.

Серед хімічних сполук, які присутні у насінні соняшнику, на роль антиоксидантів претендують токоферолі. Ці сполуки блокують вільнорадикальні реакції перекисного окислення [8].

Біологічна активність токоферолів була досліджена ще у 30-х роках ХХ століття. Спочатку ці сполуки оцінювалися як вітаміни антистерильності. Але, згодом виявилось, що їх дефіцит призводить до порушення в репродуктивних системах організму.

Токоферолі можуть синтезуватися лише в рослинах, де вони підтримують структурну цілісність клітин, запобігають окисленню ненасичених жирних кислот, приймають участь у обміні білків, вуглеводів, жирів. Природні токоферолі більш біологічно активні ніж синтетичні [9].

Токоферолі, або вітаміни групи Е, беруть свою назву від слова tokos – потомство і латинською ferro – приносити. Сильна біологічна активність цієї речовини привертає увагу дослідників у різних сферах науки, охорони здоров'я, харчової промисловості, сільськогосподарського виробництва тощо [10].

Перші відкриті Евансом токоферолі були позначені як  $\alpha$ - та  $\beta$ - ізомери. Згодом ним було знайдено і  $\gamma$  токоферол. Сама будова  $\alpha$ -токоферолу була встановлена Фернхольцом Е. [11].

За міжнародною номенклатурою всім ізомерам вітаміну Е надано назву токоферол. Ця назва стосується тільки метилтокола, що не ідентична терміну “вітамін Е” [12].

Токоферолі при кімнатній температурі мають світло-жовте, прозоре забарвлення, в'язкої текстури. Вони нерозчинні у воді, але розчинні в жирних та органічних речовинах, добре розчиняються у

нейтральному ефірі, дещо гірше у ацетоні та спирті [13]. Характеризуються високою термічною стійкістю, руйнація їх можлива при температурі 450-500 °С [14].

Одним із методів покращення якості соняшникової олії є використання природних антиоксидантів, а саме токоферолів.

За дослідженнями багатьох вчених встановлено наявність  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - і навіть  $\sigma$ - ізомерів токоферолів у різноманітному вихідному матеріалі, яким є гібриди, лінії, дикі співродичі, мутанти тощо. Дикорослі види соняшнику мають широкий спектр ізомерів токоферолів [15, 16].

За даними дослідників встановлено, що найбільший рівень токоферолу присутній у насінні *H. maximiliani*. Ізомерний склад мав такий спектр: 99% – ізомер  $\alpha$ ; 0,7% –  $\beta$ ; 0,3% –  $\gamma$ , що близько до значень у культурного соняшнику [17].

Однак дикорослі види *Helianthus* мали мінливість вмісту  $\beta$ - і  $\gamma$ - ізомерів токоферолів. Підвищений вміст  $\beta$ - і  $\gamma$ - токоферолу було виявлено в популяції *H. praecox* (11,2% від загального вмісту), *H. debilis* (11,8%). В інших популяціях дикорослих видів соняшнику вміст  $\beta$ -ізомеру токоферолу складав < 6,5%. Підвищений рівень  $\gamma$ -ізомеру виявлено у популяції *H. exilis* – 7,5% і *H. nutalii* – 14,6%. Усі інші популяції характеризувалися низьким вмістом  $\gamma$ -ізомеру токоферолу, а саме – < 2 %.

Генетичний аналіз вмісту токоферолу у самозапильних рослин соняшника показав наявність мутантного рецесивного алеля гена  $trh_1$ , який контролює  $\alpha$ - та  $\beta$ -ізомери токоферолу, а  $trh_2$  детермінує  $\alpha$ - та  $\gamma$ -ізомер. Установлено, що вказані гени не є зчепленими з відомими генами, які контролюють морфологічні ознаки, і успадковуються незалежно від гена *Ol*, а також є ізоферментними локусами. Установлено збільшення  $\alpha$ -ізомеру токоферолу під дією високих температур у період дозрівання насіння. Деталізована генетика успадкування генів  $trh_1$  та  $trh_2$  представлена в роботах Я.М. Демуріна [18].

Дослідженням іспанських вчених, які ретельно вивчали соняшник встановлено, що з 953 зразків виділено дві лінії з

високим вмістом  $\beta$ -ізомеру токоферолу (30,4–48,5%) та  $\gamma$ - 87,9–93,9% від загального вмісту. Встановлено частково рецесивний характер успадкування, і в обох лініях кожна з ознак контролюється алелями одного локусу [19].

Вченими виділено та ідентифіковано два У-ТМТ паралога: У-ТМТ-1 і У-ТМТ-2, які були картовані у восьмій групі зчеплення та пов'язані з локусом *g*. Визначено, що нові профілі токоферолу соняшниковій олії з'являються у результаті трьох неалельних епістатуючих мутацій метилтрансфераз [20].

Отже, відкриваються додаткові можливості селекційного покращення якості олії завдяки природнім антиоксидантам – токоферолам. Ці компоненти олії можуть бути використані як інгібітори окислення. Окрім антиоксидантних властивостей вони мають біологічну цінність у вигляді вітаміну Е [21, 22, 23].

Зрозуміло, що при сполученні в одному генотипі високого вмісту олеїнової кислоти *Ol* і одного з детермінантів генів *trh*<sub>1</sub>, *trh*<sub>2</sub> дозволить отримати олію, яка б характеризувалася довготривалими строками зберігання. Використання Rancimat - теста при 100 °С показало, що стандартна соняшникова олія (лінолевого типу) має строк придатності вісім годин, олеїнового типу 33 години, олеїнового +  $\beta$  ізомер токоферолу 168 годин. Це дає змогу створити нові типи олії, які б задовольняли потреби ринку [24].

Таким чином, дослідження, які проведені вченими світу в галузі селекції на якість олії, свідчать що можна створити гібриди соняшнику з різним профілем якості соняшникової олії; високоолеїнові (ген *Ol*) > 90% олеїнової кислоти; високоолеїнові (*Ol* + *trh*<sub>1</sub> гени); високоолеїнові (*Ol* + *trh*<sub>2</sub> гени); високолінолеві (> 80% лінолевої кислоти); високопальмітинові (> 30% пальмітинової кислоти), а також проміжні гібриди [24, 25].

## 2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА

Починаючи з 2010 року, в Інституті рослинництва іменем В.Я. Юр'єва НААН проводиться робота з вивчення вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику та створення ліній з підвищеним вмістом  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ -ізомерів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками [26].

Наші дослідження було побудовано на використанні неспоріднених за походженням інбредних ліній звичайного соняшнику і ліній-носіїв мутацій перерозподілу ізомерів токоферолів, інбредних ліній-носіїв комбінацій мутагенних генів ізомерного спектру токоферолу [27].

Після проведення добору у популяціях соняшнику, отриманих за участі ліній інституту (X114В, X220В, X279В, X736В, X1334В, X139В, X135В) з конкретними за вмістом ізомерів токоферолів ліній від проф. Д. Шкорича виділено новоутворення, а саме X177В, X1711В, X1719В, X1725В тощо [28].

Аналіз вмісту та складу ізомерів токоферолів здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії на системі Smartline фірми Knauer з використанням колонки Eurospner II – 5 Si 250  $\times$  4 у варіанті прямофазного розділення, рухома фаза – 0,5% із розчину ізопропілового спирту у н-гексані. Для ідентифікації ізомеру токоферолу в зразку використовували стандарти фірми Merck ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ). Аналізували окремо кожен кошик.

Згідно методики визначення вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику матеріал подрібнювали на зерновому млині ЛЗМ-1.

В ємкості з темного скла зважували 3 г шроту на вагах (ТВЕ 0,6-0,01, 4 клас точності) та залишали 9 мл петролейного ефіру (температура кипіння 40–60 °С, чда), після цього розчин ретельно перемішували.

Проби залишали у темному місці на добу. Наступного дня верхній шар проби відбирали медичним шприцем, фільтрували фільтрами (CHROMAFIL GF/PET-45/25) та переносили у віали.

Готові проби за допомогою шприца (Hamilton – 25 мкл або Agilent – 100 мкл) вводили в хроматографічну систему.

Дані аналізу у вигляді хроматограми виводились на екран комп'ютера. Хроматограми зразків соняшнику, які дослідження часу виходу піків стандартів токоферолів. Перерахунок площі піків в міліграм відсотки здійснювали за формулою:

$$P = A_s \times 12 \times c / A_{st} \times 30, \text{ де}$$

$P$  – значення вмісту ізомеру токоферолу, мг %;

$A_s$  – площа піку зразка, який досліджується;

$A_{st}$  – площа піку стандарту відповідного токоферолу;

$c$  – концентрація розчину стандартів токоферолів.

Загальну активність спиртових екстрактів насіння соняшнику визначали спектрофотометричним методом тест-системи з використанням реактиву DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazylradical) (стабільний радикал) [30], як стандарт використовували хлорогенову кислоту.

Для приготування проб рослинний матеріал подрібнювали на зерновому млині ЛЗМ – 1. У віали переносили наважку 0,1 грам шроту та заливали 4,9 мл етилового спирту (80%) у дистильованій воді.

Розчин добре перемішували та залишали на 18–20 годин при кімнатній температурі. На наступний день проби центрифугували на центрифугі ОПн- ЗУХЛ42 при 1,5 тис. обертів (15 хв). У пробах відбирали верхній шар та переносили в чисті віали. Паралельно з цим готували розчин стабільного радикалу DPPH у 80% етиловому спирті. Для цього брали наважку реактиву (100 мл на 0,0055 г), розчиняли в етанолі, розчин ставили на магнітну мішалку (ММЗМ) на 40 хвилин. Приготовлений розчин фільтрували за допомогою фільтрувального паперу.

Після цього брали 0,05 мл спиртового екстракту зразка та додавали 3,5 мл розчину DPPH.

Пробірки з приготованими розчинами ставили на дві години в темне місце. Після цього визначали оптичну густину зразків на спектрофотометрі (UV-Vis-1800) при довжині хвилі 517 нм.

Здатність зразка нейтралізувати стабільний радикал DPPH (AOA %) визначали за формулою:

$$\text{AOA (\%)} = 100 \times (A - B)/A, \text{ де}$$

A – світлопоглинання контрольного зразка (до розчину DPPH додавали розчин 80% етилового спирту);

B – світлопоглинання зразка, який досліджували.

Еквівалент хлорогенової кислоти розраховували згідно калібровочного графіка.

Вміст олії в насінні соняшнику визначали ваговим методом після екстракції олії за допомогою екстрактору Сокслета [31]. Вміст білка в насінні визначали титриметричним методом К'ельдаля, жирнокислотний склад олії – на газовому хроматографі “Сельміхром 1” за модифікованою методикою Пейскера.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Уміст ізомерів токоферолів та його варіювання на 1200 об'єктах досліджень у відсотках складала  $\alpha$  min – 1,03,  $\alpha$  max – 56,79. У  $\beta$  min – 0,004,  $\beta$  max – 43,71;  $\gamma$  min 0,004 +  $\beta$  max – 16,34;  $\delta$  min – 0,004,  $\delta$  max – 18,5 сотих;  $\Sigma$  min – 2,84,  $\Sigma$  max – 84,81.

За такого варіювання вмісту чотирьох ізомерів та їх суми насіння соняшнику можна розподілити на окремі групи: три з підвищеним вмістом окремого ізомеру, або ж з рівномірним їх розподілом у межах одного генотипу. Такий розподіл дозволить використовувати олію в різних напрямках – харчовому або технічному.

У закордонних літературних джерелах інформація щодо розподілу ліній за вмістом токоферолів в насінні соняшнику досить обмежена. В наукових працях Я.М. Демуріна приведені дані щодо 3 ліній, які характеризуються різним розподілом ізомерів токоферолів (ЛГ – 50 %  $\alpha$ -токоферолу, 50%  $\beta$ -токоферолу; ЛГ – 17-5%  $\alpha$ -токоферолу, 95%  $\gamma$ -токоферолу; ЛГ – 24-8% токоферолу, 84%  $\gamma$ -токоферолу) [32].

Іспанські вчені ідентифікували лінії T589 (30% β-токоферолу), T2100 (85% γ-токоферолу), IAST-1 та IAST-540 (більше 85% γ-токоферолу) [30].

Такі критерії не розкривають нового діапазону варіювання вмісту токоферолів. Тому, нами запропоновано розподіл та класи обрахованими за формулою [33].

$$I = X_{\max} - X_{\min} / n, \text{ де}$$

I – інтервал за класами;

$X_{\max}$  – максимальне значення вмісту ізомеру токоферолів;

$X_{\min}$  – мінімальне значення вмісту ізомерів токоферолів;

n – кількість класів.

Кожного року випробувань вибірка зразків, може становити від 100 до 400 штук. Але варіювання кожної з ознак має досить широкі межі, внаслідок чого кількість класів може сягати 30, що не зручно у практичному використанні. Тому, для систематизації вивчених даних нами запропоновано класифікацію за чотирма класами для кожного з ізомерів токоферолів. Окрім чотирьох класів до класифікації нами додано два класи які включають у себе максимальне та мінімальне значення ознаки (табл. 1).

Таблиця 1. Інтервал за класами для α-, β-, γ- і δ-ізомерів токоферолів та їх суми

Назва ізомеру токоферолів	Максимальне значення ознак	Мінімальне значення ознак	Кількість класів	Інтервал між класами
α	56,79	1,01	4	13,94
β	57,34	0,004	4	14,34
γ	34,58	0,004	4	8,65
δ	17,15	0,004	4	4,29
Σ	84,81	2,17	4	20,66

Для α-токоферолу при максимальному та мінімальному значенні ознаки інтервал між класами становив 13,94, для β-

токоферолу – 14,34, для  $\gamma$ -токоферолу – 8,65, для  $\delta$ -токоферолу – 4,29 та для  $\Sigma$  – 20,66. Виходячи з цього було розроблено шкалу яка включає в себе шість класів (табл. 2).

Кожен з виділених класів містить максимальне та мінімальне значення ознаки та різні межі варіювання. При максимальному значенні  $\alpha$ -ізомеру токоферолів – 56,79 мг % (ДВ) та мінімальну – 1,02 мг % (ДН), розподіл на класи здійснено таким чином – ВВ – 56,78–42,85 мг %, ПВ – 42,84–28,911 мг %, СВ – 28,90–14,97 мг %, НВ – 14,96–1,02 мг %.

За вмістом  $\beta$ -токоферолу при максимальному – 57,34 мг% (Дв) та мініимальному значеннях – 0,004 мг % ( д н) межі варіювання класів становили – ВВ – 57,34–43,00 мг %, ПВ – 42,99–28,66 мг %, СВ 28,65–44,32 мг %.

Таблиця 2. Класифікація за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми

№ класу	Назва класу	Межі вмісту ізомерів токоферолів, мг %				
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\Sigma$
1	Дуже високий вміст (ДВ)	вище 56,79	вище 57,34	вище 34,58	вище 17,15	вище 84,81
2	Високий вміст (ВВ)	56,78-42,85	57,33-43,00	34,57-25,93	17,14-12,86	84,80-64,15
3	Підвищений вміст (ПВ)	42,84-28,91	42,99-28,66	25,92-17,28	12,85-8,57	64,14-43,49
4	Середній вміст (СВ)	28,90-14,97	28,65-14,32	17,27-8,63	8,56-4,28	43,48-22,83
5	Низький вміст (НВ)	14,96-1,02	14,31-0,004	8,62-0,004	4,27-0,004	22,82-2,17
6	Дуже низький вміст (ДНВ)	до 1,01	до 0,003	до 0,003	до 0,003	до 2,16

При максимальному значенні вмісту  $\gamma$ -токоферолу – 4,58 мг % та мініимальному 0,004 мг % встановлено розподіл за класом – ВВ –

34,57–25,93 мг %, ПВ – 25,92–17,28 мг %, СВ – 17,27–8,63 мг %, НВ – 8,62–0,004 мг %.

Межі для кожного класу при максимальному значенні вмісту  $\delta$ -ізомеру токоферолу – 17,15 мг % та мінімальному – 0,004 мг % – ВВ – 17,27–12,86 мг %, ПВ – 12,85–8,57 мг %, СВ – 8,56–4,28 мг %, НВ – 4,27–0,004 мг %.

Максимальний уміст суми ізомерів токоферолу – 84,81 мг %, мінімальний – 2,17, ВВ – 84,80–64,15 мг %, ПВ – 64,14–43,49 мг %, СВ 43,48–22,83 мг %, НВ – 22,82–2,17 мг %.

Розроблена класифікація може використовуватися в селекції на мінливість умісту ізомерів токоферолів для класифікації ліній, генетичного селекційного матеріалу, товарного насіння з високим, середнім та низьким проявом ознаки, а також для класифікації олії з підвищеним вмістом  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - або  $\delta$ -токоферолу, що в свою чергу забезпечить визначення напряму використання такої продукції.

Високий та середній уміст  $\beta$ - або  $\gamma$ -токоферолів соняшникової олії дозволить використовувати її в харчовій промисловості для виготовлення маргаринів, кулінарних жирів, майонезу, хлібобулочних виробів, печива, консервів. Широке використання соняшникової олії, стійкої до окислення можливе в фармацевтичній промисловості для виготовлення різних мазей; косметичній для виготовлення омолоджуючих кремів, в миловарній та лакофарбовій промисловості для виробництва мила, фарб і лаків. Також така олія незамінна для жарки та приготування у фритюрі, де вона піддається дії високих температур.

Олію з підвищеним вмістом  $\delta$ -токоферолу можна використовувати як мастильний матеріал для двигунів внутрішнього згорання, як біодизельне паливо, для змащування елементів верстатів різного напряму використання.

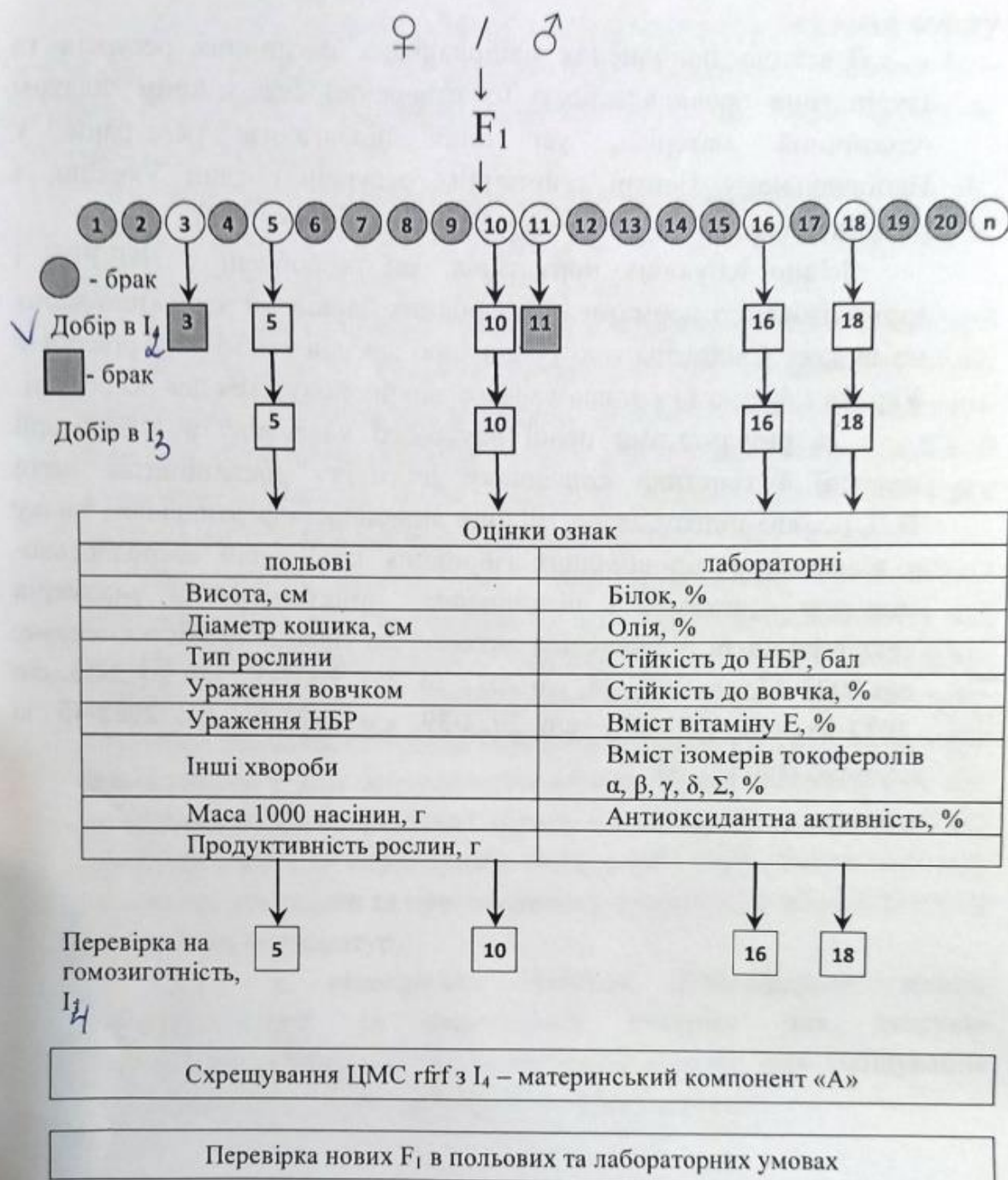
#### **4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ.**

З метою поповнення національних рослинних ресурсів та закріплення права власності на створений селекційним шляхом генетичний матеріал, усі лінії підлягають реєстрації у Національному Центрі генетичних ресурсів рослин України, з розміщенням зразка у Генбанку України (додатки 1, 2).

Згідно існуючих нормативів, які розроблені в НЦГРРУ і гармонізовані з нормами Міжнародних банків ми здійснили запит на видачу Свідоцтва про реєстрацію зразків генофонду рослин в Україні ( форма 1) з описом зразка, що пропонується для реєстрації.

За результатами праці наукового колективу в лабораторії селекції і генетики соняшнику Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва підготовлено 10 ліній відновників фертильності пилку з відмінними від вихідних гібридних комбінацій господарсько-цінними ознаками, з підвищеним вмістом  $\beta$ - та  $\gamma$ -ізомерів токоферолів та підвищеною антиоксидантною активністю, а саме: с/о 2022-23, с/о 2022-25, с/о 2022-26, с/о 2022-31, с/о 2022-33, с/о 2022-35, с/о 2022-37, с/о 2022-39, с/о 2022-41, с/о 2022-43 за схемою (табл. 3, 4).

Таблиця 3. Схема створення ліній соняшнику, відновників фертильності пилку, з підвищеним вмістом ізомерів токоферолів. IP ім. В.Я. Юр'єва НААН



Таблиця 4 Характеристика ліній-відновників фертильності пилку соняшнику з підвищеним вмістом ізомерів токоферолів (середнє за два роки)

№ з/п	Назва лінії	Походження	Господарсько-цінні ознаки							Уміст токоферолів, %			Антиоксидантна активність, %
			висота рослин, см	діаметр кошика, см	ДВП, діб до цвітіння	продуктивність рослин, г	маса 1000 насінин, г	вміст олії, %	лушпинність, %	α	β	γ	
1	2022-25	I <sub>4</sub> 22-1711/1/4	108	15,1	55	51,0	46,0	46,2	27,1	14,71	1,00	14,19	56,07
2	2022-26	I <sub>4</sub> 22-1711/1/3	102	14,2	58	48,0	40,1	48,1	26,7	11,79	6,01	14,13	62,00
3	2022-31	I <sub>4</sub> 22-1711/2/7	109	15,3	59	45,1	39,8	46,1	27,3	6,30	26,70	11,10	55,91
4	2022-33	I <sub>4</sub> 22-1711/2/5	110	13,0	55	39,9	34,0	47,0	26,9	6,97	22,00	13,15	58,01
5	2022-35	I <sub>4</sub> 22-1711/2/3	100	14,9	57	43,0	42,1	47,1	26,7	5,11	29,14	34,71	58,02
6	2022-37	I <sub>4</sub> 22-1711/2/1	106	12,0	57	51,0	50,9	38,0	28,1	5,13	28,71	33,97	61,01
7	2022-39	I <sub>4</sub> 22-1711/2	97	11,3	56	42,1	37,1	46,9	26,9	7,13	12,14	32,00	60,00
8	2022-41	I <sub>4</sub> 22-1711/2/6	85	12,0	55	44,5	45,0	41,0	27,7	6,07	32,10	28,01	60,95
9	2022-43	I <sub>4</sub> 22-1711/2/4	87	14,7	57	42,3	41,0	48,2	25,7	5,09	31,71	35,00	60,59
10	2022-23	I <sub>4</sub> 22-1711/1/6	110	14,0	55	31,0	27,5	37,9	28,1	20,77	3,70	12,61	47,05
11	X-720B	x	98	9,7	58	37,8	38,1	39,9	25,1	28,75	0,61	0,29	39,71

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено наукові основи створення ліній-відновників фертильності пилку соняшнику з підвищеним умістом ізомерів токоферолів та надано до реєстрації у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України 10 ліній зі зміненими показниками основних господарсько-цінних ознак, придатних до використання в наукових програмах зі створення гібридів та нового вихідного матеріалу в селекційних технологіях.
2. Установлено рівень умісту ізомерів токоферолів у ліній, популяцій, інбредних поколінь, мутантів соняшнику.
3. Запропоновано класифікацію селекційного матеріалу за вмістом ізомерів токоферолів.
4. Удосконалено методику вивчення вмісту ізомерів токоферолів.
5. Створено новий селекційний матеріал з підвищеним умістом ізомерів токоферолів та зміненими господарсько-цінними ознаками.
6. Передано до генбанку НЦГРРУ 10 нових ліній-відновників фертильності пилку соняшнику.
7. Передано у робочу колекцію лабораторії селекції та генетики соняшнику нові популяції та інбредні покоління з генетичними детермінантами стійкості до НБР і цінними господарськими ознаками для подальшої роботи в селекційних розсадниках.

## ДОДАТКИ

Форма 1

61128 м. Харків  
пр. Московський, 142  
Національний центр генетичних  
ресурсів рослин України

Номер запиту  
         
 Дата реєстрації  
         
(заповнюється в Центрі)

число місяць рік

### ЗАПИТ на видачу "Свідоцтва про реєстрацію зразків генофонду рослин в Україні"

1. Заявник/и\* (установа, фірма, приватна особа та ін.)

2. Поштова адреса заявника та особа, з якою ведеться переписка (ПІБ повністю)

Телефон: \_\_\_\_\_ Факс: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

3. Автори або колекціонери, які визначили елемент новизни (необхідне підкреслити)

№ п/п	ПІБ (повністю)	Громадянство	Доля творчої участі	Особистий підпис
1.				
2.				
3.				

4. Культура \_\_\_\_\_

5. Рід, вид \_\_\_\_\_  
(латинською)

6. Назва зразка \_\_\_\_\_

7. Елемент новизни (за якою ознакою/ами та рівнем їх вираження зразок заявляється на реєстрацію)

8. Підтвердження умов реєстрації:  
 однорідність, % \_\_\_\_\_ стабільність \_\_\_\_\_  
(так, ні)

\* - установа, в якій визначили елемент новизни

9. Посівні властивості насіння (посадкового матеріалу) \_\_\_\_\_  
відповідає державному стандарту (так, ні)

(якщо ні, то вказати рівень основних показників)

10. Попереднє місце реєстрації \_\_\_\_\_  
(установа, дата)

11. Доступ до зразка генофонду (потрібно підкреслити):

1. - вільний;
2. - лише для наукових цілей;
3. - для селекції на основі кодексу селекціонера (без права на добір, мутагенез,
4. бекрос та трансгенез);
5. - по обміну (вказати умови обміну) \_\_\_\_\_ ;
6. - співавторство у комерційних сортах - доля авторства \_\_\_\_\_ ;
7. - співавторство у науковій продукції;
8. - матеріальна винагорода;
9. - інші (вказати) \_\_\_\_\_

12. До запиту додаються:

- опис зразка;
- насінневий (посадковий) матеріал;
- матеріали для ідентифікації (колоси, боби, качани, електрофореграми порівняльні фотографії та ін.).

М.П. Директор \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
( підпис ) ( ПІБ )

Дата /заповнення запиту/ \_\_\_\_\_

**Результати експертизи (заповнюються в Національному центрі ГРРУ)**

1. Експертиза попередня \_\_\_\_\_

2. Експертиза по окремих ознаках \_\_\_\_\_

3. Рішення спеціальної Ради Національного центру ГРРУ

Голова Ради \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
( підпис ) ( ПІБ )

Секретар \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
( підпис ) ( ПІБ )

Дата \_\_\_\_\_

ОПИС ЗРАЗКА ГЕНОФОНДУ РОСЛИН, ЩО РЕЄСТРУЄТЬСЯ В УКРАЇНІ

1. Культура \_\_\_\_\_
2. Ботанічне визначення (вид, різновидність) \_\_\_\_\_
3. Категорія (сорт, лінія, інцухт-лінія, популяція, клон, трансгенна рослина, місцева форма, дика форма, тощо) \_\_\_\_\_  
потрібно підкреслити, відсутнє вказати
4. Назва зразка \_\_\_\_\_
5. Країна походження, установа-оригінація \_\_\_\_\_
6. Автори зразка \_\_\_\_\_
7. Номер реєстрації (установи-оригінація) \_\_\_\_\_
8. Родовід \_\_\_\_\_
9. Метод створення \_\_\_\_\_ 10. Рік створення \_\_\_\_\_
11. Тип розвитку (озимий, ярий, інтермедіальний) 12. Плоїдність \_\_\_\_\_  
необхідно підкреслити

13. Господарсько-цінні властивості	Рівень вираження ознак, роки вивчення		
	стандарта_ <small>(назва)</small>	зразка	вихідної форми (для добірів, мутантів, інцухт-ліній та ін.)
- Урожайність та її елементи (вказати)			
- Вегетаційний період (дні)			
- Висота рослини (см)			
- Якість (біохімічний склад та технологічні властивості - вказати)			
- Стійкість до біотичних (хвороби, шкідники) чинників (вказати)			
- Стійкість до абіотичних (зимо-, холодо-, посухо-, жаростійкість, стійкість до вилягання та ін.) чинників (вказати)			
- Інші ознаки (вказати)			

14. Ознаки ідентифікації зразка, що зумовлюють його відмінність (морфологічні, біохімічні, колір зерна та ін.) \_\_\_\_\_

15. Елементи новизни (вказати за якою ознакою/ами та рівнем їх вираження заявляється на реєстрацію) \_\_\_\_\_

- установа, де створений зразок; \*\* - автори, які створили зразок

## СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Friedt W. Improvement of sunflower oil quality. Eucorpia. – Oil and Protein Crops. Section. Symposium Breeding of Oil Protein. Crops. Albena. Bulgaria. September 22-24. 1994. P. 1–29.
2. Зінченко О.І., Сапатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослиництво. Підручник. Х.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
3. Beare-Rogers I. Food fats and fatty acid in human nutrition. Development and processing vegetable oil for human nutrition. Cambridge. 1995. P. 1–7.
4. Кириченко В.В., Пов'якало В.І., Хімічні мутагени та поліпшення ліній соняшнику. Селекція і насінництво. Х., 1998. Вип. 80. С. 19–22.
5. Кириченко В.В., Тимчук С.М., Брагін О.М., Генетичне різноманіття ліній соняшнику за жирнокислотним складом олії. Генетичні ресурси рослин, 2007. №4.
6. Барабой В.А. Резніков О.Г., Фізіологія, біологія і психологія стресу. К.: Інтурсервіс, 2013. 314 с.
7. Polumbryn M., Ivanov S., Polumbryk O. Antioxidants in food systems. Mechanism of action. Ukr. I. Food Sci. 2013. V. 1. P. 15–40.
8. Надиров Н.К. Токоферолы и их использование в медицине и сельском хозяйстве. М.: Наука 1991. 1991. 335 с.
9. Аристархова С.А., Храпова Н.Г. К вопросу об ингибирующей активности токоферола. М.: Биоантиокислители и регуляция окислительных процессов в клетке, 1972. С. 9.

10. Бурлакова Е.Б. Биоантиоксиданты. Рос. Хим. журн, 2007. Т51. №1. С. 3–12.
11. Fernhols E. On the constitution of  $\alpha$ -tocopherol. J. Amer. Chem. Soc. 1938. Vol. 60. №3. P. 700–704.
12. Лифляндский В. Витамины и минералы. СПб.: Нева, 2006. 640 с.
13. Морозкина Т.С. Мойсеенок А.Г. Витамины. Минск. 2002. С. 66–72.
14. Smith L.I., Renfrow W.B., Ople J.W. Chemistry of vitamin E. 1 bid. 1992. Vol. 64. № 5. P. 1086–1087.
15. Демури́н Я.Н. Генетический анализ состава токоферолов в семенах подсолнечника. Науч.-техн. бюл. ВИР. 165. Ленинград, 1986, С. 49–51.
16. Kurnsk E. Tocopherol content in sunflower varieties. Bull. Agric. Res. Inst. Iregszemee. 1967. V. 7. d 1. P 7–17.
17. Velasco L., Pirez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Evaluation of wild sunflower species for tocopherol content and composition. HeLia. 2004. Vol. 40. P. 107–112.
18. Демури́н Я.Н. Генетическое изучение качества масла подсолнечника во ВНИИМК. Основные итоги научно-исследовательской работы по масличным культурам (к 100-летию ВНИИМК) Краснодар. 2012. С.113–121.
19. Velasco L., Perez-Vich B., Ferneandez- Martinez J.M., Dominguer-Gimenz J. Novel variation for tocopherols profile in sunflower. In.: Proc 16<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf. 2005. V. 2, P.793–798.
20. Hass C.G., Tangs., Leonard S. There non allelic epistacalle interacting methyltransferase mutation produce novel tocopherol

(vitamin E) profiles in sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 2006. №113. P. 767–782.

21. Friedt W., Granssman M., Korell M., Improved of sunflower oil quality. Eucarpia-oil and Protein Crops Section. Symposium on breeding of oil and Protein crops. Albena Bulgaria September 22-24. 2008. P. 1–29.

22. Hauman B.F. Modified oil may be the key to sunflower future. *Oil Chem. Soc.* 2012 №11 (5). P. 1198–1210.

23. Juillet M.T. Vergleich der vitamin and antioxidants wirkung der verschiedenen tocopherole bei den wichtig pflanzenolen. *Fette Seifen Anstrichmittel.* 1975 №77. P. 101–105

24. Karlovic D., Reeseg K., Kovali K. Characteristic quality and antioxidative stability of sunflower oil with altered fatty acid and tocopherol composition. 22<sup>th</sup> world congress and exhibition of the international society for fat research. 2013. P. 128–137.

25. Кириченко В.В., Макляк К.М., Петренко В.П. Монографія. Спеціальна селекція. Харків. 2020. С. 196–279.

26. Кириченко В.В., Сивенко В.І., Макляк К.М., Сивенко О.А., Сатаров О.З., Лебеденко Е.О., Андрієнко В.В., Харитоненко Н.С., Брагін О.Т., Шишман Т.В. Результаты теоретических исследований и их применения в селекции подсолнечника. Вісник українського товариства генетиків селекціонерів. Вип. 1. Київ, 2014. С. 113–114.

27. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Селекція соняшнику на підвищення вмісту токоферолів в олії. Матеріали міжнародної науково-практичної

конференції “Генофонд растений и его использование в современной селекции” присвячений пам’яті проф. М.М. Чекаліна (Полтава, 22–23 квітня, 2015.) С. 119–120.

28. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Новий напрямок в селекції, технології вирощування та переробки олійних культур: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Запоріжжя, 16 листопада, 2017). Запоріжжя, 2017.
29. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$  – токоферолів (Е №12822:2000, ІДТ): ДСТУ Е №12822:2005 [Чинний від 2006-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 13 с. (Національний стандарт України)
30. Arabshahi-Deloue S., Urooj A. Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts of Mulberry *Morus indica* L. Leavas. *Food Chem.* 2007. Vol. 102. P. 1233–1240.
31. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. За ред. Ткачик С.О. 4-те вид. випр. і доп. Вінниця: ТОВ “Нілан-ЛТД”, 2015. 160 с.
32. Demurin Y.N. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. *Helia*, 1993. V. 16. № 18. P. 59–62.
33. Брагін О.М. Створення вихідного матеріалу та гібридів соняшнику з підвищеним вмістом гліцеридів пальмітинової кислоти в олії: Дис. канд. с.-г. наук: 06.01.05 – селекція рослин. Харків, 2010. 160 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**Методичні основи створення ліній соняшнику з підвищеним  
вмістом ізомерів токоферолів  
(науково-методичні рекомендації)**

**Авторський колектив:**

Кириченко В.В., Макляк К.М., Коломацька В.П., Сивенко В.І.,  
Сивенко О.А., Андрієнко В.В., Леонова Н.М., Луценко Т.М.,  
Шепілов Б.П., Понуренко С.Г., Харитоненко Н.С.

Науковий редактор – доктор с.-г. наук, професор, академік НААН  
Кириченко В.В.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Інституту  
рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН,  
(протокол №8 від 12 вересня 2023)

Відповідальний за випуск – В.В. Андрієнко

Підписано до друку 14.09.2023 р.  
Формат 60×84 1/16  
Друк цифровий.